

LE CONTRÔLE DU PHRAGMITE (*PHRAGMITES AUSTRALIS*) DANS LES MILIEUX HUMIDES ET
SES EFFETS

Par
Geneviève Collin

Essai présenté au Centre de formation
en environnement et en développement durable en vue
de l'obtention du grade maître en environnement (M. Env.)

Sous la direction de Madame Chantal D'Auteuil

MAÎTRISE EN ENVIRONNEMENT
UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Mai 2015

SOMMAIRE

Mots-clés : Phragmite exotique, roseau exotique, technique de contrôle, développement durable, effets sur l'environnement

L'objectif de cet essai est de produire un outil d'aide à la décision pour les municipalités qui sont aux prises avec un problème d'invasion de roseau exotique dans leurs milieux humides en plus de leur exposer des exemples de cas concrets. Une démarche à la base fondée sur les caractéristiques spécifiques de la colonie de phragmites exotiques à maîtriser puis par la suite fondée sur les caractéristiques spécifiques du milieu humide où croît la graminée est présentée dans cet essai. L'analyse multicritère à titre de seconde analyse permet de tenir en compte des critères importants pour la prise de décision de la technique à préconiser. Les trois sphères du développement durable y sont couvertes, soit le volet environnemental, social et économique. Au total, trois études de cas ont été analysées, soit la rivière Châteauguay, le marais Miller et finalement, les Îles-de-Boucherville.

Dans l'ensemble, le phragmite exotique possède des effets néfastes sur son milieu en plus des espèces florales et animales qui s'y trouvent. Avec sa forte densité et son système racinaire imposant, aucun végétal ne réussit à compétitionner avec le roseau exotique, excepté la quenouille lors du début de l'invasion de la plante envahissante. Alors que la faune subit plutôt une difficulté à s'alimenter à travers les longues tiges à haute densité du phragmite exotique ainsi qu'à accéder à son habitat de prédilection. Entre autres, les effets de la graminée ont été observés chez la quenouille, les invertébrés, les amphibiens, les oiseaux et les mammifères dans le cadre de cet essai.

En somme, la plantation de végétaux compétitifs semble être une solution optimale pour réhabiliter un site en cours de traitement de contrôle puisque la flore indigène permet de limiter l'accès du roseau exotique à la lumière ainsi qu'aux nutriments essentiels à sa croissance en plus de contribuer à la bonne santé du sol et de favoriser la diversité de la faune. Par contre, une première technique doit être pratiquée afin d'affaiblir le plus possible la colonie à traiter. Pour ce faire, la fauche, l'excavation mécanique ainsi que le bâchage se sont révélés être des solutions optimales dans le cas respectivement de la rivière Châteauguay, le marais Miller et les Îles-de-Boucherville, et ce, en parallèle avec la plantation de végétaux compétitifs.

De plus, étant donné que les trois colonies à l'étude sont de tailles imposantes, l'extraction manuelle, le discage et l'utilisation d'herbicide ne représentent pas des solutions envisageables pour maîtriser le phragmite exotique. Alors que le broutage par des larges herbivores n'a pas été retenu dans les trois cas en raison que les colonies ont tous atteints leur maturité. Finalement, l'inondation n'a pas non plus été retenue dans les trois cas puisqu'aucune colonie à maîtriser n'est située dans le littoral d'un plan d'eau.

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, j'aimerais remercier Mme Chantal D'Auteuil qui a su me diriger tout au long de mon essai grâce à ses nombreuses relectures et commentaires toujours très pertinents. Sans elle, le résultat de cet essai n'aurait pas été le même.

Aussi, j'aimerais remercier le Groupe de recherche Phragmites qui m'a permis d'approfondir mes connaissances sur le sujet lors d'une formation fort pertinente à ce propos. Plus spécialement, j'aimerais remercier Claude Lavoie, Jacques Brisson et Sam Karathanos qui ont répondu à mes nombreuses questions lors de cette journée et se sont démontrés disponibles pour répondre à mes questions en tout temps.

Finalement, j'aimerais remercier mon copain qui a su me remonter le moral au besoin et m'encourager tout au long de ma rédaction. Merci aussi à ma famille qui a toujours cru en moi ainsi qu'à mes amis pour leur soutien.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION.....	1
1. MISE EN CONTEXTE ET PROBLÉMATIQUE.....	3
1.1 Mise en contexte.....	3
1.2 Problématiques.....	5
2. CARACTÉRISTIQUES DU PHRAGMITE.....	7
2.1 Différence entre le phragmite exotique et celui indigène.....	7
2.2 Caractéristiques biologiques du phragmite exotique.....	8
2.2.1 Reproduction végétative.....	9
2.2.2 Reproduction sexuée.....	9
2.2.3 Tolérance à des conditions environnementales variées.....	11
2.2.4 Allélopathie : un moyen de défense pour le roseau exotique.....	12
3. IMPACT DE L'ENVAHISSEMENT DU PHRAGMITE SUR SON ENVIRONNEMENT.....	12
3.1 Effets du phragmite exotique sur les espèces floristiques : l'exemple de la quenouille.....	12
3.1.1 Des avantages compétitifs qui s'épuisent chez la quenouille.....	13
3.1.2 Résumé des effets du roseau exotique sur les quenouilles.....	15
3.2 Effets sur les invertébrés.....	15
3.3 Effets sur les amphibiens.....	16
3.3.1 Un cycle de vie propice aux complications.....	16
3.3.2 Corrélation entre développement larvaire et densité de population de phragmites exotiques.....	16
3.3.3 Sphères d'influence sur les populations d'amphibiens.....	17
3.3.4 Résumé des effets du roseau exotique sur les amphibiens.....	18
3.4 Effets sur les poissons.....	19
3.4.1 Relation entre les espèces de plantes aquatiques présentes et l'abondance du grand brochet.....	19
3.4.2 Variation du taux de croissance chez les populations de grand brochet selon le milieu convoité.....	20
3.4.3 Le grand brochet : une espèce opportuniste.....	21

3.4.4	Le choquemort : un autre exemple de poissons touchés par l'apparition du phragmite exotique	21
3.4.5	Autres espèces de poissons présentes dans les roselières.....	22
3.4.6	Résumé des effets du roseau exotique sur les poissons	22
3.5	Effets sur les oiseaux	22
3.5.1	Le Petit Blongios, une espèce déjà menacée.....	23
3.5.2	Les oiseaux chanteurs.....	23
3.5.3	Les oiseaux aquatiques.....	25
3.5.4	Résumé des effets du roseau exotique sur les espèces aviaires.....	25
3.6	Effets sur les mammifères	25
4.	PRÉSENTATION DES TROIS SCÉNARIOS ÉTUDIÉS ET DE LEURS CARACTÉRISTIQUES SPÉCIFIQUES.....	26
4.1	Rivière et fossé dans la Ville de Châteauguay	26
4.1.1	Espèces fauniques présentes dans la région de la rivière Châteauguay	27
4.1.2	Étalement urbain près de la rivière Châteauguay	28
4.1.3	Aspects des colonies de phragmites exotiques présentes à Châteauguay	29
4.2	Marais Miller et fossé dans la Ville de Rosemère	31
4.2.1	Espèces fauniques présentes dans la région du marais Miller	32
4.2.2	Étalement urbain près du marais Miller.....	33
4.2.3	Aspects des colonies de phragmites exotiques présentes à Rosemère.....	34
4.3	Îles-de-Boucherville et fossé de la Ville de Boucherville	35
4.3.1	Espèces fauniques présentes dans la région des Îles-de-Boucherville	36
4.3.2	Étalement urbain près des Îles-de-Boucherville	37
4.3.3	Aspects des colonies de phragmites exotiques présentes à Boucherville	37
5.	MÉTHODE DE CONTRÔLE DU PHRAGMITE ET LEURS EFFETS SUR LE MILIEU DONNÉ	39
5.1	Approches mécaniques.....	39
5.1.1	Fauche.....	39
5.1.2	Extraction manuelle.....	41
5.1.3	Extraction mécanique	42
5.2	Approches physiques	42

5.2.1	Discage	43
5.2.2	Bâchage	43
5.2.3	Brûlage	44
5.3	Approches chimiques	45
5.3.1	Herbicide	45
5.4	Approches hydrologiques	47
5.4.1	Inondation	47
5.5	Approches biologiques	48
5.5.1	Lutte biologique	48
5.5.2	Broutage par de larges herbivores	49
5.5.3	Ensemencement d'espèces végétales compétitrices.....	50
6.	ANALYSE MULTICRITÈRE.....	51
6.1	Présentation des critères choisis et de leur définition	52
6.2	Analyse multicritère sur la technique de contrôle optimal du phragmite dans la rivière Châteauguay.....	53
6.2.1	Volet environnemental	56
6.2.2	Volet social	57
6.2.3	Volet économique	59
6.3	Analyse multicritère sur la technique de contrôle optimal du phragmite dans le marais Miller ..	62
6.3.1	Volet environnemental	65
6.3.2	Volet social	67
6.3.3	Volet économique	69
6.4	Analyse multicritère sur la technique de contrôle optimal du phragmite dans les Îles-de- Boucherville.....	73
6.4.1	Volet environnemental	75
6.4.2	Volet social	76
6.4.3	Volet économique	77
CONCLUSION		81
RÉFÉRENCES.....		84

LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

Figure 1.1	Évolution de la répartition géographique du phragmite exotique au Québec entre les années 1926 et 2002.....	4
Figure 2.1	Photo montrant la différence entre la hampe florale du génotype indigène (en haut) et celle du génotype exotique (en bas) du phragmite.....	7
Figure 2.2	Photo montrant la différence entre le niveau de densité des populations des deux génotypes de phragmite, soit celui indigène (à gauche) et celui exotique (à droite).....	8
Figure 4.1	Carte illustrant la localisation de la rivière Châteauguay et des milieux humides présents dans la région de celle-ci.....	28
Figure 4.2	Carte de la MRC de Roussillon illustrant ces nombreux milieux humides.....	30
Figure 4.3	Carte géographique illustrant la localisation du marais Miller ainsi que sa proximité avec d'autres milieux humides de la région.....	32
Figure 4.4	Carte représentant les nombreux milieux humides présents dans la région de Laval.....	35
Figure 4.5	Carte illustrant les Îles-de-Boucherville situés au cœur du fleuve Saint-Laurent à la hauteur de la Ville de Longueuil et de Boucherville.....	35
Figure 4.6	Carte représentant les nombreux milieux humides présents dans la région des Îles-de-Boucherville.....	38
Tableau 6.1	Grille d'évaluation des critères pour l'analyse multicritère.....	52
Tableau 6.2	Choix des méthodes de contrôle du phragmite exotique en fonction des caractéristiques de sa colonie présente en bordure de la rivière Châteauguay à Châteauguay.....	55
Tableau 6.3	Analyse multicritère sur le choix de techniques optimales pour maîtriser la colonie de phragmites exotiques en bordure de la rivière Châteauguay en fonction de ses caractéristiques spécifiques.....	61
Tableau 6.4	Choix des méthodes de contrôle du phragmite exotique en fonction des caractéristiques de sa colonie présente en marge du marais Miller à Rosemère.....	64
Tableau 6.5	Analyse multicritère sur le choix de techniques optimales pour maîtriser la colonie de phragmites exotiques en bordure du marais Miller en fonction de ses caractéristiques spécifiques.....	72
Tableau 6.6	Choix des méthodes de contrôle du phragmite exotique en fonction des caractéristiques de sa colonie présente en bordure des Îles-de-Boucherville.....	74
Tableau 6.7	Analyse multicritère sur le choix de techniques optimales pour maîtriser la colonie de	

phragmites exotiques en bordure des Îles-de-Boucherville en fonction de ses caractéristiques spécifiques.....	80
--	----

INTRODUCTION

Le phragmite exotique est une plante envahissante d'origine européenne que l'on retrouve principalement dans les milieux humides non boisés tels qu'en bordure d'une rivière, d'un lac, d'un marais ou d'un fossé. On la reconnaît surtout par sa hampe florale volumineuse et sa tige jaunâtre. Sa présence accrue aux abords des routes témoigne d'ailleurs de l'importance de son envahissement au Québec. C'est en effet grâce à ses nombreuses graines présentes dans chacune de ses inflorescences ainsi qu'à sa reproduction végétative par l'entremise de ses stolons et de ses rhizomes que le roseau exotique est une espèce envahissante difficile à contrôler. Cette plante possède aussi une résistance modérée à la salinité et à la sécheresse, ce qui facilite davantage sa dispersion au sein du paysage. En outre, on estime qu'environ le deux tiers de la biomasse de cette plante se retrouvent dans le sol grâce à son réseau raffiné de rhizomes et de stolons qui peuvent s'étendre sur plusieurs mètres. Toutes ces caractéristiques biologiques procurent au phragmite exotique une facilité à se reproduire ainsi qu'à envahir divers milieux humides, et ce, sur une courte période de temps. (Brisson, 2014)

En plus de coloniser rapidement divers milieux humides, le phragmite possède aussi plusieurs autres effets négatifs pour la société tels que l'obstruction des réseaux de drainage, l'homogénéisation du paysage, la modification des propriétés hydrologiques ainsi que la perte de biodiversité dans les endroits envahis pour ne nommer que ceux-ci. Toutefois, tout comme chacune des espèces envahissantes, le roseau exotique ne pose pas seulement des problèmes pour la société, mais possède aussi des effets positifs pour celle-ci tels que la filtration des marais filtrants, l'utilisation de ses composantes à des fins de matériaux résistants comme des clôtures et des toitures, la protection des vents et des rafales en bordure des routes ainsi que les services écologiques qu'ils peuvent fournir à l'environnement comme l'épuration des eaux. (Brisson, 2014) D'où l'importance d'évaluer l'ensemble des effets négatifs et positifs dans un milieu donné afin de vérifier tout d'abord si sa présence y est nuisible et par la suite pour pouvoir déterminer laquelle des méthodes de contrôle pourrait être envisagée afin de maintenir sa population à un effectif acceptable pour le milieu humide envahit.

Dans le cadre de cet essai, trois milieux humides distincts aux prises avec un problème d'envahissement de colonies de phragmites exotiques, soit la rivière Châteauguay à Châteauguay, le marais Miller à Rosemère et finalement, les Îles-de-Boucherville à Boucherville seront analysés. L'étude de ces trois milieux distincts permettra d'établir les caractéristiques spécifiques de chacun d'entre eux ainsi que l'état de leur envahissement par le roseau exotique afin de déterminer quelle est la meilleure solution de contrôle pour limiter les effets négatifs du roseau exotique dans ce milieu donné. En plus de ces trois milieux, les fossés de chacune des municipalités étudiées seront aussi à l'étude, et ce, dans une vue d'ensemble de la municipalité.

À ce jour, plusieurs techniques ont été testées afin de limiter les effectifs de cette plante envahissante. Chacune des onze méthodes de contrôle envisagées sera abordée dans cet essai. Bien que des techniques de contrôle de population existent, il est toutefois préférable de prévenir l'arrivée du phragmite exotique afin de limiter ses impacts sur l'environnement envahi. (Brisson, 2014)

Pour terminer, un tableau présentant les principales caractéristiques de la colonie à l'étude en plus d'une analyse multicritère permettront pour chacun des trois milieux humides à l'étude d'identifier la technique de contrôle la plus optimale dans chacun des cas précis, et ce, selon les caractéristiques du milieu étudié ainsi que les caractéristiques de la population du phragmite au sein du milieu étudié.

L'objectif de cet essai est donc de produire un rapport détaillé sur les méthodes de contrôle du roseau exotique dans les milieux humides ainsi que l'impact de son envahissement sur ces derniers. Pour y arriver, une approche en cinq étapes est proposée.

Tout d'abord, la première étape vise à décrire le problème de propagation et d'envahissement du phragmite exotique au Québec afin d'estimer l'ampleur de son impact à l'échelle de la province en plus d'y observer les endroits les plus susceptibles d'être envahis par le roseau exotique. La seconde étape, quant à elle, concerne l'analyse de toutes les conséquences environnementales, économiques et sociales afin de chiffrer les conséquences occasionnées par l'arrivée du phragmite exotique dans un milieu donné. Les trois sphères seront importantes à analyser puisqu'elles représentent les piliers du développement durable. Par la suite, la troisième étape vise à évaluer les techniques de contrôle afin d'analyser les points positifs et négatifs de chacune de ces techniques en plus d'établir des conditions dans lesquelles elle s'avère la plus optimale. Alors que la quatrième étape concerne l'analyse de trois études de cas d'envahissement dans les milieux humides de trois municipalités différentes afin d'approfondir davantage les conséquences environnementales causées par le phragmite exotique, et ce, dans un milieu humide précis avec une biodiversité floristique et faunique authentique. Finalement, la cinquième étape vise à effectuer des recommandations pour la technique la plus optimale dans ces trois milieux humides afin de fournir trois exemples de réflexion à suivre pour choisir la technique la plus optimale pour contrôler le phragmite exotique dans un milieu humide envahit, et ce, en fonction de plusieurs caractéristiques spécifiques telles que l'abondance du roseau exotique dans le milieu, la biodiversité présente, etc.

Ce travail se veut un outil d'aide à la décision pour les municipalités qui sont aux prises avec un problème d'envahissement du phragmite exotique dans leurs milieux humides en plus de leur exposer des exemples de cas concrets. Bien entendu, cet essai ne présentera pas la solution miracle au contrôle des populations de cette plante envahissante, mais plutôt des pistes de solutions à utiliser. En effet, un bon nombre de paramètres peuvent influencer le choix de la technique à préconiser pour la maîtrise de son expansion tels

que la biodiversité de la faune et de la flore présente à proximité de la colonie. Le contrôle du phragmite demande beaucoup de patience puisque c'est une espèce bien adaptée à son environnement et avec une grande capacité de reproduction dans divers milieux et sur de grandes distances. Ainsi, il est possible qu'une technique doive être répétée à plusieurs reprises afin qu'elle puisse réellement maîtriser la colonie de roseaux exotique problématique.

Afin de répondre à ces objectifs, l'analyse sera effectuée en consultant directement de nombreux experts dans le domaine tels que le Groupe de recherche Phragmites et Canards Illimités Canada. Par la suite, de nombreux documents internes rédigés par ces derniers seront consultés en plus de nombreux mémoires rédigés par des étudiants membres du Groupe de recherche Phragmites concernant ses effets sur son environnement tels que sur la faune et la flore qui l'entoure. De plus, une formation auprès du Groupe de recherche Phragmites sur l'éradication, le contrôle et la prévention du phragmite a déjà été suivi au préalable lors du 4 novembre 2014 dernier afin d'en apprendre davantage sur le sujet et de permettre un premier contact avec ces chercheurs d'importance dans le domaine.

Afin d'obtenir des sources crédibles, deux principaux critères seront utilisés. Le critère le plus important qui a été retenu représente la fiabilité des informations véhiculées, c'est-à-dire que celles-ci doivent être vérifiables sur un second portail d'information par l'entremise des références fournies par l'auteur. La mention des sources par l'auteur permet de confirmer que le contenu a été approuvé au préalable de la rédaction du document en question et de ce fait que les informations véhiculées sont véridiques. Un autre critère important qui est important à considérer est l'accessibilité des coordonnées de l'auteur, soit les coordonnées de la compagnie pour laquelle il travaille, puisqu'elles permettent de donner une réelle identité à celui-ci. De plus, ces coordonnées seront utilisées afin de contacter l'auteur en question pour de plus amples renseignements au besoin. L'accessibilité de ces coordonnées démontre le professionnalisme et la crédibilité de l'auteur de l'ouvrage.

1. MISE EN CONTEXTE ET PROBLÉMATIQUE

La présente section traitera de l'évolution et des causes qui ont provoqué l'apparition massive du roseau exotique sur les terres québécoises, de l'état actuel de son envahissement au Québec ainsi que des principaux problèmes que sa présence peut causer au sein d'un milieu humide tels que sur les populations de quenouilles, d'invertébrés, d'amphibiens, de poissons, d'oiseaux et de mammifères.

1.1 Mise en contexte

Le phragmite exotique d'origine européenne a été introduit en Amérique du Nord dès le début du 20^e siècle. Toutefois, malgré que sa présence fût auparavant clairsemée, sa présence au Québec est devenue un réel problème au cours des années 60 lorsque le réseau autoroutier a connu une expansion remarquable.

C'est par ailleurs à partir des réseaux de drainage tels que les fossés aux abords des autoroutes que cette plante envahissante peut parvenir jusqu'aux milieux humides. Les experts estiment qu'environ plus de 95 % des colonies de phragmites au Québec sont désormais d'origine exotique. (Bédard, 2008; Herrmann et autres, s.d)

Sa facilité à envahir divers milieux provient du fait que le roseau exotique se reproduit d'abord et avant tout de manière végétative à l'aide de ses rhizomes et de ses stolons, ce qui lui permet de parcourir de grandes distances, soit l'équivalent de plusieurs mètres en quelques mois seulement. Toutefois, en plus de se reproduire de manière végétative, le phragmite exotique peut aussi se reproduire de manière sexuée via ses nombreuses graines viables contenues dans sa hampe florale. Ces deux méthodes différentes de reproduction permettent ainsi à l'espèce de s'introduire rapidement dans un nouveau milieu, et ce, en grande quantité après peu de temps. La figure 1.1 démontre bien la rapidité à laquelle l'espèce peut se proliférer au cours des années. (Bédard, 2008)

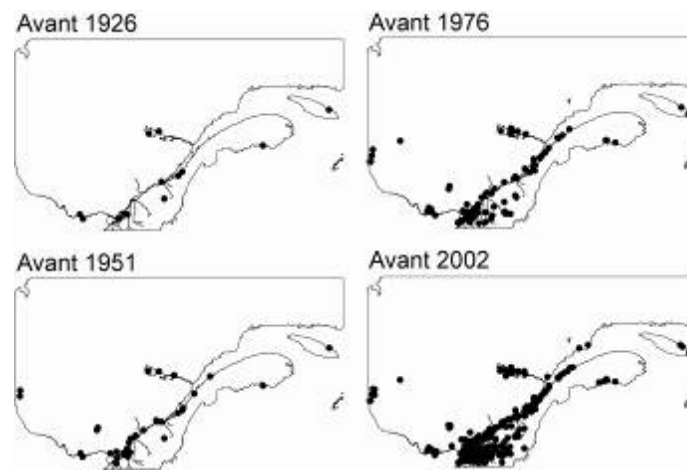


Figure 1.1 Évolution de la répartition géographique du phragmite exotique au Québec entre les années 1926 et 2002 (Tiré de Bédard, 2008)

Des études ont aussi révélé que l'on retrouve surtout le phragmite exotique aux abords de marais saumâtres (une eau dont la teneur en sel est sensiblement inférieure à celle de l'eau de mer) et dans les fossés de drainage des routes et des autoroutes. La principale raison réside dans le fait que cette plante envahissante possède une bonne résistance à la salinité, ce qui lui permet de coloniser les milieux riches en sel tels que représente les bordures de routes et d'autoroutes étant donné les grandes quantités de sel de déglacage utilisées sur celles-ci en hiver, soit l'équivalent de 30 tonnes/km/année. Une fois les bordures de routes et d'autoroutes envahies, les milieux humides à proximité de celles-ci seront à leur tour envahis rapidement grâce à l'envahissement des réseaux de drainage par les stolons et les rhizomes du phragmite exotique. Bien entendu, mis à part la présence du sel de déglacage, le développement des réseaux

autoroutiers et le déboisement, la présence accrue de phosphate et d'azote dans l'environnement constitue, elle aussi, un facteur favorisant l'apparition du roseau exotique dans un milieu donné. (Bédard, 2008)

On retrouve surtout de fortes densités de phragmite exotique dans les régions les plus chaudes du Québec telles que dans la région de l'Estrie, de la Montérégie, de Laval, de Lanaudière ainsi que de la portion sud des Laurentides. En suivant ce principe, les régions plus au nord du Québec seraient donc les moins propices à l'envahissement du roseau exotique sur leurs territoires, et ce, en partant de la limite de la Côte-du-Sud vers le Bas-Saint-Laurent. Pour leur part, les régions médianes du Québec subiraient un envahissement modéré de phragmites exotiques, soit au niveau de la Mauricie, du Centre-du-Québec, de Québec ainsi que de la région de Chaudière-Appalaches. (Bédard, 2008)

1.2 Problématiques

Le roseau exotique représente une plante envahissante de taille de par sa facilité à s'acclimater à divers milieux, ses deux méthodes de reproduction distinctes, la densité de ses colonies ainsi que sa résistance aux méthodes d'éradication. (Albert et autres, 2011)

L'une des principales problématiques de l'envahissement du phragmite exotique réside dans le fait que celui-ci cause une détérioration de la biodiversité présente dans le milieu humide envahi. Effectivement, lorsque cette plante exotique s'empare d'un environnement, celle-ci uniformise rapidement le paysage en question à l'aide de sa reproduction végétative. Ce type de reproduction permet la formation de colonies très denses, ce qui vient nuire aux autres espèces végétales qui tentent de croître dans le milieu envahi. Parmi la biodiversité qui peut être affectée par l'envahissement de cette graminée, notons les amphibiens qui connaissent un ralentissement dans leur stade de développement en raison de la présence d'une population dense de la graminée. De leur côté, les oiseaux terrestres subissent plutôt une modification de leur assemblage d'espèces aviaires présentes contrairement à une réduction de leur biodiversité. Tandis que les oiseaux aquatiques subissent plutôt une perte de leur biodiversité puisque les colonies denses du phragmite exotique ne sont pas propices à la nidification de ces espèces. Alors que les poissons ne semblent subir des préjudices uniquement si le niveau de l'eau est faible et si la colonie de la plante envahissante est très dense, ce qui aura alors comme effet de diminuer leur abondance et leur biodiversité. (Albert et autres, 2011; Hermann et autres, s.d)

Outre la faune, l'envahissement d'un milieu par le phragmite exotique affecte aussi la flore naturelle que l'on retrouve aux abords du milieu envahi, ce qui provoque en fin de compte l'homogénéisation du paysage. Le meilleur exemple réside dans l'impact de l'envahissement de cette graminée sur les populations de quenouilles. Bien qu'au début de l'invasion la quenouille sache bien se défendre pour conserver son habitat, celle-ci perd tout de même graduellement son espace jusqu'à ce que leur colonie

soit étouffée par celle du roseau exotique puisque cette dernière est davantage compétitrice que la première. En sachant que la quenouille possède un rôle important dans la filtration des métaux dans les réseaux de drainage, le phragmite exotique vient donc nuire à la filtration du milieu envahi puisqu'il entrave les réseaux drainage. (Bédard, 2008)

Les Îles-de-Boucherville sont un exemple typique de milieu envahi par cette graminée de par leur emplacement dans le fleuve Saint-Laurent à la hauteur de la région de la Montérégie ainsi que de par les chenaux qui séparent les cinq îles différentes, augmentant de ce fait les pressions anthropiques et naturelles de ce milieu humide de haute biodiversité. C'est depuis les années 1980 que le phragmite exotique a débuté son envahissement au sein de ce parc national. En 2002, on observait un total de 33 hectares envahi par cette plante redoutable. Cette étendue de la population de phragmites exotiques aux Îles-de-Boucherville lui vaut désormais le titre de la plus importante roselière au Québec. C'est d'ailleurs pour cette raison que le parc est à ce jour le sujet de nombreuses études par le Groupe de recherche Phragmites et qu'il sera aussi traité dans le cadre de cet essai. (Albert et autres, 2011)

Un autre bon exemple de site envahi par le phragmite représente le marais Miller situé dans la Ville de Rosemère. Ce milieu humide possède aussi un fort potentiel écologique et est très vulnérable à l'envahissement du roseau exotique puisqu'il est situé dans la région de la rivière des Mille-Îles qui connaît déjà un épisode d'homogénéisation de son paysage par cette espèce exotique. Bien que le phragmite n'ait pas encore envahi le marais en tant que tel, cette graminée se trouve tout de même en marge de ce milieu humide fragile. D'autant plus que le marais Miller est situé tout près d'un milieu humide encore plus vulnérable et sensible, soit le marécage Tylee. (Boutin et Poulin, 2013)

Finalement, un troisième exemple de milieu humide envahi par le roseau exotique représente la rivière Châteauguay au niveau de la Ville de Châteauguay plus particulièrement. Cette rivière présente à de nombreux endroits des colonies de roseaux exotiques qui se sont emparées du paysage. Ce milieu humide traverse à la fois les terres québécoises ainsi que celles américaines, ce qui lui confère donc un potentiel notable d'envahissement pour la graminée à grande échelle. Un contrôle des colonies de cette graminée est donc de mise pour limiter les impacts de cette espèce sur une grande diversité de milieux humides situés à proximité de celle-ci. (Amiri et Collin, 2013)

L'étude de cas de ces trois milieux humides distincts permettra donc d'appliquer une méthodologie afin de déterminer la technique de contrôle des colonies de phragmites exotiques la plus favorable étant donné les caractéristiques spécifiques du milieu étudié.

2. CARACTÉRISTIQUES DU PHRAGMITE

La prochaine section traitera des principales caractéristiques qui permettent de différencier le phragmite indigène du phragmite exotique en plus de présenter de nombreuses caractéristiques biologiques de l'espèce invasive qui contribue à son succès d'espèce envahissante.

2.1 Différence entre le phragmite exotique et celui indigène

Il existe deux types de génotypes pour le phragmite, soit celui indigène qui est d'origine américaine ainsi que celui exotique qui est plutôt d'origine européenne (Brisson, 2014). Bien que les deux génotypes sont présents au Québec, le génotype exotique y est présent en grande majorité, soit pour une proportion approximative de 95 %. Afin de pouvoir prévenir ou contrôler les populations de phragmites exotiques, il faut d'abord pouvoir identifier lequel des génotypes est présent dans le milieu présumé envahi. (Karathanos, 2014)

L'une des caractéristiques principales qui différencie les deux espèces représente la grosseur de la hampe florale observée. En effet, si celle-ci est petite et de densité faible, alors il s'agit plutôt du génotype indigène puisque le phragmite exotique présente une hampe florale très dense et volumineuse tel que l'illustre la figure 2.1 ci-dessous. (Brisson, 2014; Groupe Phragmites, s.d)



Figure 2.1 Photo montrant la différence entre la hampe florale du génotype indigène (en haut) et celle du génotype exotique (en bas) du phragmite (Tiré de Groupe Phragmites, s.d)

Une seconde particularité qui permet de distinguer ces deux génotypes est la couleur de la tige et des feuilles de l'espèce observée. Effectivement, alors que le phragmite indigène arbore une coloration brun-

rouge au niveau de sa tige avec des feuilles jaune-vert, le phragmite exotique arbore plutôt une coloration beige pour sa tige ainsi qu'une coloration bleu vert pour ses feuilles. (Groupe Phragmites, s.d)

Finalement, le dernier critère qui permet de différencier les deux génotypes de cette graminée représente l'environnement dans lequel il vit. En effet, ces deux espèces de graminée possèdent une variation au niveau de leur densité de population ainsi qu'au niveau de leur intégration avec les autres espèces végétales avoisinantes. Ainsi, on retrouve davantage le phragmite indigène au sein de plusieurs autres plantes dans des peuplements bien établis, tout en ayant une colonie avec un niveau de densité faible ou moyenne alors que le phragmite exotique se retrouve surtout au sein d'une monoculture sous de fortes densités de population. La figure 2.2 suivante démontre la différence entre le niveau de densité des deux génotypes de phragmite. (Groupe Phragmites, s.d)



Figure 2.2 Photo montrant la différence entre le niveau de densité des populations des deux génotypes de phragmite, soit celui indigène (à gauche) et celui exotique (à droite) (Tiré de Groupe Phragmites, s.d)

2.2 Caractéristiques biologiques du phragmite exotique

Le phragmite, aussi connu sous le nom de roseau commun ou exotique, fait partie de la famille des Poacées et des graminées tout comme le blé, le riz et la canne à sucre. Malgré qu'un bon nombre de graminées soit à la base de l'alimentation humaine, une grande partie de cette famille est aussi considérée comme étant des mauvaises herbes comme le représente le roseau exotique. L'ensemble des poacées

possède une tige rigide et creuse qui ne possède aucune ramification, excepté à la base de leur tige. Le phragmite possède aussi une autre caractéristique propre des poacées, soit la production de rhizomes et de stolons. (Québec, Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, 2011)

2.2.1 Reproduction végétative

C'est à partir de la reproduction végétative par l'entremise de ses stolons et de ses rhizomes que le phragmite peut produire des populations très denses pouvant atteindre un total de 200 tiges/m² (Boutin et Poulin, 2013). Tout d'abord, les stolons représentent des « tiges adventives rampantes qui développent à leur extrémité des racines et des feuilles qui forment à nouveau un pied » alors que les rhizomes représentent des « tiges souterraines dont la face inférieure donne naissance à des racines adventives et dont la face supérieure émet des bourgeons qui se transforment en tiges aériennes » (Futura Nature, 2015a; Futura Science, 2015b).

En effet, c'est à partir de la croissance de ses stolons qui vont s'étendre sur plusieurs mètres que la graminée peut ainsi former de nouveaux individus, soit à chacun des nœuds de sa tige. La croissance de la colonie via les stolons permet au roseau exotique de traverser des obstacles tels que des toiles et de l'asphalte pour atteindre un nouvel environnement. Des recherches ont démontré que les stolons du phragmite peuvent croître sur près de dix mètres par année alors que les rhizomes atteignent une croissance de près de deux mètres par année. D'ailleurs, il est possible de retrouver des rhizomes à plus de 85 centimètres de profondeur dans le sol, ce qui permet à l'espèce de se nourrir et de se fixer adéquatement au sol. Avec l'ampleur d'un tel réseau souterrain, il est normal que le trois quarts de la biomasse de cette espèce envahissante se retrouvent davantage sous terre qu'à la surface du sol. La grosseur du réseau de rhizomes, son taux d'expansion et sa densité peuvent varier en fonction du milieu colonisé. Cet immense réseau racinaire complique donc le contrôle des populations de phragmite et surtout son élimination. En ce qui concerne la croissance apicale du roseau exotique, une croissance de sa tige de près de quatre centimètres par jour peut être observée afin d'atteindre une hauteur totale de six mètres. (Boutin et Poulin, 2013; Karathanos, 2014) De plus, toute cette biomasse se décompose très lentement au sol, ce qui a comme conséquence de nuire aux espèces végétales voulant croître à ces endroits précis. En effet, la lumière ainsi que l'accès aux nutriments leur seront restreints par la graminée en plus de contribuer à modifier les propriétés chimiques du sol et de ses nutriments de par sa présence. (Karathanos, 2014)

2.2.2 Reproduction sexuée

Toutefois, mis à part via la reproduction végétative, le roseau exotique peut aussi se disperser durant l'automne à partir des 1 000 à 2 000 graines que possède chacune de ses inflorescences. Celles-ci peuvent être facilement transportées que ce soit à l'aide du vent, de l'eau, des animaux que des activités humaines,

ce qui fait de sa reproduction sexuée sa méthode de dissémination la plus importante. Par contre, le taux de viabilité des graines est très variable, c'est-à-dire qu'une grande majorité de ses graines possède une viabilité nulle ou faible alors qu'un nombre restreint d'entre elles possède une bonne viabilité. C'est pourquoi une quantité importante de graines est produite par la plante puisque cela lui permet ainsi d'obtenir la production de quelques graines viables sur l'ensemble qu'elle produit. D'ailleurs, c'est aussi ce type de reproduction qui lui permet de parcourir de plus grandes distances afin de coloniser de nouveaux emplacements et ainsi débiter de nouvelles colonies. Cette graminée possède une préférence pour les abords des milieux humides, des zones côtières, des routes ainsi que des milieux perturbés où elle peut se reproduire rapidement au début du printemps lorsque peu d'espèces y sont présentes. (Boutin et Poulin, 2013; Brisson, 2014)

Au stade de semences, le roseau exotique n'est pas tolérant à la salinité, ce n'est qu'une fois le stade de maturation terminé qu'il développera une bonne tolérance à la salinité. De plus, c'est seulement à partir de la deuxième année que le phragmite pourra se disperser à partir de ses rhizomes et de ses stolons pour ainsi produire de nouvelles tiges et éventuellement, des hampes florales. Ainsi, la première année de vie du roseau exotique est consacrée à sa croissance et à sa reproduction sexuée. Ce n'est qu'une fois la reproduction végétative possible que l'espèce pourra ainsi se propager vers des habitats moins propices à sa survie tels que des milieux secs et des milieux aquatiques. (Boutin et Poulin, 2013; Brisson, 2014)

L'une des principales faiblesses du roseau exotique représente la maturation tardive de ses semences, soit seulement vers la mi-septembre. D'autant plus que celles-ci nécessitent un été chaud au préalable avant qu'elles puissent devenir matures. Par conséquent, il est possible que sa maturation soit interrompue si une autre espèce compétitrice vient s'installer à proximité du phragmite étant donné que celui-ci y est très sensible à cette étape de sa vie. La vulnérabilité de ses semences est due à la petite réserve nutritive que chacune d'entre elles possède. (Brisson, 2014) D'autant plus que les semis de la graminée sont très vulnérables puisqu'ils nécessitent un taux adéquat d'humidité et d'ensoleillement, soit une température variant entre 25 et 35 degrés Celsius, afin de croître correctement (Karathanos, 2014). C'est donc pour ces raisons que les semences doivent trouver un milieu où elles peuvent croître et coloniser le plus rapidement possible avant que d'autres espèces ne le colonisent en premier. Ainsi, si le milieu possède des espèces d'arbres ou d'arbustes qui empêchent le phragmite d'obtenir un niveau d'ensoleillement acceptable durant la maturation de ses semences, celui-ci ne pourra donc pas croître convenablement. (Brisson, 2011) Il est donc très important de planter de la végétation à proximité des pousses de roseaux exotiques afin que celles-ci soient étouffées dès le début de leur croissance, soit entre le mois d'avril et de mai, ce qui permettra donc d'empêcher la plante envahissante de proliférer (Perez, 2011). Par ailleurs, uniquement 33 % des nouveaux plants de phragmites survivent au premier hiver lorsqu'ils sont issus de la

reproduction sexuée alors que ceux issus de la reproduction végétative possèdent un taux de survie de 95 % (Brisson, 2014). En outre, seulement 85 % de la litière produite serait en mesure de se décomposer en une seule année, ce qui produit donc un problème important pour les autres espèces végétales désirant croître à cet endroit (Perez, 2011).

En plus de sa reproduction sexuée et végétative, le roseau exotique peut aussi se propager à l'aide de fragments de sa tige, de ses rhizomes ou de ses stolons. Ainsi, si la plante est coupée et que des résidus de celle-ci sont toujours présents au sol, le phragmite pourra alors former de nouveaux individus. D'ailleurs, même si l'ensemble des résidus est enlevé du milieu envahi, la graminée pourra tout de même croître dans cet environnement puisqu'elle aura laissé des réserves de ses semences dans le sol, ce qui lui permettra de former de nouveaux individus à nouveau. (Boutin et Poulin, 2013)

De manière générale, il semblerait que la biomasse de la graminée atteigne son maximum entre le mois de juillet et de septembre et qu'elle possède un taux de croissance linéaire. De plus, les colonies de roseaux exotiques pourraient atteindre une densité allant jusqu'à 325 tiges/m². (Perez, 2011)

2.2.3 Tolérance à des conditions environnementales variées

Le phragmite est une graminée qui possède une tolérance à divers composés tels que le sel, l'eau, le dioxyde de carbone ainsi que l'azote. Effectivement, le roseau exotique réagit généralement très bien face à des facteurs de stress. Il peut supporter des variations de pH variant entre 5.5 et 8.1 en plus de supporter des niveaux modérés de salinité dans son environnement. La graminée est aussi résistante aux variations du niveau de l'eau de son habitat. Cet avantage lui permet de survivre aux périodes où le niveau de l'eau devient peu élevé. Le phragmite exotique profite même de ces occasions en proliférant vers de nouveaux territoires qu'il aurait difficilement colonisés dans le cas contraire. (Karathanos, 2014) Par ailleurs, le roseau exotique possède aussi une capacité à absorber les nutriments en abondance dans la nature tels que l'azote. En effet, lorsqu'il colonise des milieux avoisinants des champs agricoles et dépourvus de végétations, la graminée peut rapidement proliférer en bénéficiant des excédents d'azote que lui procure le drainage des terres agricoles. Afin de bénéficier davantage de ce surplus d'azote, la plante envahissante peut, à l'aide de son réseau de rhizomes ainsi que de ses racines, capter une quantité de nutriments beaucoup plus élevée que le ferait le roseau commun. (Karathanos, 2014)

Sa plasticité morphologique et physiologique lui confère une capacité à modifier ses traits physiques et morphologiques afin de s'adapter à une nouvelle situation. D'ailleurs, un croisement entre l'espèce indigène et exotique procure de nombreux avantages à l'hybride via des changements évolutifs rapides. Les changements climatiques auront donc comme impact de favoriser indirectement le phragmite exotique

au fil des prochaines années. C'est pourquoi il est important de débiter les campagnes de contrôle du phragmite exotique le plus tôt possible pour ainsi prévenir davantage sa surpopulation. (Karathanos, 2014)

2.2.4 Allélopathie : un moyen de défense pour le roseau exotique

Il semblerait que le roseau exotique est la capacité de sécréter de l'acide gallique, soit une phytotoxine ayant la capacité de nuire directement ou indirectement à la croissance ainsi qu'à la survie de tous organismes non familiers avec ce produit. L'espèce envahissante aurait aussi la capacité de produire des gallotanins en forte quantité à la suite d'une attaque par l'enzyme tannase qui est produit par de nombreuses espèces indigènes. Ces gallotanins auraient comme effet de libérer davantage d'acide gallique afin que l'espèce puisse se défendre convenablement. Ainsi, malgré le fait que le phragmite exotique n'est pas totalement envahit un milieu donné à cause de la présence d'une biodiversité élevée de flore, celui-ci pourra tout de même les chasser progressivement afin de gagner du terrain. Quoi que présent, l'allélopathie chez le roseau exotique ne serait qu'un facteur secondaire de son succès étant donné les faibles dommages causés par ce phénomène seul. (Karathanos, 2014)

3. IMPACT DE L'ENVAHISSEMENT DU PHRAGMITE SUR SON ENVIRONNEMENT

Le roseau exotique peut entraîner de graves conséquences sur son environnement immédiat principalement en raison de sa capacité à former des populations très denses. En effet, il est possible d'observer diverses conséquences sur l'environnement, la faune et la flore d'un milieu donné à la suite de son envahissement. La présente section traitera des conséquences que cette graminée peut occasionner auprès de la faune et de la flore avoisinante. (Groupe phragmites, 2012)

3.1 Effets du phragmite exotique sur les espèces floristiques : l'exemple de la quenouille

L'un des exemples le plus répertoriés de végétaux en déclin à cause de l'arrivée massive du phragmite exotique est la quenouille aussi connue sous le nom de *Typha latifolia*. En effet, ces deux espèces rivales possèdent le même habitat, c'est-à-dire qu'on les retrouve toutes les deux en bordure de routes et de milieux humides. Ayant le même habitat, ces deux espèces sont donc régulièrement confrontées à compétitionner entre elles pour obtenir les ressources essentielles à leur croissance et à leur survie. (Hermann et autres, s.d)

L'une des raisons pourquoi la quenouille représente l'une des espèces les plus étudiées sur les effets de l'envahissement du roseau exotique sur d'autres espèces florales réside dans le fait qu'elle peut partiellement rivaliser avec celui-ci. Cela est dû à plusieurs de ses caractéristiques qui lui confèrent un comportement compétitif telles que sa capacité à former des populations monospécifiques denses. Bien qu'à première vue une population dense et monospécifique soit mauvaise pour la biodiversité d'un milieu, celle de la quenouille est tout à fait l'opposé. En autres, les colonies de quenouilles permettent d'abriter

bon nombre d'animaux en plus de leur fournir plusieurs ressources alimentaires, ce qui lui confère donc une grande valeur écologique contrairement à celles du roseau exotique. Malgré tout, il arrive que les populations de quenouilles soient considérées comme étant envahissantes puisqu'elles envahissent parfois les réseaux de drainage, tout comme le fait aussi le phragmite exotique. Par contre, les quenouilles n'envahissent en aucun cas les terres agricoles, ce qui fait de cette espèce une plante majoritairement utile pour l'environnement, ce qui n'est pas le cas pour le roseau exotique. (Conseil régional de l'environnement de l'Abitibi-Témiscamingue, 2015)

On reconnaît au phragmite exotique quelques avantages compétitifs sur la quenouille. La première caractéristique compétitive du roseau exotique réside dans le fait qu'il peut créer de l'ombre sur les plants de quenouilles étant donné sa taille imposante. Cet avantage est important pour la graminée puisque les quenouilles sont des plantes ayant un grand besoin de lumière pour croître correctement. On appelle ainsi cette espèce une plante héliophile. Alors que la deuxième caractéristique compétitive représente la capacité du roseau exotique à créer des clones avec une densité plus élevée que ceux produits par les quenouilles, favorisant ainsi le déclin de la population de quenouilles au bénéfice de celle de phragmites exotiques. La troisième caractéristique compétitive de la plante envahissante réside dans le temps élevé qu'elle prend pour se décomposer une fois ses tiges mortes à l'automne. Ainsi, ce phénomène provoque une accumulation de litières au sol, ce qui va mener inévitablement à un assèchement du milieu envahi éventuellement. Grâce à cet assèchement, le roseau exotique aura davantage de facilité à croître dans le milieu humide que la quenouille le pourra, ce qui favorisera d'autant plus les populations de l'espèce envahissante au détriment de la seconde. La quatrième caractéristique compétitive de l'espèce envahissante correspond à son niveau plus élevé de plasticité comparativement à celle de la quenouille, c'est-à-dire que cette première possède plus de réponses phénotypiques selon les conditions du milieu environnant, et ce, pour un trait en particulier. Ces quatre caractéristiques distinctives du phragmite exotique lui permettent donc de bénéficier d'avantages notables en comparaison avec la quenouille qui n'en possède pas autant. En d'autres mots, les caractéristiques compétitives du roseau exotique lui permettront de gagner de l'expansion au détriment de la quenouille. (Paradis, 2008)

3.1.1 Des avantages compétitifs qui s'épuisent chez la quenouille

Toutefois, bien qu'elle possède la capacité de continuer à croître et à survivre lors de l'envahissement d'un milieu par le roseau exotique, la quenouille éprouve toutefois rapidement de la difficulté à défendre son territoire, menant ainsi à une accélération de sa disparition. D'autant plus que le moindre signe d'envahissement par le phragmite exotique entraîne des modifications au niveau des processus physiques et biogéochimiques au sein des milieux humides, ce qui contribue ainsi à diminuer davantage le nombre d'individus dans la colonie de quenouilles présentes dans le milieu envahi. (Bédard, 2008)

En effet, le taux de transpiration du roseau exotique est très élevé, c'est-à-dire que la graminée perd environ de 5 à 13 L/m² par jour en eau, soit 1,8 fois plus que la quenouille. Ce haut taux de transpiration ainsi que l'accumulation de sa litière au sol auront comme effet de modifier le cycle hydrologique de l'eau. De ce fait, une diminution du niveau de l'eau ainsi qu'une modification au niveau de la microtopologie du site peuvent se faire ressentir à la suite d'une forte transpiration et d'une forte accumulation de litières au sol de la graminée. Ainsi, de graves conséquences peuvent se faire ressentir sur la détérioration des écosystèmes en plus de l'altération des processus physiques ainsi que biogéochimiques du milieu. (Perez, 2011)

Cette perte d'individus de quenouilles va occasionner une diminution du taux de filtration des métaux circulant au sein du milieu humide envahi étant donné que le roseau exotique est une espèce moins efficace pour filtrer les eaux que le représente la quenouille. Entre autres, il semblerait que le manganèse soit le métal le plus difficile à filtrer par l'espèce envahissante. (Bédard, 2008)

De plus, ce changement dans la composition du paysage des milieux humides entraîne de graves conséquences sur certaines espèces animales. Par exemple, le Petit Blongios est une espèce aviaire qui se reproduit uniquement dans les milieux humides où le niveau de l'eau varie que très peu et où l'on retrouve des plantes émergentes telles que la quenouille. Ainsi, l'envahissement continu du phragmite exotique au sein de ces milieux contribue donc à l'élimination des populations de quenouilles et donc de ce fait, à la diminution du nombre d'habitats potentiels pour le Petit Blongios. (COSEPAC, 2009) L'effet de cette graminée sur cette espèce sera davantage traité dans la section 3.5.

De plus, une étude a démontré que le taux de salinité présent dans le sol était nuisible aux populations de quenouilles en situation de compétition, c'est-à-dire qu'elles devenaient moins compétitrices envers le phragmite exotique dans ces cas-ci. Toutefois, lorsque ces deux espèces sont isolées et qu'elles ne forment pas une colonie, la biomasse aérienne et souterraine de chacune des deux espèces a démontré que ces deux espèces avaient des niveaux de compétitivité semblable, et ce, en absence et en présence de sels dans le sol. Ainsi, le taux de salinité dans le sol aurait comme effet de favoriser l'envahissement du roseau exotique, et ce, malgré la présence d'une espèce compétitrice sur les lieux puisque la graminée est plus compétitive de manière générale que la quenouille. (Paradis, 2008)

En sachant que la quenouille est une espèce possédant des caractéristiques qui lui permettent de compétitionner avec le phragmite exotique pour son habitat et que celle-ci se fait tout de même dominer par l'espèce envahissante, il est alors possible de croire que très peu de végétaux peuvent survivre en présence d'une colonie dense de roseaux exotiques.

3.1.2 Résumé des effets du roseau exotique sur les quenouilles

En bref, bien que la quenouille ait la capacité de compétitionner avec le roseau exotique au début de l'invasion, cette première va graduellement perdre du terrain en raison des caractéristiques compétitrices du phragmite exotique telles que sa taille imposante comparativement à celles des quenouilles, sa capacité à créer des populations très denses, son haut taux de plasticité génomique, la longue durée de vie de sa litière ainsi que finalement, son haut taux de transpiration qui cause des changements chimiques dans le milieu envahi. Ainsi, il est normal de croire que toutes autres espèces végétales éprouveraient de la difficulté à compétitionner avec le phragmite exotique telles que c'est le cas pour la quenouille.

3.2 Effets sur les invertébrés

En ce qui a trait aux invertébrés, ils ne semblent pas être affectés négativement par la présence du roseau exotique dans leur habitat selon les recherches effectuées par Gagnon-Lupien (2013). En effet, il semblerait même que ceux-ci aient été observés en plus grande quantité dans les milieux humides où il était possible de retrouver davantage de plantes émergentes qu'en eau libre. Des invertébrés tels que des coléoptères aquatiques, des hémiptères, des larves d'éphéméroptères ainsi que des diptères ont été retrouvés en abondance plus importante dans le premier cas comparativement au deuxième. Ces espèces d'invertébrés s'y retrouvent probablement en plus grande abondance en raison de la présence plus accrue de supports végétaux pour celles-ci, et ce, pour les divers stades de leur cycle de vie. (Gagnon-Lupien, 2013)

À titre d'exemple, les dytiscidés correspondent à une espèce d'invertébrés plus abondante dans les roselières que dans tous les autres assemblages de végétaux de référence. En effet, celle-ci possède une préférence pour les tiges de grandes tailles et rigides en plus d'être au sein d'une colonie très dense, ce qui confère aux dytiscidés des conditions de vie optimales. (Gagnon-Lupien, 2013) En plus de cette espèce, il semblerait que les crustacés, les gastéropodes, les polychètes ainsi que les collemboles soient, eux aussi, des espèces favorisées par la présence du roseau exotique (Perez, 2011).

Contrairement aux dytiscidés, les pléidés et les corixidés possèdent une préférence pour les tiges de plus faibles tailles étant donné que ces espèces s'agrippent aux plantes et qu'elles sont de très petites tailles. Ainsi, ces deux dernières sont donc présentes en plus faible abondance et diversité au sein des roselières comparativement aux assemblages de végétaux de référence. Au même titre, les corixidés sont, elles aussi, défavorisées par la présence du roseau exotique au sein de leur habitat. C'est en raison de leur mode de déplacement par les airs que la taille imposante du phragmite exotique est défavorable pour l'espèce qui éprouve plus de difficulté à se mouvoir dans de telles conditions. (Gagnon-Lupien, 2013) Autres que ces invertébrés, les arachnides, les moucheron ainsi que les oligochètes sembleraient aussi être moins abondants dans les roselières comparativement aux assemblages de végétaux de référence (Perez, 2011).

En plus, la grande taille des plantes émergentes possède comme avantage pour les invertébrés de pouvoir les protéger de leurs prédateurs potentiels. Bien entendu, l'abondance et la diversité vont influencer les espèces supérieures qui s'alimentent d'invertébrés tels que les amphibiens, les poissons, les oiseaux ainsi que les mammifères. (Gagnon-Lupien, 2013)

En bref, les effets du phragmite exotique sur l'abondance et la diversité des invertébrés semblent partager selon les espèces étudiées. Afin de juger des effets provoqués sur ceux-ci, il est important de prendre en considération leur cycle de vie ainsi que leur habitude de vie. (Perez, 2011)

3.3 Effets sur les amphibiens

En ce qui concerne les conséquences de l'envahissement du roseau exotique sur les populations d'amphibiens, plusieurs effets divers peuvent être observés. La présente section vise à recenser l'ensemble de ces effets ainsi que leur niveau de gravité auprès du taux de survie des populations d'amphibiens.

3.3.1 Un cycle de vie propice aux complications

Au total, les amphibiens nécessitent quatre milieux distincts pour compléter leur cycle de vie : un premier site pour l'hibernation, un second pour l'estivage, un troisième pour la reproduction et finalement, un dernier pour l'alimentation. Ce mode de vie expose donc les amphibiens à un haut taux de vulnérabilité puisqu'ils sont propices à être exposés à de nombreuses activités anthropiques. En effet, ces quatre sites ne sont pas contigus dans l'espace, c'est-à-dire que l'animal doit entreprendre une migration pour se diriger vers un nouveau milieu, ce qui le rend donc très vulnérable. Les activités anthropiques peuvent être multiples durant ce déplacement sur de longues distances telles que la présence de pollution, d'automobiles, de surexploitation des ressources, de fragmentation ou bien de destruction de paysage et finalement, de la présence de certaines espèces invasives nuisibles pour les populations d'amphibiens. (Perez, 2011)

L'apparition d'espèces invasives dans un milieu humide peut entraîner une détérioration de la structure et de la fonction des écosystèmes s'y retrouvant à la base. Des espèces invasives telles que le roseau exotique sont donc potentiellement très néfastes pour un site riche en biodiversité ou bien contenant une ou plusieurs espèces vulnérables. En effet, le phragmite exotique possède la capacité de modifier le système hydrologique d'un milieu humide en plus d'y modifier les réserves d'éléments nutritifs présentes. À la suite de telles modifications, il devient de plus en plus difficile pour les plantes indigènes de s'implanter dans ce milieu de plus en plus semblable à une monoculture. (Groupe Phragmites, 2012)

3.3.2 Corrélation entre développement larvaire et densité de population de phragmites exotiques

Plusieurs études, dont celle de Perez (2011), laissent présager que le développement larvaire des amphibiens serait compromis par la présence de plantes envahissantes telles que le roseau exotique. De

plus, il semblerait que les conséquences observées sur le développement larvaire seraient directement corrélées avec la densité de population de la plante invasive dans le milieu donné. Ce ralentissement au niveau du développement est associé directement à une perte de végétation indigène en tant que principale source d'alimentation pour les têtards. Dans le même ordre d'idée, les résultats démontrent que les têtards de la grenouille des bois se développeraient à un rythme plus faible en présence d'une densité élevée de phragmites exotiques dans leur habitat. Néanmoins, l'abondance des individus de grenouilles léopards, de grenouilles vertes, de ouaouarons et de rainettes crucifères ne semble pas être influencée en fin de compte par la présence de l'espèce envahissante selon les mêmes études. (Perez, 2011)

L'arrivée abondante du phragmite exotique dans les marais où vivent ces amphibiens occasionnera aussi un autre problème majeur, soit le refroidissement de la température de l'eau via la génération d'ombre par la graminée que ce soit par sa taille imposante, sa grande biomasse aérienne ou bien sa forte densité. Tandis qu'une augmentation de cinq degrés Celsius peut doubler le taux de croissance des grenouilles des bois, une diminution de température pourrait avoir l'effet contraire sur ceux-ci. D'ailleurs, la température extérieure joue un rôle primordial sur le taux de croissance et de survie des amphibiens puisqu'ils sont des espèces ectothermes. (Perez, 2011)

De plus, une densité élevée de roseaux exotiques peut entraîner un certain danger pour les amphibiens qui doivent se déplacer vers d'autres milieux étant donné leur faible capacité de déplacement sur de longues distances. Effectivement, celles-ci sembleraient pouvoir se déplacer seulement sur quelques dizaines de mètres tout au plus. Ainsi, la présence accrue de biomasse de la plante invasive au sol pourrait occasionner un défi supplémentaire aux espèces animales désirant migrer au moment opportun. Malgré tout, d'autres espèces amphibiennes pourraient bénéficier de cette importante biomasse telles que la rainette versicolore. En effet, la rainette versicolore est une espèce arboricole qui nécessite un habitat où il est possible pour elle de se percher en hauteur. Ainsi, dans cette situation-ci, le roseau exotique aurait comme impact d'augmenter le développement larvaire de l'espèce qui viendrait s'installer dans la roselière en tant que milieu propice à la croissance de sa progéniture étant donné qu'il est de taille imposante. (Perez, 2011)

3.3.3 Sphères d'influence sur les populations d'amphibiens

Globalement, le roseau exotique peut agir sur trois sphères différentes afin de nuire aux amphibiens.

La première sphère sur laquelle la graminée peut influencer les populations d'amphibiens représente la structure de l'habitat, de sa qualité et de son hétérogénéité. En effet, par l'arrivée de l'espèce envahissante au sein d'un milieu humide donné, celle-ci va entraîner une modification des cycles hydrologiques normalement observée. Ainsi, par l'intermédiaire de l'accumulation de ses sédiments au sol et de son important taux d'évapotranspiration, le roseau exotique parviendra à abaisser le niveau de l'eau et même à

modifier la morphologie du milieu. Ces changements entraîneront vraisemblablement une modification au niveau de la qualité du milieu humide envahi et donc de ce fait, un impact direct sur les espèces pouvant y vivre ainsi que leur abondance. (Perez, 2011)

L'altération des interactions entre prédateurs et proies quant à elle représente la deuxième sphère par laquelle le phragmite exotique peut influencer le milieu qu'il envahit. Effectivement, l'envahissement progressif des colonies de la graminée joue un rôle important sur la variété et le type de nourriture disponible pour les espèces vivants dans le milieu humide envahi. En effet, ce manque de diversité influencera directement la composition de la faune qui pourra survivre au sein de cette future monoculture puisqu'elle devra être adaptée à ce nouveau type de ressources. En d'autres mots, la composition végétale d'un milieu permet de définir les espèces qu'il sera possible d'observer à l'intérieur en plus de leurs relations entre elles. Bien entendu, l'effet sera plus important chez les herbivores ainsi que les insectivores possédant une diète spécialisée puisque ceux-ci ne pourront pratiquement plus trouver de nourritures dans ces endroits envahis et par conséquent, ils devront se déplacer vers de nouveaux habitats plus propices à leur survie. Toutefois, l'effet peut aussi se faire ressentir de manière indirecte. Effectivement, le phragmite exotique peut modifier la composition en algues et en phytoplanctons du milieu humide où il vit grâce à ses propriétés antialgales. Bien entendu, le changement de cette biomasse algale aura un impact direct sur les têtards qui, habituellement, s'en nourrissent et qui dorénavant, devront modifier leur régime alimentaire. (Perez, 2011)

Finalement, la dernière sphère sur laquelle le roseau exotique peut influencer les populations d'amphibiens représente le succès de reproduction. Dans le même ordre d'idée que la sphère précédente, le phragmite exotique va limiter le nombre d'habitats propice aux espèces vivant habituellement dans le milieu donné en plus de diminuer leurs ressources. Il va sans dire que ces effets auront des conséquences sur le nombre d'amphibiens ayant accès à ces habitats essentiels à leur survie puisque ceux-ci nécessitent à la fois un habitat aquatique et terrestre de bonne qualité. Ainsi, bon nombre d'amphibiens devront effectuer leur cycle de vie dans des milieux de moins grande qualité étant donné le monopole du roseau exotique au sein de leur habitat optimal. Bien entendu, le succès reproducteur des amphibiens sera, lui aussi, affecté par un tel envahissement étant donné les mauvaises conditions fournies par le milieu. Par conséquent, les caractéristiques des milieux humides possèdent un rôle déterminant sur la diversité et la richesse des espèces que l'on peut y observer et l'arrivée du roseau exotique dans celui-ci aura vraisemblablement un impact sur celles-ci. (Perez, 2011)

3.3.4 Résumé des effets du roseau exotique sur les amphibiens

En bref, le roseau exotique peut influencer la diversité et l'abondance de certaines espèces amphibiennes de manière indirecte via la modification de la composition en algues et en phytoplanctons dans le milieu

colonisé, le changement dans la structure et la qualité du milieu envahi en plus d'empêcher certaines espèces de se mouvoir librement. Néanmoins, quelques espèces telles que la rainette versicolore n'éprouvent aucun désavantage à vivre au sein d'une roselière. Aucune étude à ce jour n'a été effectuée sur les impacts du phragmite exotique sur les populations reptiliennes. Toutefois, il est possible de supposer que celles-ci subiront des effets semblables à celles des amphibiens étant donné leur similitude du point de vue de leur alimentation et de leur habitat.

3.4 Effets sur les poissons

En ce qui concerne les effets du roseau exotique sur les populations de poissons, l'espèce envahissante entraîne avec elle des conséquences modérées auprès de ceux-ci.

Au Québec, c'est surtout les impacts sur les populations du grand brochet qui ont été étudiés par les chercheurs. La raison est fort simple : le déclin de cette espèce se faisait déjà ressentir avant même le début de l'envahissement du phragmite exotique dans les marais d'eau douce. Ainsi, l'arrivée de cette graminée envahissante inquiète donc les ichtyologistes sur le taux de survie de l'espèce menacée. D'autant plus que le grand brochet est une espèce de poissons qui se reproduit au sein des plantes aquatiques présentes dans les marais d'eau douce et que ce sont des endroits sujets à être inondés et exondés à plusieurs reprises, soit des habitats propices à coloniser pour le roseau exotique. (Groupe Phragmites, 2012; Larochelle, 2011)

3.4.1 Relation entre les espèces de plantes aquatiques présentes et l'abondance du grand brochet

Une étude effectuée par Larochelle (2011) a d'ailleurs porté sur :

« les effets du type de végétation (roselières comparées à d'autres assemblages végétaux de référence) sur quatre aspects des premiers stades de développement du grand brochet (dépôt d'œufs, abondance, croissance et alimentation) dans deux milieux humides du fleuve Saint-Laurent » (Larochelle, 2011).

Celle-ci a d'ailleurs démontré que le grand brochet a pondu au moins trois fois plus d'œufs durant l'année 2009 lorsque le niveau de l'eau était considéré comme étant élevé dans les assemblages de plantes aquatiques de référence principalement constitués de graminées à tiges courtes (Larochelle, 2011).

Au contraire, lorsque le niveau de l'eau est considéré comme étant bas, tel que fut le cas durant l'année 2010, le grand brochet aurait davantage tendance à pondre ses œufs dans les roselières, soit selon une proportion de deux fois plus élevée au sein de celles-ci comparativement aux assemblages de plantes aquatiques de référence. Ce phénomène illustre donc le fait que le grand brochet va seulement utiliser les roselières ainsi que toutes autres plantes aquatiques émergentes en dernier recours pour y pondre ses œufs, et ce, seulement si le milieu humide en question a subi des périodes de faibles niveaux d'eau. Ainsi, la présence de roseau exotique ne semble pas causer de problèmes majeurs pour la ponte des œufs du grand

brochet. Effectivement, c'est plutôt via l'uniformisation du paysage que le grand brochet subira davantage de préjudices sur le taux d'œufs déposés puisque le roseau exotique diminue drastiquement la quantité de sites susceptibles d'être exploités par le grand brochet. (Larochelle, 2011)

Les assemblages de plantes aquatiques ayant des feuilles ainsi que des tiges plus courtes et plus étroites seraient davantage favorisés par le grand brochet pour le dépôt de ses œufs. Ainsi, l'alpiste roseau serait une plante aquatique idéale pour la ponte de l'espèce en plus du scirpe et du butome. (Larochelle, 2011)

Par le fait même, une abondance beaucoup plus élevée d'œufs serait présente dans ces assemblages de référence comparativement à celle présente dans les roselières. Toutefois, cette dernière demeure tout de même une solution envisageable pour le frai du grand brochet en cas de période de niveau d'eau plus faible que la normale. Ainsi, le type de plantes aquatiques présentes dans les prairies humides va déterminer le taux de ponte de l'espèce sur chacune des espèces végétales présentes à ces endroits précis. Par exemple, malgré le fait que les feuilles des phragmites exotiques ne soient pas optimales pour la ponte de leurs œufs, les grands brochets décideront tout de même de les déposer à cet endroit précis si le paysage est seulement constitué de quenouilles et de phragmites. Par contre, si le paysage est constitué d'alpistes roseaux et de roseaux exotiques, le grand brochet préférera faire la ponte de ses œufs sur les feuilles de la seconde au détriment de la première. C'est donc pourquoi les roselières n'ont pas de graves conséquences sur cette espèce de poissons. (Groupe Phragmites, 2012)

Mis à part le choix des espèces florales présentes dans le site, il semblerait que le grand brochet ait aussi une préférence pour les milieux où la température de l'eau peut être facilement réchauffée, et ce, grâce à une profondeur peu élevée. La présence de roseaux exotiques au sein d'une prairie humide aura comme conséquence de laisser pénétrer moins de lumière à la surface de l'eau étant donné que celui-ci possède une très grande taille et qu'il forme des colonies très denses. Cette condition ne permettra donc pas un réchauffement rapide de l'eau, ce qui ne favorisera pas la ponte du grand brochet aux endroits où la graminée est abondante. Toutefois, ce facteur ne semble pas déterminant pour le poisson comparativement au choix de végétations présentes sur le site pour la ponte de ses œufs. (Larochelle, 2011)

3.4.2 Variation du taux de croissance chez les populations de grand brochet selon le milieu convoité

En ce qui concerne le taux de croissance des individus de grand brochet, celui-ci s'est révélé n'être que faiblement significatif dans l'étude effectuée par Larochelle (2011) entre le milieu comprenant l'assemblage de plantes aquatiques de référence et celui contenant la roselière. En outre, ce résultat est dû au fait que le grand brochet est un poisson qui possède une alimentation très variée au cours de sa vie, et ce, en fonction de sa taille. En effet, le grand brochet débute sa croissance en s'alimentant d'abord de petits crustacés zooplanctoniques pour ensuite s'alimenter progressivement d'amphipodes, d'isopodes, de

larves d'insectes aquatiques ainsi que de poissons lorsque sa taille atteint 25 à 30 mm. Ce n'est qu'une fois atteignant une taille de 80 mm que ceux-ci vont devenir piscivores. Ainsi, il est difficile d'effectuer une corrélation entre le taux de croissance de l'espèce et un milieu donné puisque cette corrélation dépend de la taille de départ du grand brochet ainsi que de la capacité du milieu à lui fournir cette ressource à ce moment précis. À titre d'exemple, les roselières semblent être davantage propices au grand brochet pour se nourrir d'invertébrés que les assemblages de végétaux de référence. Toutefois, les populations de quenouilles semblent aussi accueillir une grande quantité d'invertébrés tels que des amphipodes. Seuls les copépodes ne se retrouvaient pas en quantité suffisamment élevée dans les roselières comparativement aux assemblages de végétaux de référence. (Larochelle, 2011)

3.4.3 Le grand brochet : une espèce opportuniste

Au sein des populations de grand brochet, il existe à l'occasion des cas de cannibalisme. En effet, ce phénomène se produit surtout entre deux cohortes successives d'individus. Il semblerait que les grands brochets d'une année précédente auraient tendance à pratiquer le cannibalisme auprès de la génération un peu plus jeune que la leur. Ainsi, ce comportement aurait comme effet de faire fuir les individus plus jeunes vers des milieux moins propices à leur survie. C'est alors que ces derniers seront amenés à se nourrir de proies moins optimales à leur croissance et donc à fréquenter des milieux humides différents de la génération précédente. (Larochelle, 2011)

Ce changement de régime alimentaire en pleine croissance aura évidemment un effet notable sur la taille totale des individus de la plus jeune cohorte. Ce phénomène de prédation intraspécifique permettrait d'expliquer pourquoi l'ensemble des milieux humides serait fréquenté par des grands brochets malgré que ceux-ci ne soient pas toujours optimaux pour l'espèce en question. Toutefois en fin de compte, les roselières ne défavoriseraient pas significativement la croissance des grands brochets puisque ceux-ci parviendraient à des tailles semblables une fois adultes. (Larochelle, 2011)

3.4.4 Le choquemort : un autre exemple de poissons touchés par l'apparition du phragmite exotique

Une autre espèce de poissons a aussi été étudiée à la suite de l'envahissement du roseau exotique dans les marais intertidaux de la côte de l'Atlantique, soit le choquemort. Les études ont démontré que cette espèce subissait des conséquences au niveau de son développement puisque les marais envahis par le phragmite exotique lui procuraient moins de réserves lipidiques que ceux non envahis par l'espèce invasive. (Groupe Phragmites, 2012)

Toutefois, comme pour le grand brochet, ces effets négatifs seraient variables selon le stade de développement de l'espèce. Ainsi, l'abondance de ses proies à un endroit donné favoriserait l'espèce au

sein de ce milieu. Des études révèlent que la disponibilité des proies pour les jeunes larves serait moins élevée dans les roselières que dans les colonies de spartines alterniflores, et ce, en raison de leur taille totale et de celle de leur bouche. Malgré tout, l'habitat le plus favorable pour le choquemort varie; c'est le cas pour le grand brochet en fonction de la disponibilité de sa nourriture à un moment bien précis et donc d'un milieu à un autre. (Larochelle, 2011)

En outre, il semblerait que les choquemorts adultes puissent bénéficier de la présence des roselières puisque cette espèce aurait tendance à se déplacer d'un milieu dominé par la spartine alterniflore vers les roselières. En effet, ce déplacement des adultes choquemorts aurait comme impact de leur fournir davantage d'abris et de nourritures. Les études ont même révélé que les mâles exploitant cette technique auraient une biomasse plus élevée en fin de compte en plus d'une meilleure croissance. La présence de roseaux exotiques au sein d'un marais intertidal pourrait donc être favorable pour cette espèce. (Larochelle, 2011)

3.4.5 Autres espèces de poissons présentes dans les roselières

En plus du grand brochet et du choquemort, d'autres espèces de poissons ont été observées en grande quantité dans des roselières que ce soit le crapet-soleil, la barbotte brune, le fondule barré, l'ombre de vase et de lotte, le poisson-castor, la queue à tache noire ainsi que l'anguille d'Amérique. Seules les populations d'anguille d'Amérique et de crapet-soleil semblaient toutefois plus élevées dans les roselières que dans les assemblages de plantes aquatiques de référence. Il resterait donc à voir si les roselières peuvent aussi procurer un certain avantage parfois à ces espèces comme c'est le cas pour celle du grand brochet et du choquemort. (Larochelle, 2011)

3.4.6 Résumé des effets du roseau exotique sur les poissons

En bref, le roseau exotique ne semble pas causer de problèmes majeurs pour les poissons. Toutefois, bon nombre d'entre eux sont affectés de manière indirecte par la plante envahissante que ce soit via l'uniformisation du paysage, le refroidissement de la température de l'eau en plus de l'assèchement des milieux humides. Les roselières représentent tout de même un choix d'habitat pour plusieurs, mais de qualité moindre que les assemblages de végétaux de référence. Le choquemort ainsi que le grand brochet sont des exemples d'espèces touchées par la présence du phragmite exotique, mais qui ne semblent pas subir de préjudices importants.

3.5 Effets sur les oiseaux

En ce qui a trait aux oiseaux, les effets de l'envahissement du roseau exotique sur ceux-ci sont très variés. En effet, le niveau de gravité de ces effets dépend du mode de vie de l'oiseau qui vit dans le milieu envahi. Ainsi, les oiseaux aquatiques seraient davantage touchés par la présence du phragmite exotique que ne le

seraient les oiseaux terrestres. La présente section vise à établir les caractéristiques qui rendent ces espèces plus à risque au roseau exotique ainsi que les conséquences que ce dernier peut leur occasionner.

3.5.1 Le Petit Blongios, une espèce déjà menacée

Le Petit Blongios est une espèce aviaire qui vit entièrement dans les marais puisqu'elle nécessite un habitat où le niveau de l'eau est stable. Idéalement, l'espèce s'installe dans les marais qui contiennent en majorité des plantes émergentes. Le Petit Blongios représente une espèce très vulnérable face au roseau exotique puisque celui-ci se reproduit dans les peuplements de quenouilles. (COSEPAC, 2009)

En effet, tel que mentionné plus haut, la quenouille ne fait pas le poids face à un peuplement de phragmites exotiques. Bien qu'elle réussirait à se défendre durant quelque temps, l'arrivée précoce de la plante invasive et de ses caractéristiques biologiques lui permettront de déloger les populations de quenouilles présentes dans ces marais. D'autant plus qu'il est facile pour la graminée d'envahir un milieu humide avec un niveau d'eau faible. Bien que le roseau exotique est une espèce qui peut affecter grandement les colonies de quenouilles, bon nombre de plantes envahissantes le peuvent aussi telles que c'est le cas de la salicaire commune, l'alpiste roseau ainsi que le butome à ombelle. De plus, toutes ces espèces favorisent l'assèchement des plans d'eau. Ainsi, les marais sont plus enclins à s'assécher et à éventuellement se transformer en tourbière. Le Petit Blongios représente donc une espèce aviaire menacée par l'arrivée massive du roseau exotique parmi le paysage québécois. (COSEPAC, 2009)

3.5.2 Les oiseaux chanteurs

Une étude entreprise par Gagnon-Lupien (2013) mentionne qu'il semblerait que beaucoup d'espèces d'oiseaux chanteurs utilisent les roselières à des fins de reproduction. En effet, ces résultats ont démontré qu'aucune différence significative n'existait entre l'abondance totale, la richesse ainsi que la diversité de ces espèces qu'ils vivent au sein d'une roselière ou bien au sein d'un assemblage de végétaux de référence. (Groupe Phragmites, 2012) Parmi ces espèces chanteuses notons toutes la famille des passereaux généralistes (telle que la Paruline jaune et le Quiscale bronzé) qui ne possèdent pas de préférence pour les marais en tant que lieu de reproduction ainsi que celle des passereaux spécialistes, qui eux au contraire, s'y reproduisent exclusivement. En général, les passereaux généralistes préfèrent les endroits un peu plus secs pour se reproduire, mais les milieux humides leur conviennent tout aussi bien. (Gagnon-Lupien, 2013; Meyer, 2010)

La Paruline jaune semble toutefois avoir une préférence pour les milieux envahis par le roseau exotique. La raison est fort simple puisque la Paruline jaune privilégie les végétations ayant de grandes superficies pour se reproduire, ce qui lui permet donc de s'assurer d'une bonne protection contre les prédateurs au sein de cette biomasse dense. De plus, les tiges solides du roseau exotique assurent à l'espèce un bon support

pour ses nids. Ainsi, la Paruline jaune serait avantagée par la présence de roselières denses aux abords des milieux humides. (Gagnon-Lupien, 2013; Meyer, 2010)

En ce qui concerne plutôt les passereaux spécialistes, seul le Troglodyte des marais semble être affecté négativement par la présence de phragmites exotiques. En effet, l'abondance de l'espèce s'est révélée être nettement plus importante au sein des colonies de quenouilles que dans celles de roseaux exotiques. Ce phénomène s'explique par le fait que cette espèce est très sélective pour ces lieux de reproduction. En outre, le Troglodyte des marais possède une préférence pour les marais où la végétation est de grande taille et robuste en plus d'offrir une grande diversité de plantes, ce qui n'est pas le cas dans les peuplements de phragmites exotiques. Le critère de la diversité végétale semble toutefois essentiel pour l'espèce puisqu'il est possible de la retrouver dans des roselières uniquement si d'autres espèces telles que les quenouilles peuvent y être observées. La quenouille est une espèce qui possède des fleurs en épis duveteuses ainsi que des longues feuilles qui permettent d'assurer aux Troglodytes des marais un lieu de prédilection pour leur nid. (Gagnon-Lupien, 2013)

Un facteur important à prendre en compte afin de voir si la présence du roseau exotique aura un effet négatif sur les populations d'oiseaux étudiées est la hauteur à laquelle l'espèce construit son nid. En effet, plus le nid est situé à proximité du niveau de l'eau, plus l'espèce aviaire préférera les milieux où le niveau de l'eau est stable et généralement faible telle que la Paruline masquée et le Bruant des marais. De ce fait, les roselières peuvent représenter pour certaines espèces un choix judicieux pour la fabrication de leurs nids. Toutefois, si l'espèce préfère les endroits élevés pour ses nids, alors les populations de quenouilles seront souvent privilégiées à celles des roseaux exotiques. (Gagnon-Lupien, 2013; Meyer, 2010)

Tout comme les passereaux généralistes, les rallidés représentent une famille d'oiseaux chanteurs qui ne sont généralement pas affectés par le type de végétations présent dans leur habitat. Toutefois, si la densité de tiges devient trop élevée, alors il est possible que des effets négatifs se fassent ressentir sur l'espèce puisqu'elle se déplace au sol. Ainsi, les rallidés auraient davantage de difficultés à se mouvoir dans de telles conditions, ce qui influencerait négativement l'abondance de l'espèce en plus de sa diversité. Le Râle de Virginie est un bel exemple de ce type d'oiseaux qui peut être touché par une haute densité de roseaux exotiques. Par contre, le niveau de l'eau semble plus important pour la survie du Râle de Virginie que la densité de végétations présente. Ainsi, un niveau ni trop élevé, ni trop faible est préféré par l'espèce, ce qui peut être influencé, tel que mentionné ci-haut, par la densité du phragmite exotique étant donné la quantité de litières produite au sol. Un équilibre entre ces deux facteurs est donc essentiel pour la survie du Râle de Virginie. (Gagnon-Lupien, 2013; Groupe Phragmites, 2012)

3.5.3 Les oiseaux aquatiques

La présence du roseau exotique dans les milieux humides bouleverse la vie des oiseaux aquatiques comme les sauvagines et les échassiers. En effet, ces espèces aviaires éprouvent de la difficulté à pénétrer ainsi qu'à se déplacer dans les roselières étant donné leur grande taille, ce qui rend d'autant plus difficiles leur alimentation et leur reproduction. (Groupe Phragmites, 2012) D'ailleurs, l'étude de Gagnon-Lupien (2013) révèle que les canards, les oies, les grèbes ainsi que les échassiers ne vont pas s'alimenter au sein des roselières, mais plutôt vers des milieux possédant d'autres végétations que celui-ci. (Gagnon-Lupien, 2013)

De plus, plusieurs de ces espèces aquatiques nichent dans la végétation de faible taille telles que le canard et la Grue du Canada, ce qui rend les roselières peu propices à leur survie. Les études de Meyer et de ses collaborateurs (2010) ont révélé que les roselières privaient probablement ces espèces aviaires aquatiques de matériaux essentiels à la construction de leurs nids, d'où leur quasi-absence dans ces milieux. Ainsi, avec une densification de plus en plus importante du roseau exotique, l'abondance et la diversité des espèces aviaires aquatiques présentes dans ces milieux envahis diminueraient probablement de manière abrupte plutôt que proportionnel. C'est par l'effet d'étranglement que ces espèces seront de plus en plus confinées dans de petits îlots de végétations de faible taille jusqu'au moment où elles disparaîtront tout simplement du milieu envahi. (Meyer et autres, 2010; Gagnon-Lupien, 2013)

3.5.4 Résumé des effets du roseau exotique sur les espèces aviaires

En bref, les oiseaux aquatiques semblent être les espèces aviaires les plus touchées par l'envahissement du phragmite exotique dans les milieux humides. Que ce soit par la diminution de leur aire de repos au sein de ces peuplements de plantes envahissantes ou de la densité trop élevée de la graminée qui limite ces espèces dans leur alimentation, leur déplacement ainsi que leur reproduction. Les espèces généralistes qui ne possèdent pas de préférence en ce qui a trait à la composition de la végétation présente dans le site envahi seraient donc avantagées par la présence du phragmite exotique comparativement aux espèces spécialistes. Toutefois, le niveau de l'eau semble jouer un rôle important pour le choix du site des espèces aviaires en raison de la hauteur désirée de la fabrication de leurs nids et des risques d'inondation associés au milieu choisi. Bien entendu, le roseau exotique possède un rôle indirect dans le niveau des eaux via sa production élevée de litières au sol qui mène progressivement à l'assèchement du milieu humide. Ce phénomène rend ainsi plus difficile la recherche de proies pour les oiseaux s'alimentant d'insectes ou d'invertébrés.

3.6 Effets sur les mammifères

En ce qui a trait aux mammifères, peu d'études ont été effectuées jusqu'à ce jour afin de vérifier les effets du roseau exotique sur ceux-ci. (Perez, 2011)

En outre, une étude a été faite sur les conséquences de l'arrivée de la graminée dans l'habitat du rat musqué. Les résultats ont révélé que la population de ce dernier était moins nombreuse dans les roselières que dans les assemblages de végétaux de référence. Néanmoins, aucun signe d'évitement ne serait effectué par l'espèce une fois que son nid est déjà fabriqué. (Perez, 2011)

Finalement, la dernière étude qui a été effectuée visait la comparaison entre l'abondance et la diversité de quatre micromammifères distincts, soit la souris sauteuse des champs, le campagnol des champs, la musaraigne à queue courte et la musaraigne cendrée. Les résultats ont démontré que l'abondance de ces quatre espèces était plus importante dans les assemblages de végétaux de référence comparativement aux roselières. Ainsi, Meyer (2003) avance que les mammifères indigènes préfèrent s'alimenter de la nourriture locale comparativement à celle exotique. (Meyer, 2003)

Malgré que très peu d'étude ait été effectuée sur les effets du roseau exotique sur les mammifères, il est possible d'affirmer que comme l'ensemble des autres espèces étudiées, le phragmite exotique nuit indirectement à tous êtres vivants qui dépendent de caractéristiques précises d'un milieu humide telles que le niveau de l'eau, la température de son eau et la présence de végétations diversifiées. Seules les espèces généralistes ou opportunistes seraient en mesure de bénéficier de l'arrivée du roseau exotique dans leur habitat. Bien entendu, il existe des effets cascades au sein de la chaîne alimentaire puisque si l'abondance ou la diversité d'un palier inférieur est modifiée, cela modifiera sans contredit celles des paliers supérieurs.

4. PRÉSENTATION DES TROIS SCÉNARIOS ÉTUDIÉS ET DE LEURS CARACTÉRISTIQUES SPÉCIFIQUES

Les diverses caractéristiques des trois scénarios à l'étude permettront de déterminer au cours du chapitre 6 la technique la plus optimale de contrôle des colonies de phragmites exotiques présentes sur chacun des trois territoires à l'étude. En effet, l'abondance et la biodiversité des espèces fauniques seront utiles afin de cerner laquelle des techniques de contrôle occasionnerait le moins de conséquences possibles sur les espèces présentes dans le cas à l'étude. En plus, cette présente section aura comme objectif d'évaluer la situation actuelle de l'envahissement du roseau exotique au sein des territoires à l'étude, soit la rivière Châteauguay, le marais Miller ainsi que les Îles-de-Boucherville.

4.1 Rivière et fossé dans la Ville de Châteauguay

On retrouve la Ville de Châteauguay au sein de la municipalité régionale de comté (MRC) de Roussillon qui est située dans la région administrative de la Montérégie. Au total, plus de 1 513 hectares de milieux humides sont présents dans cette MRC, soit une proportion de seulement 3,8 % de l'ensemble des milieux humides que l'on peut retrouver dans la Montérégie, soit pour un total de plus de 39 815 hectares. De ces

1 513 hectares, 470 appartiennent à des marais présents dans la MRC de Roussillon. La municipalité de Châteauguay représente l'une des villes de la région possédant la plus grande partie des hectares de milieux humides de la MRC de Roussillon. (Canards Illimités Canada, 2006)

Malgré le fait que seule la rivière Châteauguay sera à l'étude dans ce cas-ci, il est toutefois important de considérer sa proximité avec le lac St-Louis, soit un élargissement du fleuve Saint-Laurent. Ainsi, les impacts observés sur la rivière Châteauguay pourront se répertorier sur ce milieu humide de grande importance. En outre, un marais est aussi présent dans la région de la rivière Châteauguay à la hauteur du Refuge Marguerite d'Youville d'où l'importance de contrôler les populations de phragmites exotiques avant que celles-ci n'atteignent ce milieu humide très fragile. (Canards Illimités Canada, 2006)

4.1.1 Espèces fauniques présentes dans la région de la rivière Châteauguay

La rivière Châteauguay est une frayère essentielle pour des espèces de poissons telles que le brochet. Mise à part cette espèce, nombreuses sont celles qui ont été aperçues dans le lac St-Louis, dont l'achigan à petite bouche, l'achigan à grande bouche, la perchaude ainsi que l'anguille d'Amérique. À la tête de la rivière Châteauguay, il est possible d'observer des espèces de poissons telles que des salmonidés, des truites brunes, des truites arc-en-ciel et des ombles de fontaine. Au total, c'est plus de 70 espèces de poissons que l'on peut retrouver dans le bassin versant de la rivière Châteauguay qui s'étend sur plus de 5 178 hectares de milieux humides dont 3,5 % seulement se retrouvent en terres québécoises. (Canards Illimités Canada, 2006)

En plus de ces espèces de poissons, plusieurs espèces aviaires vivent dans la MRC de Roussillon et donc dans la région de la rivière Châteauguay. Parmi celles-ci, notons le bruant de Nelson, le hibou des marais, la paruline à couronne rousse, le busard Saint-Martin, le bécasseau semi-palmé, le pluvier argenté, le Petit Blongios, le râle jaune, le canard noir ainsi que le petit et le grand fuligule qui représentent tous des espèces comme étant désignés avec un statut préoccupant ou prioritaire. On retrouve aussi dans cette MRC, plusieurs aires de concentration d'oiseaux aquatiques en plus de retrouver deux refuges d'oiseaux migrateurs en bordure du fleuve Saint-Laurent, soit dans la région du lac Saint-Louis et de l'île aux Hérons. Bon nombre d'espèces aviaires présentes dans la MRC de Roussillon utilisent les marais pour leur reproduction telles que le canard noir alors que plusieurs autres utilisent les prairies pour nicher, comme c'est le cas de la sarcelle à ailes bleues. (Canards Illimités Canada, 2006)

En outre, le territoire de la MRC abrite plusieurs espèces fauniques qui possèdent un statut précaire ou préoccupant. Une grande partie de ces espèces est d'ailleurs associée aux milieux humides en bordure du Saint-Laurent comme c'est le cas de la rainette faux-grillon de l'Ouest. Ainsi, l'envahissement des milieux

humides par le roseau exotique représente donc un danger notable pour la MRC qui abrite plusieurs espèces à statut précaire ou préoccupant. (Canards Illimités Canada, 2006)

4.1.2 Étalement urbain près de la rivière Châteauguay

L'étalement urbain au sein de la MRC de Roussillon comporte un impact direct sur l'envahissement des milieux humides par le phragmite exotique puisque son territoire en possède une panoplie. En effet, l'étalement urbain entraîne avec lui un déboisement des forêts, la construction de routes et le remblai de milieux humides à l'occasion, ce qui favorise ainsi le déplacement de l'espèce envahissante vers les milieux humides plus éloignés des routes principales. (Canards Illimités Canada, 2006)

En ce qui a trait à la rivière Châteauguay, l'ensemble de son pourtour est entouré de résidences riveraines à l'exception de la portion qui touche le Refuge Marguerite d'Youville. En plus, la grande majorité des terrains avoisinants la rivière ne possède pas de bande riveraine de plus de cinq mètres, ce qui contribue donc à l'envahissement du roseau exotique en bordure de la rivière Châteauguay. D'autant plus que l'absence de végétation en bordure du cours d'eau n'est pas rare dans la portion Nord de celle-ci. En outre, la Ville de Châteauguay a connu un essor du point de vue de son urbanisation, ce qui se traduit par une augmentation de la dévégétalisation sur son territoire en plus de la construction de routes importantes comme c'est le cas de la nouvelle bretelle de l'autoroute 30 qui permet l'accès direct à la municipalité. (Amiri et Collin, 2014) La figure 4.1 illustre la localisation de la rivière Châteauguay ainsi que les milieux humides présents dans la région de celle-ci telle que c'est le cas du lac Saint-Louis et du fleuve Saint-Laurent.

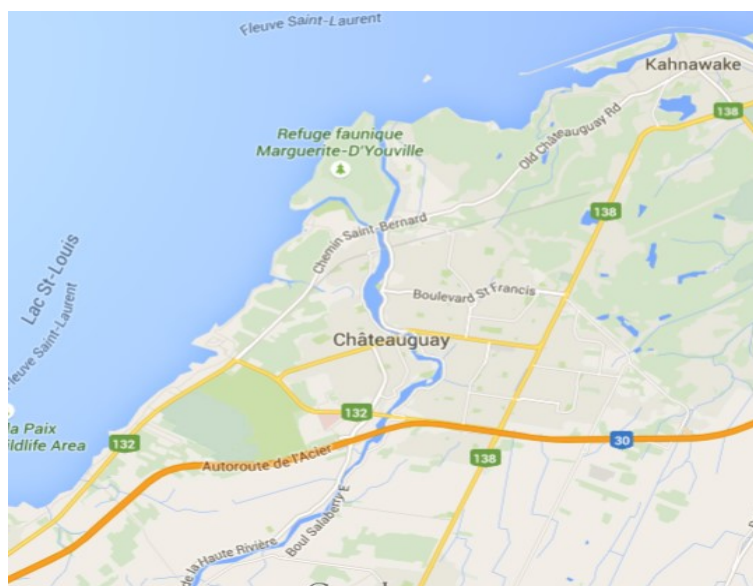


Figure 4.1 Carte illustrant la localisation de la rivière Châteauguay et des milieux humides présents dans la région de celle-ci (Tiré de Google maps, 2015)

Tel que mentionné ci-haut, le roseau exotique débute sa propagation à partir des bords de routes. Alors que la construction des routes entraîne l'arrivée du phragmite exotique sur les terres châteaugoises, l'abondance des terres agricoles sur son territoire, soit pour un total d'environ 55 %, contribue elle aussi au déboisement des terres présentes sur la MRC. Le roseau exotique est une espèce invasive qui se reproduit rapidement et profite des terres vierges pour coloniser de nouveaux territoires. Ainsi, l'étalement urbain est directement corrélé avec l'envahissement grandissant de la graminée via le déboisement des forêts. D'ailleurs, pour la MRC des Roussillon, c'est près de 90 % de ses forêts qui ont été détruites pour permettre son urbanisation. À ce jour, seulement 13 % de son territoire correspond à des forêts dont la grande majorité se trouve à Kahnawake. (Canards Illimités Canada, 2006)

Néanmoins, ce n'est pas seulement le déboisement relié à l'aménagement des terres agricoles qui contribue à l'envahissement du phragmite exotique. En effet, les activités agricoles sont souvent reliées à l'utilisation de pesticides, ce qui procure donc au sol des importantes quantités d'éléments nutritifs, comme c'est le cas pour le phosphore et l'azote. Cet apport important en éléments nutritifs vient bouleverser l'équilibre des écosystèmes habituellement présents dans les plans d'eau. D'autant plus que les pesticides peuvent contenir des composés chimiques dangereux pour l'environnement. Bien entendu, c'est le ruissellement des eaux de pluie qui va contribuer au déplacement des éléments nutritifs et des composés chimiques. (Mille-Isles, s.d) En ce qui a trait au phragmite exotique, il est important de noter que celui-ci possède la capacité de proliférer dans les milieux où le phosphore est abondant. Ainsi, l'utilisation des pesticides sur les terres agricoles possède donc un effet sur l'envahissement du roseau exotique dans les eaux avoisinantes celles-ci. (Fortin, 2010)

En ce qui concerne la rivière Châteauguay, les principales affectations que l'on retrouve dans son bassin versant représentent à 75,1 % de l'agriculture et à 20,2 % de l'agroforesterie. Ainsi, un total de 95 % de son bassin versant possède des affectations pouvant favoriser l'envahissement du phragmite exotique via la présence accrue de phosphates à la suite de l'utilisation de pesticides contenant cet élément nutritif. Il n'est donc pas surprenant qu'avec l'étalement urbain que connaît présentement la Ville de Châteauguay ainsi que ces nombreuses terres agricoles que le roseau exotique soit bien répandu au sein de celle-ci. (Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, s.d)

4.1.3 Aspects des colonies de phragmites exotiques présentes à Châteauguay

D'après les relevés de terrains récoltés par deux étudiantes, soit Amiri et Collin (2014), plusieurs terrains privés de riverains de la rivière Châteauguay connaissent une invasion de roseaux exotiques sur leurs terres. Bien que le problème soit mineur chez certains, l'envahissement de la graminée peut parfois être très important sur d'autres terrains. D'autant plus que le manque de végétation en bordure de la rivière

Châteauguay est un facteur à risque pour la propagation de la plante invasive en plus de la faible profondeur du cours d'eau. Ainsi, il est possible d'estimer que l'envahissement du phragmite exotique connaîtra un essor au cours des prochaines années dans cette municipalité. C'est donc pour ces raisons qu'il est important pour la Ville de Châteauguay de limiter la colonisation du roseau exotique sur son territoire le plus tôt possible. (Amiri et Collin, 2014)

À ce jour, le Refuge Marguerite d'Youville est bordé de plusieurs colonies de phragmites exotiques de faible envergure, comme c'est le cas pour plusieurs des fossés que l'on retrouve dans la Ville de Châteauguay. Toutefois, d'autres colonies sur le territoire sont plus importantes, c'est-à-dire qu'elles peuvent atteindre un niveau de densité variant entre 20 à 50 tiges/m² et peuvent s'étendre sur une superficie atteignant 50 à 500 m² pour quelques-unes des colonies observées ou majoritairement une superficie de 1 à 50 m². (Groupe phragmites, 2014)

Afin de bien visualiser le potentiel d'envahissement du phragmite exotique sur l'environnement de la MRC de Roussillon, la figure 4.2 illustre cette région ainsi que les nombreux milieux humides qu'elle comprend. Tout d'abord, les zones mauves représentent des milieux humides potentiels selon Géomont et Canards Illimités Canada. Alors que les zones vert pâle sont des marécages et les zones vertes foncées sont des tourbières boisées et les zones roses des marais, des herbiers et des prairies humides. Pour terminer, les zones grises représentent le milieu urbain. (Belvisi et Beaulieu, 2008)

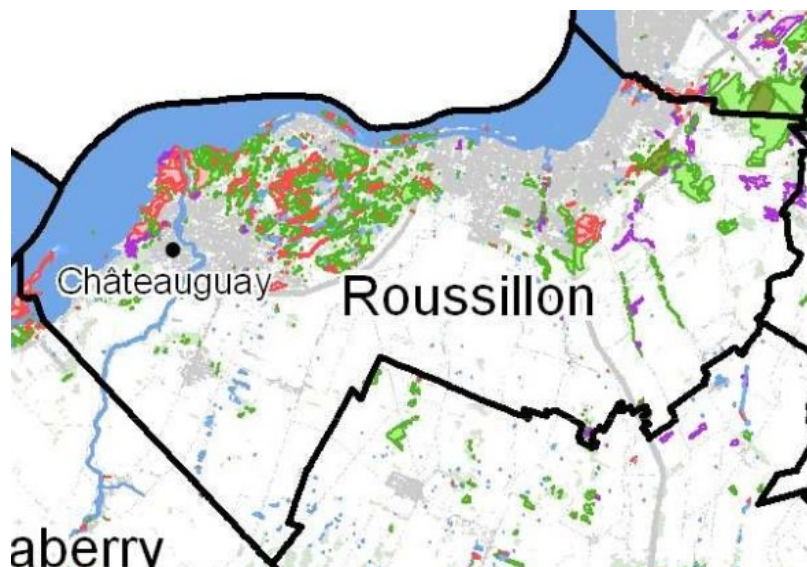


Figure 4.2 Carte de la MRC de Roussillon illustrant ces nombreux milieux humides (Tiré de Belvisi et Beaulieu, 2008)

Ainsi, il est possible de constater que la rivière Châteauguay est un endroit idéal pour le roseau exotique à coloniser puisqu'il lui permet d'accéder à de nombreux autres milieux humides via des routes importantes

de la région. De ce fait, plusieurs espèces floristiques et fauniques de la MRC de Roussillon pourraient faire face à ce problème d'invasion.

4.2 Marais Miller et fossé dans la Ville de Rosemère

On retrouve le marais Miller aux abords de la rivière des Mille Îles au sein de la Ville de Rosemère, soit tout près de la Ville de Laval. En fait, ce plan d'eau sépare la région de Laval à celle de Lanaudière et celle des Laurentides. Au total, la région administrative de Laval compte 1 141 hectares de milieux humides dont 499 hectares se retrouvent dans la rivière des Mille Îles, soit pour une proportion de 44 % de l'ensemble de ces milieux humides. Toutefois, ceux-ci ne représentent que 4 % de sa superficie totale dont 2,4 % sont situés dans la portion terrestre de l'île alors que 1,9 % sont situés dans la portion aquatique de la rivière des Mille Îles. (Canards Illimités Canada, 2012a)

Il est possible de diviser le territoire de la Ville de Laval en trois districts écologiques, soit celui du lac Saint-Louis, celui de la terrasse de la rivière des Mille Îles et finalement, celui comprenant une partie de la plaine de L'Assomption. À elle seule, la rivière des Mille Îles englobe 90 % des milieux humides de la région, soit pour un total de 1 032 hectares. De l'ensemble de ces hectares, 119 de ces hectares représentent des marécages alors que 36 de ces hectares représentent des tourbières. Ainsi, la rivière des Mille Îles est un milieu humide de grandes importances pour la région administrative de Laval. Il est estimé que plus de 80 % de ces milieux humides font face à des pressions anthropiques en plus d'être isolés au sein du territoire. (Canards Illimités Canada, 2012a)

Parmi ces milieux humides présents dans la région de Laval, notons le marais Miller d'une superficie de 5,9 hectares qui est actuellement à la prise avec un envahissement de phragmites exotiques dans sa marge. L'organisme sans but lucratif Éco-Nature du Parc de la rivière au Mille Îles mène présentement un projet pilote sur ce site afin de contrôler la population de cette espèce invasive avant qu'elle ne parvienne à ce milieu sensible. D'autant plus que le marais Miller est situé tout près d'un milieu humide encore plus fragile que lui, soit le marécage Tylee. La figure 4.3 illustre la localisation du marais Miller dans la Ville de Rosemère en plus d'illustrer sa proximité avec d'autres milieux humides importants de la région. (Boutin et Poulin, 2013)

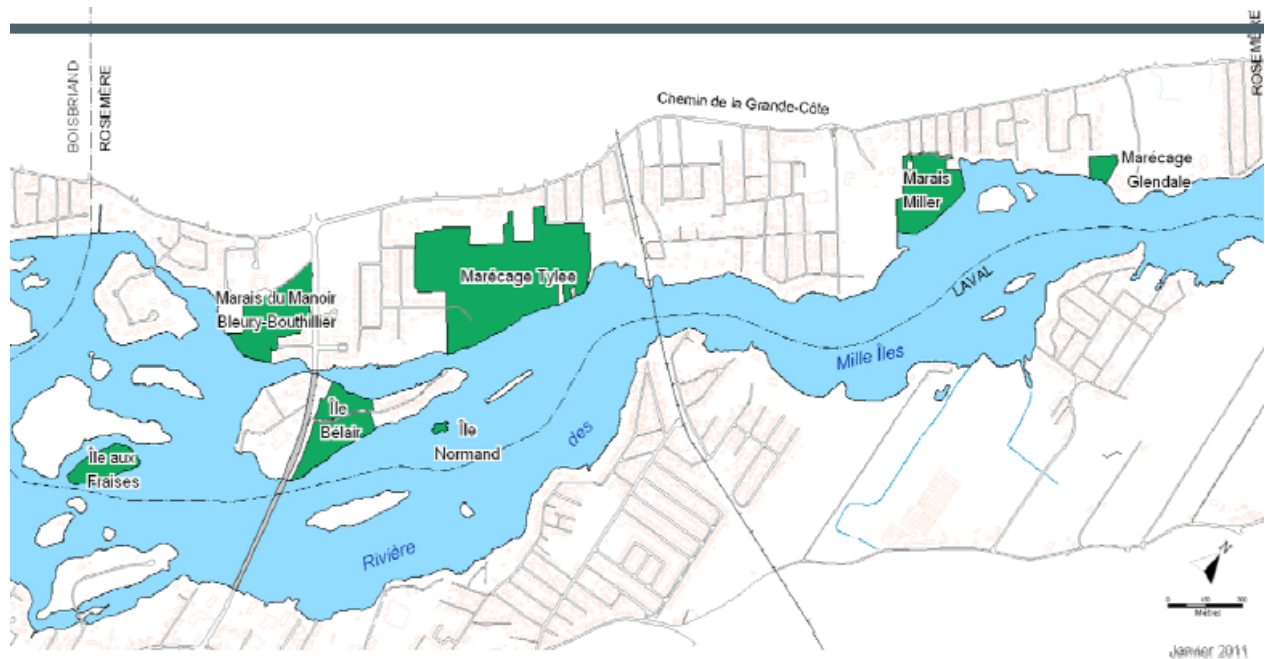


Figure 4.3 Carte géographique illustrant la localisation du marais Miller ainsi que sa proximité avec d'autres milieux humides de la région (Tiré de Boutin et Poulin, 2013)

4.2.1 Espèces fauniques présentes dans la région du marais Miller

Des espèces aviaires à statut précaire telles que la bécasse d'Amérique, la marouette de Caroline, le râle de Virginie, le héron vert, le Petit Blongios, le bihoreau gris, la guifette noire, le canard noir, le canard branchu, la sarcelle à ailes bleues et la gallinule poule d'eau habitent tout près du marais Miller, soit dans la rivière des Mille Îles. En plus de ces espèces aviaires à statut précaire, on y retrouve aussi d'autres espèces aviaires hors de danger pour le moment telles que le grand héron, la bernache du Canada, le bihoreau gris, le canard colvert, le canard branchu, le petit garrot, la sarcelle d'hiver, le grand pic, le pic mineur, le pic flamboyant, l'hirondelle bicolore, le carouge à épaulettes en plus de plusieurs espèces de Pauline. (Canards Illimités Canada, 2012a)

Sans compter les nombreuses espèces de poissons avec un statut précaire qui vivent eux aussi tout près du marais, comme c'est le cas de l'esturgeon jaune, de l'anguille d'Amérique, du chevalier cuivré, de l'alose savoureuse, du chevalier de rivière, du dard de sable, de la lamproie du Nord et du méné d'herbe. Autres ces espèces au statut précaire, des espèces prisées pour la pêche sportive sont aussi présentes dans la région du marais Miller telles que la perchaude, le grand brochet, la barbotte brune, le doré jaune, le doré noir, l'achigan à grande bouche et le maskinongé. (Canards Illimités Canada, 2012a)

En plus de toutes ces espèces, il est aussi possible d'observer dans la région du marais Miller des rats musqués, des visons d'Amérique, des tortues géographiques, des tortues serpentes, des tortues peintes,

des ouaouarons, des grenouilles léopards ainsi que des grenouilles vertes. (Canards Illimités Canada, 2012a; Boutin et Poulin, 2013)

En d'autres mots, la rivière des Mille Îles est un plan d'eau qui regorge d'une grande biodiversité de par les nombreux milieux humides présents dans la région de celle-ci en passant par des tourbières et des îles. Ainsi, l'invasion du phragmite exotique dans un milieu d'une telle importance pour bon nombre d'espèces fauniques représente donc un risque non négligeable sur leur abondance et leur diversité respective. C'est pourquoi l'arrivée du roseau exotique en marge du marais Miller inquiète autant l'organisme Éco-Nature du Parc de la rivière au mille Îles. (Canards Illimités Canada, 2012a)

4.2.2 Étalement urbain près du marais Miller

Tout comme c'est le cas pour la rivière Châteauguay, l'une des principales pressions anthropiques du marais Miller provient surtout de l'urbanisation à proximité du site. En effet, l'étalement urbain des résidents se fait ressentir jusque sur quelques îles situées dans la rivière des Mille Îles telles que les îles Bigras, Verte, Paton et Tremblay, et ce, sans compter les résidences situées en bordure de la rivière. D'ailleurs, les rives et les îles appartiendraient en grande partie à des résidents. Ainsi, la dévégétalisation est une pratique courante dans la région pour y aménager ces nombreux terrains privés, ce qui contribue inévitablement à l'invasion du roseau exotique en bordure de la rivière des mille Îles. Bien entendu, tout comme la rivière Châteauguay, le marais Miller est peu profond et subit une déforestation en marge de celui-ci étant donné les nombreuses résidences présentes dans les environs, ce qui occasionne sans contredit des facteurs à risques pour la propagation du roseau exotique. (Boutin et Poulin, 2013)

De plus, les activités récréotouristiques occupent aussi une part importante des pressions anthropiques sur l'environnement de la rivière des mille Îles puisqu'ils contribuent à perturber la faune et la flore présente dans le milieu. En effet, l'utilisation de l'espace par la population occasionne un piétinement accru de l'environnement, ce qui peut mener à l'endommagement de la flore en plus de contribuer à l'érosion des sols. Doyon et Frej (2003) ont soulevé dans leur étude portant sur les effets du récréotouristique sur l'environnement que :

« l'impact n'est pas proportionnel à l'utilisation, mais plutôt que cette relation se traduit par une courbe curvilinéaire, ce qui implique qu'une utilisation même très faible a un impact assez important qui s'en suit par une diminution de l'augmentation des impacts lorsqu'on en arrive à une fréquentation modérée à élevée » (Doyon et Frej, 2003).

Bien entendu, plus le milieu est fragile, plus les impacts seront importants sur celui-ci. (Doyon et Frej, 2003)

Ainsi, l'étalement urbain et les activités touristiques à proximité du marais Miller favorisent l'arrivée du phragmite exotique en marge de celui-ci en raison du déboisement et du piétinement occasionné par ceux-ci.

4.2.3 Aspects des colonies de phragmites exotiques présentes à Rosemère

D'ailleurs, l'étalement urbain et les activités touristiques à proximité du marais Miller et de la rivière des mille Îles ont entraîné l'arrivée de plus de 3 142 m² de phragmites exotiques en marge de ce premier au cours de l'année 2012, soit une superficie de plus d'un hectare avec une densité de plus de 50 tiges/m². La proximité des divers marécages, marais et îles en plus de la réduction des végétaux sur les territoires avoisinants la rivière au mille Îles sont tous des facteurs favorisant la propagation du roseau exotique au sein de la Ville de Rosemère. L'urgence d'agir sur ce territoire se fait donc ressentir d'autant plus à cause de la grande biodiversité que la rivière des mille Îles abrite. (Boutin et Poulin. 2013)

En fait, l'Éco-Nature du Parc de la rivière au mille Îles a déjà mis en branle trois phases de son projet pilote portant sur le contrôle du phragmite exotique en marge du marais Miller. Dans ce projet pilote, plusieurs techniques ont déjà été testées au fil des dernières années telles que le fauchage, le bâchage et l'implantation d'un couvert végétal afin de créer de l'ombrage sur les plants de roseaux exotiques. Bien qu'à première vue le bâchage semble bien fonctionner, il est encore trop tôt pour révéler son réel potentiel en tant que technique potentielle pour le contrôle du phragmite exotique. Toutefois, l'idée de combiner diverses techniques devrait avoir comme effet d'augmenter le taux de réussite de l'organisme face au contrôle de la plante envahissante en marge du marais Miller. (Boutin et Poulin. 2013) Le chapitre 6 présentera des recommandations face à leur problème d'envahissement, et ce, en fonction de la densité actuelle de phragmites exotiques présents ainsi que l'abondance et la diversité de la faune et de la flore avoisinant le site envahi.

Afin de bien visualiser le potentiel d'envahissement du phragmite exotique sur l'environnement de la rivière des mille Îles, la figure 4.4 illustre cette région ainsi que les nombreux milieux humides qu'elle comprend. Tout d'abord, les zones vertes pâles sont des marécages et les zones vertes foncées sont des tourbières boisées. Alors que les zones roses sont des marais. (Beaulieu et autres, 2010)

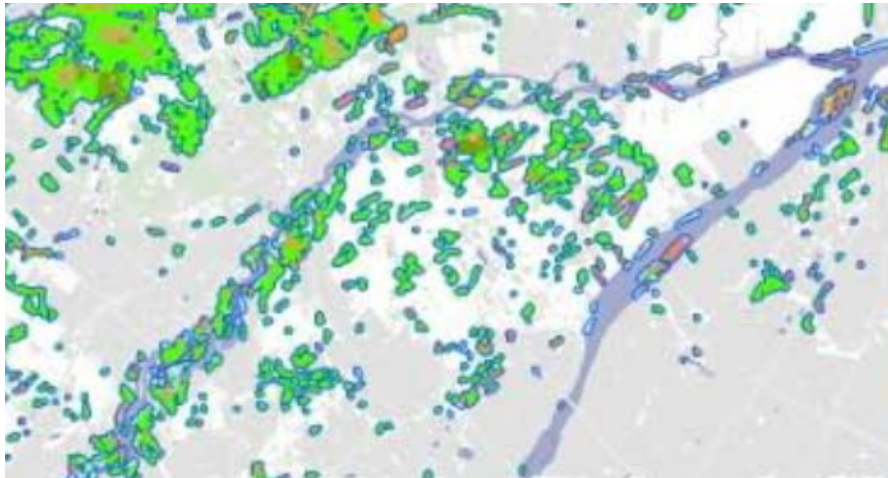


Figure 4.4 Carte représentant les nombreux milieux humides présents dans la région de Laval (Tiré de Beaulieu et autres, 2010)

Ainsi, il est possible de constater que la rivière des mille Îles est un endroit idéal pour le roseau exotique à coloniser puisqu’il lui permet d’accéder à de nombreux autres milieux humides via des routes importantes de la région tel que c’est le cas pour le marais Miller situé à Rosemère. De ce fait, plusieurs espèces floristiques et fauniques de la région pourraient faire face à ce problème d’envahissement.

4.3 Îles-de-Boucherville et fossé de la Ville de Boucherville

Les Îles-de-Boucherville sont situés au sein du fleuve Saint-Laurent entre la Ville de Montréal et la Rive-Sud de celle-ci. Au total, on compte cinq îles différentes dans le Parc national des Îles-de-Boucherville totalisant une superficie de 8,14 km². La figure 4.5 illustre la localisation géographique de ce parc national en plus d’illustrer les principales activités que l’on peut y pratiquer. (SEPAQ, 2015a)

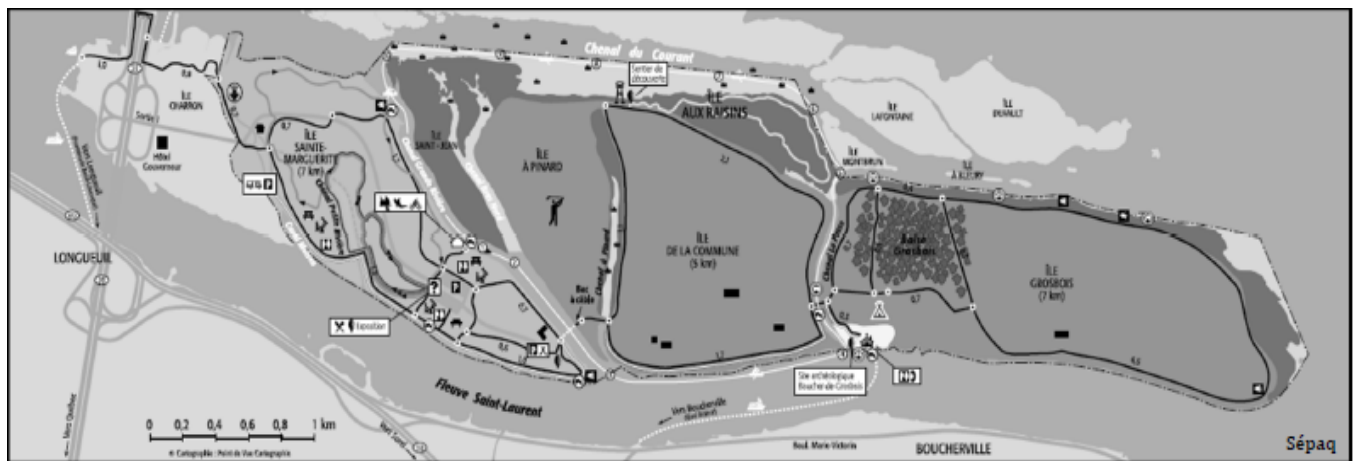


Figure 4.5 Carte illustrant les Îles-de-Boucherville situés au cœur du fleuve Saint-Laurent à la hauteur de la Ville de Longueuil et de Boucherville (Tiré de SEPAQ, s.d)

4.3.1 Espèces fauniques présentes dans la région des Îles-de-Boucherville

On retrouve dans les Îles-de-Boucherville plus de 55 espèces de poissons que l'on peut observer dans le fleuve Saint-Laurent au niveau de la MRC de Longueuil dont plusieurs sont d'intérêt pour la pêche sportive telles que la perchaude, la barbotte brune, l'achigan à petite bouche et à grande bouche, le grand brochet, le doré jaune et le doré noir ainsi que le maskinongé. En outre, plusieurs espèces possèdent toutefois un statut précaire comme c'est le cas de l'anguille d'Amérique, de l'alose savoureuse, le brochet vermiculé, le chevalier de rivière, l'esturgeon jaune, la fouille-roche grise, le dard de sable et le méné d'herbe. (Canards Illimités Canada, 2012b)

En outre, six espèces de reptiles ont aussi été observées sur les Îles-de-Boucherville telles que la tortue serpentine, la tortue peinte, la tortue géographique, la couleuvre rayée, la couleuvre d'eau ainsi que la couleuvre brune (SEPAQ, s.d). Tout comme il est possible d'observer six espèces d'amphibiens telles que le necture tacheté, le crapaud d'Amérique, la grenouille léopard, la grenouille verte, le ouaouaron et la rainette faux-grillon de l'Ouest (SEPAQ, s.d; Canards Illimités Canada, 2012b).

Sans compter les nombreuses espèces aviaires qu'il est possible d'observer dans la région des Îles-de-Boucherville comme c'est le cas de la paruline à couronne rousse, le bruant de Nelson, le bécasseau semi-palmé, le pluvier argenté, le canard noir, le grand et le petit fuligule, la maubèche des champs, le courlis corlieu ainsi que le busard St-Martin. Parmi les espèces aviaires en péril notons le garrot d'Islande, le grèbe esclavon, le pygargue à tête blanche, l'aigle royal, le faucon pèlerin, la sterne caspienne, le hibou des marais, le troglodyte à bec court, le Petit Blongios, la grive de Bicknell, l'engoulevant d'Amérique ainsi que le martinet ramoneur. (SEPAQ, s.d) Au total, c'est plus de 240 espèces aviaires que l'on peut y observer. En fait, le fleuve Saint-Laurent à la hauteur de la MRC de Longueuil possède deux aires de concentration d'oiseaux aquatiques qui incluent plusieurs espèces de canards plongeurs et barboteurs en plus des oies ainsi que des bernaches. (Canards Illimités Canada, 2012b)

En plus, il est possible d'observer sur les Îles-de-Boucherville plus de 20 espèces de mammifères telles que le Castor du Canada, le cerf de Virginie, l'écureuil gris, le renard roux, la moufette rayée, le raton laveur, le vison d'Amérique, le rat musqué ainsi que le campagnol des champs. Malgré tout quatre de ces espèces possèdent un statut en péril telles que la chauve-souris argentée, la chauve-souris cendrée, la chauve-souris rousse et finalement, la pipistrelle de l'Est. (SEPAQ, s.d)

Ainsi, les Îles-de-Boucherville représentent un écosystème riche en biodiversité qu'il est important de protéger, d'où la création de ce parc national. Toutefois, cette riche biodiversité pourrait être affectée négativement par l'arrivée massive du phragmite exotique au sein des Îles-de-Boucherville.

4.3.2 Étalement urbain près des Îles-de-Boucherville

Le parc national des Îles-de-Boucherville est un site naturel protégé par la SEPAQ, c'est-à-dire que cette dernière promeut la sauvegarde « des milieux naturels représentatifs ou particuliers et des paysages d'une région », tout comme c'est le cas des Îles-de-Boucherville (SEPAQ, 2015b). En fait, en plus de posséder des milieux naturels de grandes importances avec une biodiversité riche, il est aussi possible d'y retrouver des espaces verts, des chenaux en plus de sentiers tout près du fleuve Saint-Laurent (SEPAQ, 2015a).

De plus, des activités anthropiques telles que le golf et le camping sont aussi pratiquées dans ce parc national et anciennement, l'agriculture y était aussi possible. Ainsi, les Îles-de-Boucherville abritent un milieu humide subissant de fortes pressions anthropiques, ce qui engendre donc des conditions d'invasion optimales pour le phragmite exotique puisque la terre y subit divers changements. (Canards Illimités Canada, 2012b) En fait, depuis les années 1980, la superficie des colonies de la graminée augmente d'environ 18 % chaque année au sein des Îles-de-Boucherville. Ainsi, ce parc national de la SEPAQ est connu comme étant la plus vaste roselière du Québec en plus de représenter un site naturel protégé. (Brillant et du Montier, 2010)

De ce fait, l'étalement urbain et les activités touristiques à proximité des Îles-de-Boucherville favorisent l'arrivée du phragmite exotique au sein de celui-ci en raison du déboisement et du piétinement occasionné par ceux-ci.

4.3.3 Aspects des colonies de phragmites exotiques présentes à Boucherville

Aux Îles-de-Boucherville, on retrouve une grande quantité de phragmites exotiques le long du fleuve Saint-Laurent en plus de le retrouver aux abords des sentiers de l'île Sainte-Marguerite ainsi que dans le chenal du Courant. D'ailleurs, c'est à cet endroit précis que l'on y remarque la plus vaste roselière au Québec. En outre, il est aussi possible de l'observer sur les îles de la Commune et Grosbois, malgré qu'à ces endroits la plante envahissante forme de plus petites populations en plus d'être présente dans les fossés agricoles. La superficie de ces colonies est estimée à environ 1 à 50 m² avec une densité d'environ 5 à 20 tiges/m² alors que le reste des colonies sur les îles seront estimées à une superficie de plus d'un hectare et d'une densité de plus de 50 tiges/m². Tel que mentionné plus haut, les sites perturbés représentent un site optimal pour la propagation du roseau exotique. C'est pourquoi les anciennes terres agricoles des Îles-de-Boucherville sont autant envahies par la graminée. (Rivard et Karathanos, 2013)

Présentement, des études ont lieu sur ces parcelles de terres autrefois utilisées pour l'agriculture afin d'y contrôler les populations de roseaux exotiques qui s'y retrouvent. En fait, les chercheurs du Groupe Phragmites procèdent à des expérimentations à ces endroits pour vérifier laquelle des techniques existantes est la plus efficace pour les 254 hectares de terres agricoles à l'étude qui sont envahies par le

phragmite exotique. C'est d'ailleurs étant donné sa grande vulnérabilité face à l'invasion du roseau exotique ainsi que la grande biodiversité que les Îles-de-Boucherville abritent que la chaire de recherche Groupe Phragmites a débuté des expérimentations sur ce territoire. (Groupe Phragmites, 2014; Brillant et du Montier, 2010)

À ce jour, l'ensemencement d'herbacées à grande échelle, la plantation périphérique aux fossés, la coupe répétée aux trois semaines, l'excavation ainsi que le bâchage représentent toutes des techniques qui sont présentement utilisées par le groupe de recherche sur les parcelles de terres agricoles dans les Îles-de-Boucherville. Toutefois, les résultats ne semblent pas concluants pour l'ensemble des techniques utilisées. (Groupe Phragmites, 2014) Bien entendu, il est encore trop tôt pour déterminer le réel potentiel des techniques qu'ils ont été utilisés. C'est pourquoi au cours du chapitre 6, des recommandations seront soumises en fonction de la superficie estimée des colonies de phragmites exotiques ainsi que de la richesse et de l'abondance de la faune présente dans ce parc national.

Afin de bien visualiser le potentiel d'invasion du phragmite exotique sur l'environnement des Îles-de-Boucherville, la figure 4.6 illustre cette région ainsi que les nombreux milieux humides qu'elle comprend. Tout d'abord, les zones vertes pâles sont des marécages et les zones vertes foncées sont des tourbières boisées. Alors que les zones roses sont des marais et les zones mauves des milieux humides potentiels. (Belvisi et Beaulieu, 2008)

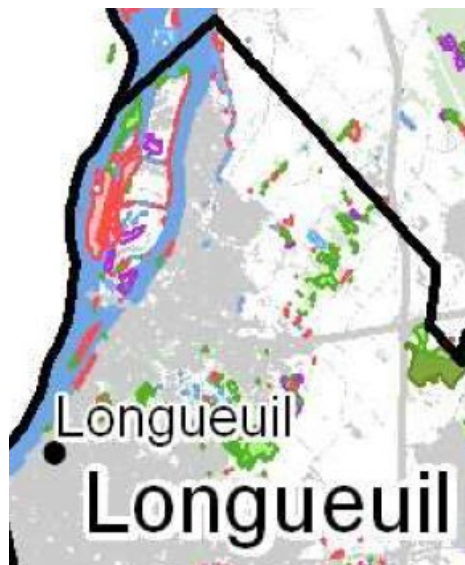


Figure 4.6 Carte représentant les nombreux milieux humides présents dans la région des Îles-de-Boucherville (Tiré de Beaulieu et autres, 2010)

Ainsi, il est possible de constater que les Îles-de-Boucherville sont un endroit idéal pour le roseau exotique à coloniser puisqu'il lui permet d'accéder à de nombreux autres milieux humides via des routes

importantes de la région. De ce fait, plusieurs espèces floristiques et fauniques de la région pourraient faire face à ce problème d'invasion.

5. MÉTHODE DE CONTRÔLE DU PHRAGMITE ET LEURS EFFETS SUR LE MILIEU DONNÉ

Face à la problématique que représente l'invasion du roseau exotique dans les paysages québécois, plusieurs tests ont été effectués quant à savoir qu'elle est la technique la plus efficace pour contrôler les populations de cette plante envahissante redoutable. Le Groupe de recherche Phragmites est composé de chercheurs universitaires qui dédie leurs recherches à comprendre le cycle de vie du roseau exotique afin de pouvoir développer une solution efficace pour limiter sa propagation sur les bords de routes ainsi que des milieux humides. (Boivin et autres, 2014a)

Actuellement, onze techniques potentielles de contrôle ont été développées. Il est possible de diviser ces techniques selon cinq approches différentes, soit l'approche mécanique, physique, chimique, hydrologique et finalement, biologique. (Karathanos, 2014) Ce présent chapitre se veut un aperçu des divers points positifs et négatifs que représente chacune de ces techniques en plus d'une brève description de leur fonctionnement. De plus, chacune des techniques sera présentée avec des suggestions de méthodes qui pourraient être utilisées de paires avec celles présentées afin d'optimiser davantage les résultats escomptés. L'ensemble de ce chapitre est inspiré des recherches effectuées par Karathanos (2014).

5.1 Approches mécaniques

L'une des approches existantes concernant le contrôle du phragmite exotique représente l'approche mécanique, c'est-à-dire l'ensemble des techniques nécessitant une intervention humaine avec de la machinerie. On retrouve au total trois méthodes de contrôle différentes au sein de cette catégorie, soit la fauche, l'extraction manuelle ainsi que l'excavation mécanique.

5.1.1 Fauche

Tout d'abord, la première technique représente la fauche ou en d'autres mots, la coupe des individus de phragmites exotiques. Cette méthode vise deux objectifs distincts soit à ralentir l'expansion végétative et la production de semences, c'est-à-dire à confiner les populations de la plante envahissante ou bien à épuiser les ressources souterraines, soit à affaiblir les colonies du phragmite exotique.

L'un des principaux avantages est sans contre dit les faibles coûts qui lui sont associés. En effet, la fauche nécessite un matériel de base qui est facile à se procurer tel que des sécateurs, des cisailles, des faux, des débroussailleuses ainsi que de la machinerie plus spécialisée. Bien entendu, l'équipement est choisi en fonction de la densité et de la superficie de la colonie de phragmites exotiques à contrôler. Ainsi, le sécateur sera davantage utilisé pour une faible superficie et densité de plantes envahissantes alors que les

cisailles sont utilisées pour une densité allant de faible à élevé, tout en ayant une faible superficie. Dans le cas de colonies plus importantes, la faux peut se révéler être un outil efficace si la superficie à couvrir n'est pas trop élevée et que la densité est élevée. Alors que la machinerie est utilisée lorsque la densité de population du roseau exotique et sa superficie sont trop grandes pour être effectué manuellement. Il est à noter qu'il est probable que plusieurs fauches soient nécessaires plusieurs années de suite afin de bien contrôler la population traitée. En fait, seule une jeune colonie de faibles superficies pourrait être contrôlée à l'aide de la technique de la fauche.

De plus, aucune expertise n'est nécessaire pour effectuer la technique de la fauche, ce qui engendre donc moins de coûts reliés au déploiement de personnels spécialisés ou bien aux formations préalables requises.

La fauche possède aussi une grande acceptabilité sociale auprès de la population. De ce fait, la municipalité ayant recours à ce type de méthode de contrôle ne devrait pas avoir de difficulté à exécuter ces travaux sans que des citoyens mécontents ne viennent se plaindre. (Boivin et autres, 2014a)

L'utilisation de la fauche permet d'affaiblir et de confiner les colonies de roseaux exotiques, ce qui permet tout de même de contrôler la plante envahissante pour un temps limité. Dès la première fauche, il devrait être possible de voir une différence quant à la taille, le diamètre et la biomasse aérienne des tiges de la graminée. Afin d'optimiser le taux de succès de la méthode de contrôle, la fauche devrait être effectuée avant la floraison de la plante. En effet, cela permettrait d'éviter la production de graines de la graminée en plus de limiter leur propagation dans la nature.

En effet, il semblerait que dans le cas contraire, la plante envahissante peut reprendre sa dominance dès la deuxième ou la troisième année suivant la première fauche de sa colonie. Bien entendu pour optimiser l'efficacité de la fauche, il est important en plus de pratiquer plusieurs fauches par année ou bien par saison, de préalablement déterminer la vigueur de la colonie problématique, la superficie envahit par celle-ci et la densité estimée des individus compris dans la colonie. Ces trois facteurs permettent de mieux cerner la fréquence à laquelle la fauche devrait être effectuée pour contrôler efficacement la colonie de phragmites exotiques. (Boivin et autres, 2014b)

D'un autre côté, la fauche utilisée seule comme méthode de contrôle n'est pas très efficace. Afin d'optimiser ses résultats, il est toutefois recommandé de combiner cette technique à une seconde telle que l'utilisation d'herbicide puisqu'ensemble, ils augmentent le niveau de stress de la graminée en plus d'extraire la biomasse aérienne et d'exposer les tiges vivantes à l'herbicide employé. (Boivin et autres, 2014a)

Étant donné que la technique doit être répétée à plusieurs reprises pour être efficace, les coûts qui lui sont associés peuvent donc devenir élevés si la colonie problématique est difficile à contrôler. Ainsi, les coûts

peuvent représenter un autre désavantage de l'utilisation de la fauche. De plus, il est important de s'assurer d'enlever du site l'ensemble des résidus de la plante envahissante afin d'éviter les risques d'une nouvelle invasion. (Boivin et autres, 2014a)

Finalement, il est important de pratiquer la fauche durant la bonne période de l'année puisque dans le cas contraire, son utilisation aura été en vain. Ainsi, une fois de plus, les acteurs concernés voulant utiliser cette méthode de contrôle doivent s'assurer que la période de l'année est optimale pour la coupe de la colonie de roseaux exotiques, soit avant la production de ses graines afin d'éviter de les répandre davantage sur les terres avoisinantes de la zone envahit présentement par l'espèce invasive. (Boivin et autres, 2014a)

5.1.2 Extraction manuelle

Par la suite, la deuxième technique de contrôle de l'approche mécanique représente l'extraction manuelle du phragmite exotique. Cette méthode vise deux objectifs distincts soit à enrayer ou à contrôler les jeunes colonies de roseaux exotiques, c'est-à-dire que les individus doivent être âgés de moins de deux ans pour ainsi avoir un réseau de rhizomes peu développés.

Tout comme la fauche, l'extraction manuelle ne coûte pas cher en équipement. La pelle ronde, la bêche, le pic ainsi que les gants sont les seuls matériaux nécessaires pour pratiquer cette technique. Ainsi, si la situation se prête bien à cette méthode de contrôle, c'est-à-dire que la colonie de phragmites exotiques possède une faible superficie et qu'elle est en bas âge, alors l'extraction manuelle représente un excellent choix pour contrôler cette colonie de plantes invasives.

Aussi, l'extraction manuelle représente un fort potentiel de réussite puisqu'elle vise à enlever l'ensemble de la biomasse de la plante invasive. Toutefois, si une partie de la biomasse de la graminée a été oubliée sur le lieu contaminé, alors il est possible que l'envahissement recommence de plus belle. (Boivin et autres, 2014a)

Par contre, cette technique perturbe le sol, ce qui peut donc contribuer à l'invasion de nouveaux individus dans le milieu contrôlé. Ainsi, il est important de prendre en compte la caractérisation du milieu envahi afin de déterminer si l'extraction manuelle est recommandée dans ce cas précis. De plus, il est important de s'assurer qu'une restauration végétale efficace soit effectuée sur le milieu contrôlé afin de réhabiliter le sol pour ne plus qu'il soit perturbé et de ce fait, prévenir les risques de nouvelles invasions.

De plus, l'extraction manuelle représente un travail manuel de grande envergure qui peut être réalisé si la superficie et la densité de la colonie de phragmites exotiques à contrôler le permettent. Ainsi, étant donné que celle-ci ne nécessite aucune machinerie lourde, la pratique de cette méthode peut donc s'avérer très ardue pour les personnes responsables du contrôle de la plante envahissante.

Finalement, les coûts pour la main d'œuvre peuvent s'avérer être élevés selon la superficie et la densité de la colonie de roseaux exotiques à contrôler. (Boivin et autres, 2014a)

5.1.3 Extraction mécanique

La dernière technique comprise dans les méthodes de contrôle de l'approche mécanique représente l'extraction mécanique des colonies de phragmites exotiques. Cette méthode est utilisée afin d'éradiquer les colonies bien implantées dans le milieu envahi.

En effet, cette méthode vise à l'aide de machinerie lourde à enlever toute la biomasse de la plante envahissante du milieu envahi, et ce, peu importe sa densité de population et sa superficie. De ce fait, si les travaux sont effectués correctement et qu'aucun résidu de la plante invasive n'est oublié sur les lieux, le milieu sera désormais exempt de celle-ci. Afin de prévenir son envahissement à nouveau, il est important de réhabiliter le milieu à l'aide de la plantation d'espèces végétales, et ce, dans les plus brefs délais. (Boivin et autres, 2014a)

L'extraction mécanique connaît aussi une bonne acceptabilité sociale puisqu'aucune réticence de la part des résidents à proximité de la colonie envahissante ne devrait se faire ressentir. (Boivin et autres, 2014a)

Toutefois, l'extraction mécanique comporte des coûts élevés dus à l'expertise requise par un professionnel et à la location de la machinerie lourde. En effet, les coûts peuvent facilement varier entre 200 et 850 \$ par jour de travail de l'opérateur. Ainsi, plus une population de phragmites exotiques est âgée et bien implantée, plus les travaux devront s'échelonner sur plusieurs jours et le coût associé sera élevé. (Boivin et autres, 2014a)

De plus, comme c'était le cas pour l'extraction manuelle, l'extraction mécanique perturbe le sol. D'autant plus que l'utilisation de machineries lourdes est davantage un facteur de perturbation pour le sol, ce qui peut donc contribuer à l'invasion de nouveaux individus dans le milieu contrôlé. C'est pourquoi il est important de s'assurer qu'une restauration végétale efficace ait été effectuée sur le milieu traité afin de réhabiliter le sol pour ne plus qu'il soit perturbé.

5.2 Approches physiques

La seconde approche possible pour le contrôle du phragmite exotique regroupe les techniques physiques, c'est-à-dire les méthodes nécessitant l'intervention humaine sur la plante, et ce, sans l'aide de machineries lourdes. On retrouve au total trois méthodes de contrôle différentes au sein de cette catégorie, soit le discage, le bâchage et le brûlage.

5.2.1 Discage

La première technique comprise dans les méthodes de contrôle de l'approche physique représente le discage des rhizomes de phragmites exotiques. Cette méthode est utilisée afin de limiter la progression de l'envahissement de la graminée puisqu'elle vise à épuiser ses rhizomes. Elle est habituellement utilisée en tant que technique complémentaire à l'utilisation d'herbicide, ce qui permet d'obtenir de meilleurs résultats pour la maîtrise du phragmite exotique.

En effet, des études ont démontré qu'à la suite de la première année d'utilisation, le discage montre une maîtrise de seulement 40 % des colonies de roseaux exotiques pour ensuite chuter à 10 % au bout de la troisième année de contrôle. En plus de posséder un faible pourcentage de maîtrise de la plante invasive, le discage semble aussi augmenter la densité des tiges par mètre carré en plus du taux de floraison de la graminée. Toutefois, afin d'augmenter son efficacité, celle-ci doit être effectuée à l'été, soit lorsque la plante envahissante est en pleine croissance puisque cette période de l'année ne serait pas favorable à la survie des rhizomes. En effet, les fragments de rhizomes coupés à l'automne possèdent un taux de survie d'environ 15,6 % alors que celui des fragments de rhizomes coupés à l'été atteint 71,1 %.

5.2.2 Bâchage

La deuxième technique comprise dans les méthodes de contrôle de l'approche physique représente le bâchage des colonies de roseaux exotiques. Cette méthode est utilisée afin d'épuiser le système racinaire de la plante envahissante en le privant de lumière ainsi que d'espace pour sa croissance, et ce, grâce à l'installation d'une toile de géomembrane sombre par-dessus la colonie coupée au préalable.

Cette technique permet donc d'éradiquer les colonies de phragmites exotiques présentes sur le site traité. Toutefois, afin que le potentiel de cette technique soit optimisé, une toile de haute qualité doit être utilisée pour le bâchage. Des toiles de géotextiles telles que Texel Géoroute Géo-9, Texel Géoroute Type 2 ainsi qu'une géomembrane Texel SF-820 représentent des choix optimaux. De plus, celle-ci doit être conservée en place pour une durée d'environ deux à trois ans selon les besoins en plus de vérifier occasionnellement qu'aucune usure n'apparaît sur la toile. Il est recommandé d'apposer la toile sur la colonie durant l'automne lorsque la graminée commence à s'affaïsser, ce qui limitera donc son retour pour l'année suivante. (Boivin et autres, 2014b)

De plus, l'acceptabilité sociale reliée à l'utilisation du bâchage est bonne à la suite d'explication sur ses objectifs et son fonctionnement, ce qui représente donc un avantage à son utilisation. (Boivin et autres, 2014b).

Finalement, si la restauration végétale est pratiquée conjointement avec le bâchage, cela permettra de limiter l'arrivée du roseau exotique dans le milieu traité en plus de redonner au paysage son portrait initial.

Ainsi, de nombreux effets bénéfiques pourront être découlés à la suite de cette plantation tant du niveau floristique que faunique. (Boivin et autres, 2014b)

Par contre, étant donné que le bâchage est effectué sur une zone entièrement colonisée par le phragmite exotique, et ce, durant plusieurs années, cette technique de contrôle élimine donc toutes autres espèces végétales désirant croître dans le périmètre traité. Ainsi, le bâchage est une méthode de contrôle dite non sélective puisqu'il empêche aussi les autres espèces végétales de croître en les privant de lumière et d'espace, ce qui mène donc à un sol nu lorsque la toile est retirée du milieu traité. Ainsi, cet aspect représente un désavantage notable pour le bâchage. (Boivin et autres, 2014b)

De plus, le bâchage entraîne des coûts très élevés étant donné tous les matériaux qu'ils nécessitent tels que des sécateurs, des fauches, des cisailles, des faux, des débroussailleuses ou de la machinerie plus spécialisée en plus d'une toile de bonne qualité qui permet de recouvrir l'ensemble du site traité et des semences de végétation au besoin. (Boivin et autres, 2014b)

Finalement, le bâchage peut occasionner des impacts importants à moyen terme sur la faune qui vit à proximité du site traité en plus d'affecter les micro-organismes. Il est donc important de prendre en compte l'abondance et la richesse de la faune existante dans ce milieu lors du choix de la technique à préconiser afin de contrôler les colonies de roseaux exotiques présentes, tout en évitant de nuire à la faune. (Boivin et autres, 2014b)

5.2.3 Brûlage

La troisième technique comprise dans les méthodes de contrôle de l'approche physique représente le brûlage des colonies de roseaux exotiques. Cette méthode est utilisée afin de détruire la totalité de la biomasse aérienne et de la litière accumulée au sol par l'espèce envahissante.

Étant donné que le brûlage permet de libérer le sol de la litière accumulée par le phragmite exotique et qu'il enlève l'ensemble de la biomasse aérienne présente, celui-ci permet donc de favoriser l'arrivée d'espèces indigènes à court terme. Cet établissement de plantes indigènes est possible puisque le brûlage permet d'augmenter la quantité de lumière et de nutriments disponible pour celles-ci, ce qui représente donc un avantage majeur du brûlage pour son utilisation.

Par contre, si le brûlage est utilisé seul comme technique de contrôle des colonies de phragmites exotiques, celui-ci peut entraîner une augmentation de la densité des colonies de la plante envahissante puisqu'elle bénéficiera, elle aussi, de l'abondance des ressources présentes et que son système racinaire sera toujours présent dans le sol. En effet, cette méthode est davantage efficace si elle est utilisée en parallèle avec une seconde technique. L'ensemble des méthodes existantes peut être pratiqué en combinaison avec le brûlage puisqu'il vise l'élimination des résidus de la plante invasive.

Le brûlage cause aussi la libération de gaz nocif pour l'environnement et ne représente donc pas une technique écologique pour contrôler les colonies de roseaux exotiques, ce qui correspond ainsi à un désavantage notable de son utilisation.

5.3 Approches chimiques

Une troisième approche possible pour le contrôle du phragmite exotique représente les méthodes chimiques, soit les techniques qui permettent de modifier la composition d'une ou de plusieurs molécules de la plante traitée. On retrouve au total une seule méthode de contrôle au sein de cette catégorie, soit l'utilisation d'herbicide.

5.3.1 Herbicide

L'utilisation de l'herbicide est utilisée afin de provoquer la mort du roseau exotique à la suite de l'application d'ingrédients actifs sur son feuillage. Cette application aura ensuite comme effet d'être transportée à travers la sève de la graminée pour ainsi atteindre son système racinaire et provoquer son décès éventuellement grâce à l'inhibition de la synthèse de ses acides aminés. Pour ce qui est du phragmite exotique, deux principaux ingrédients actifs sont habituellement utilisés, soit le glyphosate et l'imazapyr.

L'utilisation d'herbicide permet de diminuer la superficie des colonies de phragmites exotiques de plus de 90 % dès la première année. Ainsi, cette méthode est permanente puisqu'elle s'attaque directement aux composantes de la plante traitée. Toutefois, afin d'augmenter le potentiel de contrôle de l'herbicide, il est recommandé d'effectuer des traitements de suivi selon la densité et la superficie de la colonie invasive. De plus, le moment de l'année le plus opportun pour l'application de l'herbicide serait à l'automne puisqu'à ce moment précis de l'année, la graminée se prépare pour sa dormance en hiver. Cette préparation à la dormance va permettre le transfert des énergies de la plante vers ses rhizomes, ce qui permettra ainsi aux ingrédients actifs de se rendre au système racinaire pour alors affaiblir le phragmite exotique. Afin d'accentuer l'efficacité de l'herbicide en plus de limiter ces conséquences sur l'environnement, il est possible de l'appliquer par badigeonnement au lieu de la pulvérisation.

Toutefois, l'utilisation d'herbicide représente des coûts élevés qui peuvent être engendrés pour son suivi ainsi que le matériel nécessaire à son utilisation tel qu'une tasse à mesurer, une tige pour brasser, du savon, un pulvérisateur, une trousse de nettoyage, etc. Bien entendu, plus la colonie à contrôler est densifiée et occupe une grande superficie, plus le montant d'argent à déboursé sera élevé. De plus, le montant à déboursé devrait chuter au cours des années suivantes de suivi puisque la colonie sera de plus en plus contrôlée.

De plus, les deux ingrédients actifs qui sont utilisés ne sont pas sélectifs, c'est-à-dire que leurs effets se feront aussi ressentir sur la flore présente à proximité de la colonie de phragmites exotiques à traiter. Ainsi, l'utilisation d'herbicide peut nuire à l'établissement et à la survie de la flore avoisinante. Il semblerait que l'imazapyr aurait toutefois des conséquences plus importantes sur les espèces indigènes avoisinantes comparativement au glyphosate. Il est prohibé d'appliquer l'herbicide en bordure d'un plan d'eau puisqu'il contient des ingrédients actifs potentiellement dangereux pour l'environnement. Par contre, si le badigeonnage est pratiqué au lieu de la pulvérisation, les effets sur les espèces avoisinantes devraient être évités puisque celui-ci vise à traiter un roseau exotique à la fois plutôt qu'un ensemble d'individus. Bien entendu, le badigeonnage ne peut pas être pratiqué sur des colonies ayant une superficie et une densité trop élevée contrairement à la pulvérisation.

Aussi, l'utilisation d'herbicide possède généralement une mauvaise acceptation sociale de la part des citoyens étant donné sa nature chimique et ses possibles impacts sur la santé humaine. Ainsi, il est important de prendre le temps d'expliquer à la population les raisons pour lesquelles le traitement à l'herbicide a été favorisé comparativement à tous les autres traitements existants.

Parmi les méthodes de contrôle les plus souvent utilisées, l'application massive d'herbicides suivie du brûlage représente une technique optimale face à une colonie de phragmites exotiques qui possède une grande densité. En effet, ces deux méthodes combinées permettent donc de s'attaquer ou de tuer la plante invasive afin de réduire la superficie totale de la colonie à traiter en plus de se débarrasser des résidus de la graminée morte. L'enlèvement de cette litière permettra ainsi de favoriser l'arrivée d'espèces indigènes au sein de la superficie autrefois envahie par le roseau exotique puisque le taux de luminosité y sera maintenant plus élevé. Toutefois, tout comme les autres traitements, il est fondamental d'effectuer un suivi auprès des colonies de roseaux exotiques afin de vérifier le taux de survie de l'espèce et d'ajuster le traitement à la suite des constatations sur le terrain.

Une autre combinaison de méthode courante représente le fauchage suivi de l'application de l'herbicide. Effectivement, il semblerait qu'à la suite de trois années de traitement consécutives, la colonie de roseaux exotiques pourrait chuter drastiquement, soit d'environ 93 à 100 % si la colonie possède une faible densité. Un suivi est aussi recommandé afin de vérifier si l'efficacité du traitement est toujours aussi élevée d'année en année. Le principal avantage de cette méthode réside dans le fait que le fauchage permet de réduire la densité de la biomasse de phragmites exotiques présents dans le milieu, ce qui optimise davantage l'uniformité de l'application de l'herbicide utilisé. Il est par contre recommandé d'effectuer la fauche à l'automne puisque la graminée se prépare à la dormance et d'appliquer l'herbicide seulement au printemps lorsque celle-ci commence sa reproduction.

Certains tests démontrent aussi qu'il est possible d'inverser les deux traitements afin de contrôler les colonies de roseaux exotiques, c'est-à-dire de commencer par l'application de l'herbicide pour ensuite faucher l'ensemble de la biomasse présente sur le milieu traité environ deux semaines plus tard. Cette séquence de fonctionnement permettra d'éliminer la litière accumulée au sol en plus de la biomasse morte de la graminée. Les avantages principaux résultants de cette séquence seront une quantité plus élevée de lumière pour la flore indigène en plus de plus de grands espaces disponibles.

Des études ont démontré que la pratique du discage avant et après l'application de l'herbicide permettait le contrôle de la colonie de roseaux exotiques, et ce, à un taux semblable à celui de l'utilisation de la fauche comme méthode de contrôle. L'évaluation de ces coûts et de sa performance sont toutefois à comparer avec les autres traitements afin de s'assurer que cette combinaison de traitement soit la plus efficace pour la colonie à traiter.

5.4 Approches hydrologiques

Une quatrième approche est possible pour le contrôle du roseau exotique, soit l'approche hydrologique. Celle-ci vise à maîtriser la colonie de la plante envahissante grâce à l'utilisation du cycle de l'eau. On retrouve au total une seule méthode de contrôle au sein de cette catégorie, soit l'inondation.

5.4.1 Inondation

L'inondation est utilisée afin de contrôler les colonies de roseaux exotiques puisque ce dernier peut se reproduire dans de telles situations seulement par voie végétative. Cette technique ne peut être utilisée que lorsque la colonie est située en milieu littoral.

Cette méthode de contrôle possède un bon taux d'efficacité si celle-ci est bien utilisée. Effectivement, des études ont démontré qu'une inondation continue de plus de 50 cm de hauteur, et ce, durant plus de 100 jours permettait un réel ralentissement dans la propagation de l'espèce invasive. Toutefois, il est important de s'assurer que les périodes de bas niveau d'eau ne soient pas suffisantes pour permettre la propagation de l'espèce par voie sexuée.

Toutefois, le principal désavantage de l'inondation correspond à sa complexité d'exécution puisqu'il faut influencer le cycle normal de l'eau, ce qui peut être très difficile à contrôler.

Parmi les méthodes de contrôle les plus étudiées, la combinaison de la technique de la fauche à la fin de l'été suivie d'une période d'inondation de la colonie de roseaux exotiques, et ce, durant une période de quatre semaines au minimum est une alternative à ne pas négliger. La combinaison de ces deux méthodes dans cet ordre d'exécution permet d'exposer davantage les tiges de chacun des individus à l'inondation et par le fait même d'enlever une grande partie de la biomasse aérienne de la plante envahissante, ce qui accentue donc l'efficacité de l'inondation.

Il est possible de combiner l'excavation de l'ensemble de la biomasse de la graminée avec son inondation durant un certain moment. Cette combinaison de technique permettrait d'augmenter davantage le niveau d'efficacité de l'inondation sur la plante invasive. Entre autres, leur combinaison permettrait de pouvoir rétablir les régimes de marées quotidiens.

5.5 Approches biologiques

Une cinquième approche est possible pour le contrôle du roseau exotique, soit l'approche biologique. Celle-ci vise à maîtriser la colonie de la plante envahissante grâce à l'utilisation d'êtres vivants. On retrouve principalement trois méthodes de contrôle au sein de cette catégorie, soit la lutte biologique, le broutage par de larges herbivores ainsi que l'ensemencement d'espèces végétales compétitrices.

5.5.1 Lutte biologique

La lutte biologique est utilisée afin de contrôler les colonies de roseaux exotiques à partir d'organismes vivants antagonistes de cette graminée.

Le taux d'efficacité de certaines espèces herbivores à réduire la superficie des colonies de roseaux exotiques représente un avantage notable de cette technique de contrôle. Effectivement, des études ont révélé qu'*Archanara geminipuncta*, une espèce de lépidoptères, avait contribué à diminuer la biomasse des tiges de la plante envahissante de 21,5 à 64,5 %. C'est en fait à la suite du dépôt de ses larves au sein des tiges que l'espèce a réussi à réduire l'abondance de la graminée. Toutefois, la spécificité du lépidoptère quant au génotype exotique reste toujours à confirmer afin de s'assurer de son réel potentiel comme méthode de contrôle du phragmite exotique.

Par contre, les espèces herbivores existantes et connues à ce jour pouvant se nourrir de la graminée exotique s'attaquent aussi à l'espèce indigène. En effet, parmi les espèces étudiées plus spécifiquement, il semblerait qu'aucune d'entre elles ne soit suffisamment spécifique pour contrôler uniquement le roseau exotique et non celui indigène. Au total, il est estimé que plus de 170 espèces d'insectes herbivores existantes en Europe s'alimentent du phragmite et que seulement vingt et une d'entre elles se retrouvent actuellement en Amérique du Nord à la suite d'une introduction accidentelle. À ce jour, seulement cinq d'entre elles ont été soumises à des expérimentations soit la *Lipara similis*, la *Lipara rufitaris*, l'*Hyalopterus pruni* (un puceron exotique), le *Rhizedra lutosa* (un lépidoptère exotique) et le *Poanes Viator* (un lépidoptère indigène). Il est donc important de continuer la recherche sur les espèces qui pourraient potentiellement se nourrir uniquement de la graminée exotique.

De plus, la lutte biologique peut être coûteuse comme méthode de contrôle puisqu'elle nécessite l'acquisition d'organismes vivants parfois exotiques ou difficiles à se procurer. Ainsi, le coût de son opération varie en fonction de l'espèce recherchée. (Association Jardin et Écotourisme, 2012)

L'utilisation de la lutte biologique à titre de technique de contrôle comporte aussi des risques d'invasions d'espèces exotiques qui ne sont habituellement pas présentes dans le lieu traité. De ce fait, si la lutte biologique est utilisée afin de maîtriser les colonies de roseaux exotiques, il serait important de s'assurer au départ que l'espèce choisit soit de nature indigène dans le milieu traité et non exotique. (Association Jardin et Écotourisme, 2012)

Aussi, la lutte biologique nécessite une grande expertise de par la connaissance de ses effets négatifs potentiels sur l'environnement en plus de son mode opératoire difficile étant donné qu'il faut s'assurer que l'espèce choisit aura suffisamment de nourritures dans l'endroit à traiter et que celle-ci aura atteint le développement nécessaire au même moment que l'espèce à maîtriser. Ainsi, il est important de bien connaître le prédateur introduit en plus de la proie à contrôler afin de procéder correctement au contrôle du phragmite exotique par la lutte biologique. (Association Jardin et Écotourisme, 2012)

5.5.2 Broutage par de larges herbivores

Le broutage est utilisé afin de réduire la biomasse du phragmite exotique, et ce, à partir de grands mammifères herbivores. Cette technique possède un bon taux de réussite, ce qui lui confère un avantage notable. En fait, des études ont démontré que la superficie de la plante invasive pouvait passer de 60 à 4,5 % sur une période de huit ans à l'aide de cette technique de contrôle. Bien entendu, plusieurs paramètres font varier ce pourcentage d'efficacité tels que les conditions du milieu envahit, le moment de l'année où le broutage est effectué, la quantité d'herbivores présents sur le site ainsi que les espèces utilisées pour le broutage. L'aménagement de plantes indigènes à proximité qui ne sont pas consommées par les herbivores utilisés permet aussi d'augmenter l'efficacité du contrôle de la graminée puisque dans une telle situation, ses colonies seront limitées dans leur propagation à cause de leur demande élevée en nutriments pour leur propre croissance en plus de leur compétitivité avec d'autres espèces végétales. Par exemple, une expérience dans le sud des États-Unis a démontré que la plantation de sureau noir peut être effectuée en parallèle avec le broutage des colonies de phragmites exotiques par des chevaux puisque ceux-ci ne nourrissent pas de la première espèce végétale.

De plus, l'utilisation du broutage par de larges herbivores représente de faibles coûts. En effet, l'utilisation d'animaux pour se nourrir de la biomasse de roseaux exotiques permet de réduire les coûts déboursés par l'éleveur pour nourrir ses propres animaux. Il semblerait qu'aucune espèce d'herbivore ne soit favorisée dans la littérature pour brouter le phragmite exotique. De plus, aucun matériel n'est nécessaire pour l'utilisation de cette technique à moins que les responsables du contrôle de la graminée désirent combiner cette méthode à une seconde afin d'optimiser davantage les résultats escomptés. La combinaison de deux techniques différentes est toutefois conseillée pour éradiquer la plante envahissante. L'utilisation

d'herbicide et de la technique d'inondation sont favorisées en parallèle avec le broutage par de larges herbivores.

Toutefois, cette technique est pertinente seulement lorsque la graminée est jeune, c'est-à-dire que sa tige possède une teneur en protéines brutes faible alors que celle dans ses feuilles est élevée. En effet, c'est à cette étape du cycle de vie de la graminée que sa tige aura une meilleure digestibilité pour les herbivores. Ainsi pour utiliser cette méthode de contrôle, les colonies de roseaux exotiques doivent être traitées dès le début de leur envahissement afin que celles-ci puissent être de bonne qualité pour les animaux qui s'en alimentent. D'ailleurs, il semblerait que les tiges de phragmites exotiques à ce moment précis soient d'aussi bonne qualité que la paille de blé et le foin puisqu'elles procurent aux herbivores de l'énergie métabolisable, des minéraux, des fibres en plus des protéines.

Aussi, le broutage des colonies de roseaux exotiques par de grands herbivores a comme conséquence d'augmenter la quantité d'azote et de phosphore présente dans l'eau en plus de diminuer la quantité de phosphore soluble dans le sol.

5.5.3 Ensemencement d'espèces végétales compétitrices

L'ensemencement d'espèces végétales compétitrices est utilisé afin de limiter la croissance du phragmite exotique par la réduction de la quantité de lumière qui atteint le sol. En effet, cette technique permet de limiter la reproduction sexuée du roseau exotique puisque la plantation d'espèces végétales compétitrices à proximité de la graminée aura comme impact d'empêcher cette dernière d'avoir suffisamment de nutriments afin de produire ses graines dans le milieu traité. De plus, il est recommandé d'effectuer la plantation le plus tôt possible dans l'année, soit entre le mois d'avril et la fin mai, afin que les nouvelles espèces végétales implantées puissent croître suffisamment avant que les plants du phragmite exotique débutent leur croissance. Bien entendu, des espèces végétales ayant une croissance rapide et une grande taille sont à privilégier pour accentuer davantage les effets sur la plante envahissante puisque la graminée est intolérante à l'ombre. (Boivin et autres, 2014b)

Les faibles coûts encourus par la pratique de cette technique représentent aussi un avantage à son utilisation. En effet, mis à part les plants à se procurer dans une pépinière, cette méthode nécessite seulement des pelles, du terreau, des cisailles, des arrosoirs ainsi qu'une brouette. Bien entendu, le prix total sera influencé par la quantité de plants nécessaires pour recouvrir la superficie à traiter en plus du choix des espèces désiré en pépinière. Il est recommandé d'avoir un mélange de semences avec plus de 50 % de plantes annuelles, 25 % de plantes interstitielles ainsi que 25 % de plantes clonales de taille élevée afin d'assurer une restauration efficace de la végétation. (Boivin et autres, 2014b)

Cette méthode favorise aussi la réhabilitation de la flore et de la faune dans le milieu perturbé par le roseau exotique, ce qui lui confère un avantage de taille. De plus, il est important de bien choisir les végétaux à ensemercer dans le site afin de s'assurer que ceux-ci sont adaptés à ces conditions. (Boivin et autres, 2014b)

Cette technique est optimale lorsque la colonie à traiter est isolée et qu'elle ne possède pas une grande superficie. Toutefois, il est possible de combiner cette technique à une seconde technique de contrôle puisque l'ensemencement d'espèces végétales compétitrices permettra d'accentuer le taux d'efficacité de la première méthode de contrôle utilisée en limitant la quantité de lumière disponible pour les pousses de phragmites exotiques à la suite de la coupe de leur biomasse. (Boivin et autres, 2014b)

Finalement, cette technique de contrôle nécessite aussi un suivi constant afin de s'assurer que l'espèce invasive a bel et bien été maîtrisée par les végétaux implantés dans le milieu perturbé, ce qui peut représenter un certain désavantage pour certains acteurs (Boivin et autres, 2014b).

6. ANALYSE MULTICRITÈRE

Dans le but d'orienter la prise de décision quant à la technique de contrôle optimale pour maîtriser une colonie de phragmites exotiques, une analyse multicritère doit être réalisée, et ce, pour chacun des trois cas à l'étude. Cette analyse permettra donc de déterminer laquelle des méthodes de contrôle convient le mieux pour un milieu humide envahi précis. Ainsi, il sera possible d'observer à l'aide de celle-ci quels seront les impacts des diverses techniques sur le milieu humide à l'étude, soit la rivière Châteauguay, le marais Miller et les Îles-de-Boucherville.

En fait, l'analyse multicritère permet de rassembler l'ensemble des données intéressantes en lien avec une recherche afin de faciliter la prise de décision. C'est à l'aide de quatre critères de chacune des trois sphères du développement durable (environnement, social et économie) et de leur note individuelle variant entre -2 et +2 (voir tableau 6.1) selon leur impact qu'il sera alors possible d'identifier la technique la plus optimale pour un milieu humide envahi donné. Un bilan sera aussi calculé pour chacune des trois dimensions du développement durable afin de visualiser davantage l'impact de la technique à analyser sur le milieu humide à l'étude.

Tableau 6.1 Grille d'évaluation des critères pour l'analyse multicritère

Note	Niveau de l'impact
-2	Impact très négatif
-1	Impact négatif
0	Impact neutre
+1	Impact positif
+2	Impact très positif

Chacun des trois milieux humides à l'étude prédéterminée au début de cet essai sera analysé à l'aide de deux tableaux différents. Le premier permettra de déterminer quelles techniques il est possible d'utiliser pour contrôler la colonie de phragmites exotiques à maîtriser. Alors que le second tableau, celui de l'analyse multicritère, permettra de déterminer laquelle des techniques présélectionnées représente le moins d'impact négatif sur le milieu humide en question selon les trois sphères du développement durable. Afin de pouvoir passer à l'analyse multicritère, l'ensemble des techniques devra répondre aux critères de la colonie à traiter, c'est-à-dire qu'elle devra être en mesure de s'appliquer pour une superficie, une densité et un milieu donné en plus d'un niveau de maturité donné. De ce fait, il est probable que certaines techniques ne subissent aucune analyse multicritère si celles-ci ne s'appliquent pas aux quatre critères de la colonie à l'étude. En somme, les divers critères choisis pour l'analyse multicritère seront présentés de la façon suivante : 1) le tableau des caractéristiques de la colonie à maîtriser ; 2) l'explication du choix de la pondération pour chacun des critères analysés et 3) l'analyse multicritère de chacun des trois cas à l'étude.

6.1 Présentation des critères choisis et de leur définition

En somme, trois volets comportant chacun quatre critères ont été évalués dans le cadre de cet essai. L'ensemble de ces critères sera analysé en fonction des informations présentées au cours des chapitres 3 à 5.

Tout d'abord, le volet environnemental de l'analyse multicritère intègre d'abord l'abondance des espèces menacées au sein du milieu humide envahi par la plante envahissante. Ainsi, ce critère permettra de visualiser l'impact potentiel de la technique sur l'habitat de ces espèces et donc d'estimer si celles-ci seront à risque de voir leur population diminuer davantage. Alors que le second critère de l'analyse représente l'abondance de la biodiversité présente dans le milieu. De ce fait, ce critère permet d'établir si cette biodiversité possède un risque de voir son abondance diminuer en raison de l'utilisation d'une méthode de contrôle précise. Le troisième critère du volet environnemental intègre, quant à lui, la qualité du milieu humide envahi, c'est-à-dire que ce critère vise à établir si la qualité du milieu peut être influencée par la technique choisit pour maîtriser la colonie de phragmites exotiques présente en bordure

de celui-ci. Finalement, le dernier critère du volet environnemental représente le respect du cycle hydrologique du milieu humide envahi. Ainsi, celui-ci vise à s'assurer que la technique employée ne viendra pas perturber le milieu et les espèces qu'ils habitent.

Le second volet de l'analyse traite de l'aspect social du choix optimal de la technique de contrôle de la colonie de roseaux exotiques. Le premier critère de ce volet représente l'acceptabilité sociale de la méthode employée. Ainsi, ce critère permet de prendre en compte l'opinion des citoyens côtoyant ce milieu afin de s'assurer qu'aucune résistance n'est perçue de leur côté. Le second critère traite, quant à lui, de la maîtrise de colonie de plantes envahissantes étant donné que le roseau exotique envahit de grands territoires, les citoyens voudront être rassurés quant à l'efficacité de la technique. Alors que le troisième critère intègre la possibilité que la graminée colonise à nouveau le milieu traité, ce qui pourrait occasionner du mécontentement auprès de la population habitant à proximité de celui-ci. Finalement, le dernier critère du volet social traite du maintien des activités habituelles sur le site par les citoyens. Ainsi, ce critère permettra de visualiser si la méthode de contrôle aura des impacts sur les habitudes des résidents, ce qui pourrait aussi occasionner du mécontentement au sein de la population une fois de plus.

Finalement, le troisième volet de l'analyse multicritère traite de l'aspect économique de la technique utilisée. Le premier critère de ce volet intègre le coût initial de la méthode employée. Ainsi, ce critère permet de visualiser si les coûts encourus sont faibles ou élevés. En lien avec ce premier critère, le second critère vise plutôt à analyser les coûts d'entretien de la méthode de contrôle. De ce fait, tout comme le premier critère, ce critère se veut un indicatif sur les coûts à déboursier pour l'application d'une méthode de contrôle précise. Quant au troisième critère, ce dernier traite du coût environnemental qui découle de l'utilisation d'une méthode de contrôle, c'est-à-dire des coûts totaux perdus ou gagnés par l'intermédiaire des services écologiques et de l'abondance de la biodiversité présente sur le site. Tandis que le dernier critère intègre le coût social de la méthode sur les citoyens. Ainsi, ce critère vise à évaluer les coûts qui peuvent être déboursés ou gagnés par les résidents si par exemple l'utilisation de la technique de contrôle a un impact sur leur terrain.

En outre, l'évaluation de ces trois sphères du développement durable permettra de visualiser s'il existe une technique optimale tant du côté environnemental, social qu'économique qui saura se démarquer des autres par son bilan positif élevé.

6.2 Analyse multicritère sur la technique de contrôle optimal du phragmite dans la rivière Châteauguay

Le premier cas à l'étude représente les colonies de roseaux exotiques s'étant installées en bordure de la rivière Châteauguay dans la ville du même nom. Selon les informations mentionnées au chapitre 4 de cet

essai, il est possible d'établir les caractéristiques générales de ces colonies. En effet, comme mentionné dans celui-ci, plusieurs colonies sont présentes en bordure de la rivière, soit dans sa rive. Bien que quelques colonies seulement de l'ensemble de celles-ci possèdent une superficie atteignant 50 à 500 m², c'est l'étude de ces colonies qui sera effectuée étant donné qu'elles représentent un problème plus important pour la municipalité que celles atteignant une superficie de 1 à 50 m². De plus, l'ensemble de ces colonies possède une densité d'environ 20 à 50 tiges/m². Il est alors possible d'estimer que ces colonies à l'étude ont atteint leur maturité étant donné leur niveau d'envahissement dans le paysage de Châteauguay en raison de leur densité et de leur superficie. (Amiri et Collin, 2014) Bien entendu, les colonies de plus faibles superficies devront tout de même être maîtrisées dès que possible afin de limiter leur envahissement au sein de la Ville de Châteauguay et de sa rivière. (Groupe phragmites, 2014)

C'est à partir des caractéristiques de la colonie à contrôler qu'il est alors possible d'observer quelles techniques ne peuvent pas s'appliquer dans ce cas précis que ce soit pour des raisons de temps de manœuvre trop élevé, d'interdiction dans la législation ou bien des risques encourus à la suite de leur utilisation. Ainsi, dans ce cas précis tel que le démontre le tableau 6.2, quatre techniques de contrôle peuvent être employées en fonction des critères de la colonie de phragmites exotiques à maîtriser, soit la fauche, le bâchage, la lutte biologique et la compétition interspécifique. (Boivin et autres, 2014a)

Tableau 6.2 Choix des méthodes de contrôle du phragmite exotique en fonction des caractéristiques de sa colonie présente en bordure de la rivière Châteauguay à Châteauguay

Éléments	Caractéristiques	Classes	Techniques											
			Fauche	Extraction manuelle	Excavation mécanique	Disage	Bâchage	Brûlage	Herbicide	Inondation	Lutte biologique	Broutage	Compétition interspécifique	
Milieu	Littoral													
	Rive		X	X		X	X				X		X	
	Terrestre													
Colonie	Superficie	1 m ² à 50 m ²												
		50 m ² à 500 m ²	X		X		X	X			X	X	X	
		500 m ² à 1 ha												
		+ 1 ha												
	Densité	1-5 tiges/ m ²												
		5-20 tiges/ m ²												
		20-50 tiges/ m ²	X		X		X	X			X	X	X	
		+ 50 tiges/ m ²												
	Maturité	Jeune												
Intermédiaire														
Vieille		X		X		X	X	X		X	X	X		

C'est donc à partir de ces quatre techniques que l'analyse multicritère sera effectuée afin de déterminer les techniques les plus optimales pour le contrôle des colonies de roseaux exotiques situées en bordure de la rivière Châteauguay selon ses caractéristiques spécifiques présentées au chapitre 4.

6.2.1 Volet environnemental

Critères sur l'abondance des espèces menacées et l'abondance de la diversité

Tout d'abord, puisque la rivière Châteauguay est un milieu essentiel pour plusieurs espèces animales dont bon nombre d'entre elles possèdent un statut préoccupant, les techniques qui peuvent nuire à l'abondance de leur alimentation que ce soit de manière directe ou indirecte ne sont donc pas recommandés dans ce cas précis. (Canards Illimités Canada, 2006)

Ainsi, la lutte biologique n'est pas favorisée puisque l'organisme vivant implanté pour contrôler le phragmite exotique peut aussi se révéler avoir des effets néfastes sur la nourriture préconisée par les espèces présentes en bordure de cette colonie de graminées. Toutefois, les impacts de celui-ci devraient être étudiés avant son utilisation à grande échelle et donc ne pas représenter de graves conséquences, d'où son attribution de la note de -1. (Association Jardin et Écotourisme, 2012)

Dans le même ordre d'idée, le bâchage peut limiter l'accès des animaux en bordure de la rive de la rivière Châteauguay et même limiter l'accès à des habitats potentiels, ce qui représente donc un effet très négatif de cette pratique lorsqu'elle est utilisée à cet endroit précis, d'où une note de -2. (Boivin et autres, 2014b)

Par contre, la fauche ne présente aucun danger pour l'abondance de l'ensemble de la faune y compris celle avec un statut précaire puisque cette méthode de contrôle permet l'élimination à la source de la graminée en plus d'offrir la possibilité de constater de la présence d'un animal à proximité de celle-ci au moment de son exécution, d'où son attribution de la note +2. (Boivin et autres, 2014b)

De plus, l'ajout de nouvelles espèces végétales compétitrices envers le roseau exotique permet la création de nouveaux habitats potentiels et de nouvelles sources de nourriture pour certaines espèces, favorisant ainsi la diversité et l'abondance de la faune en bordure de la rivière. C'est pour cette raison que cette technique s'est vue attribuer une note de +2, tout comme la fauche.

Critère de la qualité du milieu envahie

La rivière Châteauguay est un milieu de mauvaise qualité, d'où son classement de la quatrième rivière la plus polluée au Québec. Cette mauvaise qualité de son eau est principalement due à une accumulation accrue de terres et de nutriments en raison des nombreuses terres agricoles qui l'a bordent en plus des nombreuses résidences riveraines exemptes de végétation. Un brassage de ces eaux permet donc de mélanger l'ensemble de ces contaminants et donc d'y augmenter la turbidité. (Amiri et Collin, 2014) C'est afin de limiter ce brassage et l'ajout de contaminants que les techniques agissant trop près de la rivière

telles que la fauche ne sont donc pas recommandées. Toutefois, ce risque étant quasi nul, la fauche s'est vue attribuer une note de 0 alors que le bâchage comporte certains risques, d'où sa note de -1.

Contrairement à ces deux techniques, la lutte biologique et la plantation de nouvelles espèces végétales ne causeront pas ces effets, d'autant plus que cette dernière permet de renforcer le sol à l'aide de ces racines, lui valant donc une note de +2 comparativement à la première qui se voit attribuer une note de +1.

Critère sur le maintien du cycle hydrologique

Toutefois, étant donné que les colonies sont toutes situées dans la rive de la rivière, aucune des techniques potentielles dans ce cas précis ne peut influencer le cycle hydrologique habituel de ce cours d'eau, d'où la note de +2 pour l'ensemble des méthodes de contrôle.

Conclusion du volet environnemental

Finalement, parmi les quatre techniques retenues, l'ajout de plantes compétitives en bordure de la colonie de phragmites exotiques à traiter représente donc la solution la plus viable d'un point de vue environnemental avec un bilan de +8, suivie de très près par la fauche de la graminée avec un bilan de +6. Alors que le bâchage est la solution la moins recommandée dans ce cas précis avec un bilan de -3, dépassé de peu par la lutte biologique qui est évaluée avec un bilan de +1. (Tableau 6.3)

6.2.2 Volet social

Critère sur l'acceptabilité sociale

Tout d'abord, l'acceptabilité sociale de la population face à l'utilisation de la fauche et de la plantation de végétaux compétiteurs est excellente étant donné que le retrait d'une plante envahissante et l'ajout de nouvelles végétations sont bien connus de la population et ne représentent aucun danger. Ainsi, c'est pourquoi ces deux techniques se sont vues attribuer la note de +2. Par contre, le bâchage et la lutte biologique sont peu connus du public. Ces méthodes nécessitent donc des explications auprès de la population au préalable afin que celle-ci comprenne leurs objectifs et leurs bienfaits. Une note de +1 leur a donc été attribuée puisqu'aucune réticence ne devrait se faire ressentir à ce sujet.

Critères sur la maîtrise de la colonie et les risques d'une nouvelle invasion

Il est important pour les résidents de savoir si les colonies de roseaux exotiques seront maîtrisées et s'il existe des risques potentiels d'une nouvelle invasion puisque celles-ci peuvent avoir des conséquences néfastes sur eux telles qu'en obstruant les fossés de drainage, en modifiant l'aménagement de leur terrain en plus de bloquer leur vue sur la rivière (Brisson, 2014).

En ce qui concerne la fauche, celle-ci permet uniquement le confinement et l'affaiblissement des colonies traitées au fur et à mesure que la technique est pratiquée à plusieurs reprises, ce qui lui vaut donc une note de +1 pour sa maîtrise des colonies de phragmites exotiques. Ainsi, l'utilisation de cette technique seule

ne permet pas d'empêcher une nouvelle invasion de la graminée, d'où sa note de -2. (Boivin et autres, 2014b)

Dans le même ordre d'idée, la lutte biologique et la plantation de nouveaux végétaux compétitifs possèdent respectivement comme objectif de limiter la croissance du phragmite exotique en l'attaquant directement et en le privant d'éléments essentiels pour sa croissance tels que c'est le cas pour la lumière. Ainsi, ces deux techniques permettent de maîtriser la graminée, mais à une faible efficacité étant donné la période de temps élevée requise pour ce faire convenablement. (Karathanos, 2014) De ce fait, plus la maîtrise est faible, plus les risques d'invasion sont élevés. C'est pourquoi dans le cadre de la lutte biologique, une note de +1 a été attribuée pour son contrôle du roseau exotique alors que ces risques d'une nouvelle invasion lui ont valu une note de -2. Contrairement à l'ajout de nouveaux plants de végétaux qui a obtenu une note de -1 pour ces deux critères en raison de leur caractère compétitif qui leur permet de ralentir la nouvelle invasion de roseaux exotiques à un rythme faible.

Contrairement à la fauche, le bâchage permet, quant à lui, d'éradiquer le phragmite exotique si la toile est conservée durant une période de temps suffisamment élevée pour empêcher les tiges de survivre (Karathanos, 2014). De ce fait, les risques d'invasion sont très faibles à la suite de l'utilisation de cette technique. C'est pourquoi elle s'est vue attribuer une note de +2 pour ces deux critères.

Critère sur le maintien des activités sur le site envahi

Finalement, pour le dernier critère du volet social, soit le maintien des activités habituelles sur le site, seulement le bâchage ne permet pas de les continuer étant donné qu'il recouvre entièrement une superficie d'une toile et que celle-ci ne doit subir aucun dommage afin d'accentuer son efficacité (Karathanos, 2014). C'est pourquoi cette technique s'est vue attribuer une note de -1. Alors que les trois autres méthodes de contrôle permettent la continuité des activités habituelles, sans toutefois les favoriser d'où leur note de 0.

Conclusion du volet social

Une fois de plus, c'est l'ajout de plantes compétitives en bordure de la colonie de phragmites exotiques à traiter qui se démarque positivement des trois autres méthodes avec un bilan de +6 pour le volet social. Alors que le bâchage et la fauche obtiennent, tous deux, un bilan de +3 pour ce volet et que la lutte biologique obtient un bilan de +2. Malgré tout, les quatre techniques sont recommandées du point de vue social. (Tableau 6.3)

6.2.3 Volet économique

Critères sur le coût initial et le coût d'entretien

Tout d'abord, la fauche est une méthode de contrôle très peu coûteuse si la superficie et la densité à traiter sont faibles puisque le matériel nécessaire varie selon la colonie de phragmites exotiques à maîtriser, tout comme les coûts encourus. Dans la cadre de la rivière Châteauguay, ces deux caractéristiques sont suffisamment faibles pour ne pas nécessiter de machineries lourdes pour ce faire, d'où une note de +2. De plus, afin d'augmenter l'efficacité de celle-ci, un suivi doit aussi être effectué à plusieurs reprises. Toutefois, comme la superficie et la densité des colonies à traiter ne nécessitent pas de machineries lourdes, les coûts d'entretien sont donc faibles, d'où une note de +2.

Dans le même ordre d'idée, la lutte biologique possède un coût initial qui peut être élevé en fonction de la superficie et de la densité de la colonie de roseaux exotiques à traiter en plus de varier selon l'espèce préconisée pour ce faire (Association Jardin et Écotourisme, 2012). Une note de -1 a été donc attribuée à cette technique pour ce critère. Afin que celle-ci soit efficace, il est possible qu'il soit nécessaire d'ajouter de nouveaux organismes vivants, ce qui engendre donc des coûts d'entretien similaires aux coûts initiaux, ce qui lui a donc valu une note de -1.

Alors que le bâchage représente des coûts initiaux élevés pour se procurer, entre autres, une toile de haute qualité, ce qui lui vaut donc une note de -2. Par contre, les coûts d'entretien sont très faibles excepté si la toile a subi des dommages, d'où une note de +2.

Finalement, l'ajout de végétaux compétitifs engendre des coûts moyens en fonction de la superficie à végétaliser en plus du choix des espèces préconisées, d'où une note globale de +1. Toutefois, à moins que les végétaux ne soient morts, cette méthode de contrôle n'entraîne aucuns frais de suivi, ce qui lui vaut donc une note de +2 à ce niveau.

Critère sur le coût environnemental

Le coût environnemental représente les bénéfices en termes de services écologiques que peut fournir une technique de contrôle ou dans le cas contraire, des nuisances pour ceux-ci.

Ainsi, en ce qui concerne la fauche, elle permet aux végétaux présents aux environs du phragmite exotique de profiter de sa faiblesse pour croître davantage et de ce fait, le priver de lumière. Toutefois, l'impact de la fauche sur le retour de la flore indigène est inversement proportionnel à l'ampleur de la colonie de roseaux exotiques présente dans le milieu. (Boivin et autres, 2014b) C'est donc pourquoi une note de +1 lui a été attribuée pour ce critère.

Alors que le bâchage est une méthode de contrôle qui prive la flore indigène de croître dans la superficie traitée si celle-ci n'est pas plantée aux abords ou au sein de la toile en plus de limiter l'accès de la faune à

cet habitat (Boivin et autres, 2014b). Ainsi, cette technique possède un coût environnemental très élevé, d'où sa note de -2.

D'un autre côté, le coût environnemental de la lutte biologique peut être très variable en fonction de la nouvelle espèce introduite. En effet, une espèce exotique risque d'avoir un plus grand coût environnemental qu'une espèce indigène puisqu'elle pourrait représenter un potentiel prédateur pour d'autres espèces que le phragmite exotique. Toutefois, de manière générale, il est plus commun de voir l'utilisation d'espèces exotiques pour contrer une espèce envahissante. (Association Jardin et Écotourisme, 2012) Ainsi, une note de -2 a été attribuée à cette technique de contrôle étant donné ces risques de bouleversement de la chaîne trophique présente dans le milieu à traiter ou à proximité.

Finalement, la plantation de nouvelles espèces végétales en bordure de la colonie de roseaux exotiques à maîtriser apporte de nombreux bénéfices à l'environnement. Effectivement, cette technique apporte de la diversité de végétaux au sein du paysage en plus de favoriser la diversité de la faune et de représenter une alimentation de choix pour certaines espèces. (Boivin et autres, 2014b) Ainsi, une note de +2 a été attribuée à cette méthode de contrôle quant à ses coûts environnementaux.

Critère sur le coût social

Le dernier critère du volet économique porte sur le coût social encouru par la technique de contrôle. Celui-ci est intimement lié avec la présence de biodiversité ainsi que l'accessibilité au milieu pour pratiquer diverses activités, soit deux critères discutés ci-haut.

En ce qui concerne la fauche et la plantation de plantes indigènes pour maîtriser les colonies de roseaux exotiques, ces deux techniques apportent un coût social très bénéfique puisqu'ils permettent aux citoyens d'accéder au milieu en plus de leur apporter une meilleure qualité à l'environnement. En effet, la fauche ainsi que l'ajout de végétaux compétitifs agrémentent la vue des citoyens en enlevant la graminée et en augmentant la densité de flore indigène avec une belle apparence, ce qui augmente donc la quantité d'animaux présents à proximité. (Boivin et autres, 2014b) Ainsi, ces deux méthodes se sont vues attribuer la note de +2.

Alors que la lutte biologique ne possède aucun bénéfice social puisque l'espèce introduite est de petites tailles et que les citoyens conservent leur vue sur les colonies de phragmites exotiques durant une longue période de temps en raison de la faible vitesse d'exécution de la technique (Association Jardin et Écotourisme, 2012). C'est pourquoi une note de 0 a été attribuée pour ce critère.

Quant au bâchage, il entraîne avec lui des coûts sociaux négatifs puisqu'il ne permet pas le passage aisé de la population à proximité des toiles installées en plus de nuire à l'aspect visuel du paysage. En effet, en raison de la grande superficie de toiles apposées en bordure de la rive et de sa nuisance pour les espèces

floristiques et fauniques, le bâchage ne représente pas une bonne solution à ce niveau. (Karathanos, 2014) Ainsi, une note de -2 lui a été attribuée pour ce critère.

Conclusion du volet économique

Parmi les quatre techniques retenues, l'ajout de plantes compétitives en bordure de la colonie de phragmites exotiques à traiter représente la solution la plus viable d'un point de vue économique au même titre que la fauche des colonies, soit avec un bilan de +8. Alors que le bâchage et la lutte biologique ne représentent pas une solution viable d'un point de vue économique en raison de leur bilan de -4. (Tableau 6.3)

Tableau 6.3 Analyse multicritère sur le choix de techniques optimales pour maîtriser la colonie de phragmites exotiques en bordure de la rivière Châteauguay en fonction de ses caractéristiques spécifiques

Dimension	Critères	Techniques			
		Fauche	Bâchage	Lutte biologique	Compétition interspécifique
Environnement	Espèces menacées	+2	-2	-1	+2
	Biodiversité	+2	-2	-1	+2
	Qualité du milieu	0	-1	+1	+2
	Respect du cycle hydrologique	+2	+2	+2	+2
	Total	+6	-3	+1	+8
Social	Acceptabilité sociale	+2	+1	+1	+2
	Maîtrise de la colonie	+1	+2	+1	-1
	Risque d'une nouvelle invasion	-2	+2	-2	-1
	Maintien des activités habituelles sur le site	+2	-2	+2	+2
	Total	+3	+3	+2	+2

Tableau 6.3 Analyse multicritère sur le choix de techniques optimales pour maîtriser la colonie de phragmites exotiques en bordure de la rivière Châteauguay en fonction de ses caractéristiques spécifiques (suite)

Dimension	Critères	Techniques			
		Fauche	Bâchage	Lutte biologique	Compétition interspécifique
Économique	Coût initial	+2	-2	-1	+2
	Coût d'entretien	+2	+2	-1	+2
	Coût environnemental	+1	-2	-2	+2
	Coût social	+2	-2	0	+2
Total		+7	-4	-4	+7
Grand total	+16	-4	-1	+17	+2

Pour conclure, l'analyse des caractéristiques des colonies de roseaux exotiques ainsi que celles de la rivière Châteauguay permettent de déterminer que la solution la plus viable pour maîtriser ces colonies à l'étude serait l'utilisation de végétaux compétitifs avec un bilan total de +17 pour les trois volets du développement durable. Toutefois, la fauche représente aussi une solution envisageable pour contrôler les colonies avec un bilan total de +16.

Idéalement, afin de contrôler efficacement la propagation du phragmite exotique, il serait recommandé d'utiliser ces deux techniques en parallèle. En effet, la fauche des individus permettrait d'affaiblir la colonie alors que la plantation de végétaux compétitifs permettrait de limiter la croissance du roseau exotique en le privant de lumières et de nutriments importants pour ce faire à la suite de la première technique de contrôle.

De plus, bien que le bâchage et la lutte biologique aient démontré un certain niveau à maîtriser les colonies de la graminée, ces deux techniques représentent plusieurs risques quant à leur utilisation telle que l'analyse multicritère l'a démontré.

6.3 Analyse multicritère sur la technique de contrôle optimal du phragmite dans le marais Miller

Le second cas à l'étude représente la colonie de phragmites exotiques s'étant installée en marge du marais Miller situé dans la Ville de Rosemère. Ainsi, la colonie est située en milieu terrestre. D'après les informations présentées au chapitre 4 de cet essai, il est possible d'établir les caractéristiques générales de cette colonie. Cette dernière est estimée à une superficie de plus d'un hectare et à une densité de

50 tiges/m². Selon ces données, il est possible d'affirmer qu'avec une telle ampleur pour la colonie de roseaux exotiques que celle-ci a atteint le stade adulte. Sa maîtrise est donc essentielle afin de limiter le plus possible les impacts de cette colonie sur l'environnement qui l'entoure. (Boutin et Poulin, 2013)

C'est à l'aide de ces données sur les caractéristiques de la colonie qu'il est alors possible d'observer quelles techniques ne peuvent pas s'appliquer dans ce cas précis. Ainsi, dans ce cas précis tel que le démontre le tableau 6.4, cinq techniques de contrôle peuvent être employées en fonction des critères de la colonie de phragmites exotiques à maîtriser, soit la fauche, l'excavation mécanique, le bâchage, l'utilisation d'herbicide et la compétition interspécifique. (Boivin et autres, 2014a)

Tableau 6.4 Choix des méthodes de contrôle du phragmite exotique en fonction des caractéristiques de sa colonie présente en marge du marais Miller à Rosemère

Éléments	Caractéristiques	Classes	Techniques											
			Fauche	Extraction manuelle	Excavation mécanique	Discage	Bâchage	Brûlage	Herbicide	Inondation	Lutte biologique	Broutage	Compétition interspécifique	
Milieu	Littoral													
	Rive													
	Terrestre		X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	
Colonie	Superficie	1 m ² à 50 m ²												
		50 m ² à 500 m ²												
		500 m ² à 1 ha												
		+ 1 ha	X		X		X		X			X	X	
	Densité	1-5 tiges/m ²												
		5-20 tiges/m ²												
		20-50 tiges/m ²												
		+ 50 tiges/m ²	X		X		X	X	X		X	X	X	
	Maturité	Jeune												
Intermédiaire														
Vieille		X		X		X	X	X		X		X		

C'est donc à partir de ces cinq techniques que l'analyse multicritère sera effectuée afin de déterminer les techniques les plus optimales pour le contrôle de la colonie de phragmites exotiques située en marge du marais Miller selon ses caractéristiques spécifiques présentées au chapitre 4.

6.3.1 Volet environnemental

Critères sur l'abondance des espèces menacées et l'abondance de la diversité

Les marais représentent un milieu humide où la faune et la flore abondent. La prévention de l'envahissement du roseau exotique est donc essentielle afin de limiter les dommages de la graminée sur les espèces qui fréquentent ces milieux. D'autant plus que dans le cas du marais Miller, de nombreuses espèces avec un statut précaire fréquentent ce milieu. De ce fait, les techniques pouvant nuire à l'abondance de leur alimentation que ce soit de manière directe ou indirecte ne sont donc pas recommandés dans ce cas précis. (Boutin et Poulin, 2013)

Ainsi, l'excavation mécanique, le bâchage et l'utilisation d'herbicide représentent un risque non négligeable sur l'alimentation de la faune, la composition de leur habitat et le taux de survie de la faune et de la flore dans ce milieu traité. En effet, ces trois techniques de contrôle peuvent mener à la destruction d'habitats de certains animaux qu'ils soient menacés ou non étant donné leur application massive au sein du milieu à traiter qui représente une grande superficie. Toutefois, si l'herbicide est appliqué par badigeonnage au lieu d'être pulvérisé, cela lui permettrait de réduire ses effets sur ces deux critères. Cependant, étant donné la grande superficie à traiter, soit de plus d'un hectare, le badigeonnage n'est pas envisageable dans ce cas-ci. C'est pour ces raisons que chacune de ces trois méthodes s'est vue attribuer une note de -2 pour le critère de l'abondance des espèces menacées en plus de celui sur l'abondance de la diversité en général. (Boivin et autres, 2014b)

Par contre, la fauche des plants de phragmites exotiques ne présente aucun impact néfaste pour la faune et la flore présente à proximité du marais Miller puisque cette technique permet de s'assurer qu'aucun animal n'est présent lors du traitement. Ainsi, les espèces animales qu'elles possèdent un statut précaire ou non pourront continuer à fréquenter le site sans risquer que leur habitat ne soit détruit et que leur nourriture ne soit pas endommagée. (Boivin et autres, 2014b) Une note de +2 a donc été attribuée pour ces deux critères en fonction de cette méthode de contrôle.

Tout comme la fauche, la plantation de nouvelles espèces végétales indigènes permet de protéger la faune et la flore présente en marge du marais Miller puisque ces plantes doivent être choisies avec beaucoup de précautions, tout comme dans la première technique de contrôle. De plus, l'ajout de nouvelles espèces végétales compétitrices envers le roseau exotique permet la création de nouveaux habitats potentiels et de nouvelles sources de nourriture pour certaines espèces, favorisant ainsi la diversité et l'abondance de la

faune en bordure de la rivière. (Boivin et autres, 2014b) C'est pour cette raison que cette technique s'est vu attribuer une note de +2, tout comme la fauche.

Critère de la qualité du milieu envahie

Les marais représentent des milieux humides très fragiles qu'il est important de préserver pour leur grande importance en services écologiques et en diversité. Actuellement, le marais Miller ne possède pas une mauvaise qualité de son eau, d'où la nécessité de maintenir cette bonne qualité de l'eau à l'aide des techniques de contrôle suggérées. (Boutin et Poulin, 2013)

Ainsi, l'utilisation d'herbicide représente un risque réel pour ce marais malgré le fait que la colonie à traiter soit en marge de celui-ci puisqu'il peut être appliqué seulement par pulvérisation étant donné la grande superficie à couvrir. De ce fait, une partie de l'herbicide étendu pourrait affecter la faune et la flore avoisinantes de la colonie à maîtriser. (Karathanos, 2014) C'est donc pour cette raison que la méthode de contrôle s'est vue attribuer une note de -2.

Tout comme l'utilisation d'herbicide, l'excavation mécanique représente aussi un risque pour la qualité de l'eau du marais Miller puisque cette méthode perturbe le sol et qu'elle peut même mener à l'envahissement de nouveaux individus de roseaux exotiques. (Boivin et autres, 2014c) Toutefois, étant donné que la colonie est située en marge du marais Miller, les risques d'influencer la qualité de l'eau de celui-ci sont faibles, d'où une note de -1 pour ces deux techniques.

D'un autre côté, la fauche et le bâchage n'auront aucun impact sur la qualité de l'eau du marais Miller dans ce cas-ci, car la colonie de phragmites exotiques à maîtriser est située en marge de celui-ci. En effet, en ce qui concerne le bâchage, bien que la superficie à couvrir de toiles soit élevée, les effets néfastes connus de cette technique ne toucheront pas directement le marais Miller, mais plutôt la faune et la flore présente en marge de celui-ci, d'où une note de 0 pour ce critère. Alors que la fauche n'aura aucun effet sur la qualité de l'eau du marais Miller en plus de ne pas perturber les espèces animales et florales présentes dans le milieu, d'où l'attribution d'une note de 0 pour ce critère. (Boutin et Poulin, 2013)

Contrairement à ces quatre techniques, la plantation de nouvelles espèces végétales ne possède aucun effet négatif sur la qualité de l'eau du marais puisque cette dernière permet de renforcer le sol à l'aide de ces racines en plus d'augmenter le niveau de filtration de l'eau circulante à proximité du marais, ce qui permet donc à cette méthode d'obtenir une note de +2. (Boivin et autres, 201b)

Critère sur le maintien du cycle hydrologique

Toutefois, étant donné que la colonie est située en milieu terrestre, aucune des techniques potentielles dans ce cas précis ne peut influencer le cycle hydrologique habituel de ce cours d'eau, d'où la note de +2 pour l'ensemble des méthodes de contrôle.

Conclusion du volet environnemental

Finalement, parmi les cinq techniques retenues, l'ajout de plantes compétitives en bordure de la colonie de phragmites exotiques à traiter représente donc la solution la plus viable d'un point de vue environnemental avec un bilan de +8, suivie de très près par la fauche avec un bilan de +6. Alors que l'excavation mécanique, le bâchage et l'utilisation d'herbicide représentent tous des techniques de contrôle non recommandées pour le volet environnemental, soit avec un bilan respectif de -3, -2 et -4. (Tableau 6.5)

6.3.2 Volet social

Critère sur l'acceptabilité sociale

Tout d'abord, la fauche, l'excavation mécanique et la plantation de végétaux compétiteurs sont trois techniques avec un haut taux d'acceptation du public puisque chacune d'entre elles ne présente aucun danger notable pour les résidents et l'environnement (Boivin et autres, 2014b; Boivin et autres, 2014c). Ainsi, c'est pourquoi ces trois techniques se sont vues attribuer la note de +2.

En ce qui concerne le bâchage, il représente une méthode de contrôle peu connue du public, mais qui peut être facilement acceptée à la suite de quelques explications à la population afin que cette dernière comprenne ces objectifs et ces bienfaits. Une note de +1 lui a donc été attribuée puisqu'aucune réticence ne devrait se faire ressentir à ce sujet.

Toutefois, l'utilisation d'herbicide possède une très mauvaise acceptabilité sociale de la part de la population étant donné sa composition chimique et ses potentiels effets néfastes sur l'environnement. (Karathanos, 2014) C'est donc pour cette raison qu'une note de -2 a été attribuée à ce critère pour cette technique de contrôle.

Critères sur la maîtrise de la colonie et les risques d'une nouvelle invasion

Les citoyens veulent s'assurer que la colonie de roseaux exotiques soit maîtrisée en plus de s'assurer qu'aucune nouvelle invasion ne voit le jour au sein de ce site puisque celle-ci peut avoir des conséquences néfastes sur les citoyens vivants à proximité de la colonie (Brisson, 2014).

Tout d'abord, la fauche permet uniquement le confinement et l'affaiblissement des colonies traitées au fur et à mesure qu'elle est pratiquée à plusieurs reprises, ce qui lui vaut donc une note de +1 pour sa maîtrise des colonies de phragmites exotiques. Ainsi, l'utilisation de cette technique seule ne permet pas d'empêcher une nouvelle invasion de la graminée, d'où sa note de -2. (Boivin et autres, 2014b)

Alors qu'en ce qui concerne l'excavation mécanique, elle permet plutôt d'éradiquer complètement la plante envahissante puisqu'elle vise à retirer l'ensemble de la biomasse de cette graminée, c'est donc pourquoi cette technique s'est vue attribuer une note de +2 pour ce critère. Toutefois, si la machinerie lourde utilisée pour ce faire n'est pas nettoyée au préalable ainsi qu'à la fin de son utilisation, celle-ci peut

contribuer à favoriser l'arrivée de nouveaux individus au sein du site traité ou bien des sites avoisinants le premier. C'est donc pourquoi pour ce critère l'excavation mécanique s'est valu une note de -1. (Boivin et autres, 2014c)

Tout comme l'excavation mécanique, le bâchage permet d'éradiquer la colonie de graminées si la toile est conservée durant une période de temps suffisamment élevée pour empêcher les tiges de survivre (Karathanos, 2014). De ce fait, les risques d'invasion sont très faibles à la suite de l'utilisation de cette technique. C'est pourquoi elle s'est vue attribuer une note de +2 pour ces deux critères.

En ce qui concerne plutôt la plantation de nouveaux végétaux compétitifs, elle possède comme objectif la limitation de la croissance du phragmite exotique en le privant d'éléments essentiels pour sa croissance. Toutefois, étant donné que la superficie à traiter est de plus d'un hectare et que la densité est élevée, cette méthode de contrôle ne sera donc pas suffisamment efficace pour limiter efficacement la croissance de la graminée. (Karathanos, 2014) Ainsi, une note de -1 a été attribuée pour ces deux critères.

Alors que l'utilisation d'herbicide permet de réduire les colonies de roseaux exotiques jusqu'à 90 % lors de la première année seulement. Ainsi, si un suivi est effectué et que l'herbicide est bien appliqué par pulvérisation, cela permettra de maîtriser la colonie à traiter en plus de limiter les risques d'une nouvelle invasion. (Karathanos, 2014) C'est donc pourquoi une note de +2 a été attribuée à ces deux critères.

Critère sur le maintien des activités sur le site envahi

Finalement, pour le dernier critère du volet social, soit le maintien des activités habituelles sur le site, seulement le bâchage et l'utilisation d'herbicide ne permettent pas leur maintien. En effet, le bâchage limite ces activités durant une période de temps élevée puisque la toile ne doit subir aucun dommage afin de conserver sa grande efficacité. C'est pourquoi cette technique s'est vue attribuer une note de -1. Alors que l'utilisation d'herbicide ne permet pas le maintien des activités seulement durant une période de temps restreinte, soit le temps que le produit ne soit plus présent dans l'atmosphère, d'où une note de -1 pour ce critère. (Karathanos, 2014) D'un autre côté, les trois autres méthodes de contrôle permettent la continuité des activités habituelles, sans toutefois les favoriser d'où leur note de 0.

Conclusion du volet social

En conclusion, la technique la plus optimale du point de vue social représente le bâchage avec un bilan de +5. Toutefois, l'excavation mécanique et la fauche sont, elles aussi, recommandées avec un bilan respectif de +3 et +1. Seule la compétition interspécifique possède un bilan nul pour ce volet en raison de sa difficulté à maîtriser et à empêcher une nouvelle invasion de roseaux exotiques au sein d'un site terrestre d'une aussi grande superficie. Ainsi, l'ensemble de ces techniques est recommandée en fonction du volet social. (Tableau 6.5)

6.3.3 Volet économique

Critères sur le coût initial et le coût d'entretien

Tout d'abord, la fauche est une méthode de contrôle coûteuse dans ce cas-ci puisque la superficie et la densité à traiter de phragmites exotiques sont élevées. Effectivement, dans le cadre de la colonie en marge du marais Miller, il sera nécessaire de se procurer de la machinerie lourde pour effectuer la fauche, d'où son attribution de la note -2. De ces coûts initiaux élevés découleront aussi des coûts d'entretien élevés, d'où l'attribution de la note -2 pour ce critère. (Boivin et autres, 2014b)

Tout comme c'est le cas de la fauche, l'excavation mécanique nécessite aussi des coûts élevés pour ce faire en raison de la machinerie lourde essentielle pour effectuer ce traitement en plus du personnel spécialisé. De plus, ces coûts d'entretien sont eux aussi élevés puisqu'ils nécessitent à nouveau l'utilisation de machineries lourdes. (Boivin et autres, 2014b) C'est donc pourquoi ces deux critères se sont vus attribuer la note de -2 pour cette technique.

Alors que l'utilisation d'herbicide nécessite plutôt des coûts initiaux élevés étant donné l'ampleur de la colonie de roseaux exotiques à maîtriser en marge du marais Miller. Toutefois, les coûts d'entretien reliés à son utilisation sont moindres puisque l'efficacité de l'herbicide est élevée et permet donc de réduire près de 90 % de la colonie initiale de la graminée sur le site. (Karathanos, 2014) Ainsi, une note de -2 a été attribuée au premier critère alors que le second a obtenu une note de -1.

En ce qui concerne plutôt le bâchage, il représente des coûts initiaux élevés afin de se procurer une toile de haute qualité de grande taille, ce qui lui vaut donc une note de -2. Par contre, les coûts d'entretien sont très faibles excepté si la toile a subi des dommages, d'où une note de +2.

Finalement, l'ajout de végétaux compétitifs engendre des coûts élevés puisque la superficie à végétaliser dépasse un hectare et que le choix des espèces préconisées influence aussi les coûts initiaux, d'où une note de -2. Toutefois, à moins que les végétaux ne soient décédés, cette méthode de contrôle n'entraîne aucuns frais de suivi, ce qui lui vaut donc une note de +2 à ce niveau.

Critère sur le coût environnemental

Le coût environnemental représente les bénéfices en termes de services écologiques que peut fournir une technique de contrôle ou dans le cas contraire, des nuisances pour ceux-ci.

Ainsi, en ce qui concerne la fauche, elle permet aux végétaux présents aux environs du phragmite exotique de profiter de sa faiblesse pour croître davantage et de ce fait, le priver de lumière. Toutefois, puisque la colonie de phragmites exotiques occupe une superficie d'environ un hectare, il est donc plus difficile pour la flore indigène de coloniser ce site. En effet, pour ce faire, il serait nécessaire de retirer l'ensemble du système racinaire de la graminée tel que c'est le cas avec l'excavation mécanique. Toutefois, celle-ci

perturbe le sol, d'où l'importance de le réhabiliter le plus tôt possible. (Boivin et autres, 2014b) Ainsi, une note de 0 a été attribuée à la première technique alors que la seconde s'est vue attribuer une note de +1.

En ce qui concerne plutôt le bâchage, c'est une méthode de contrôle qui prive la flore indigène de croître dans la superficie traitée en raison de l'installation de sa toile sur le sol. Ainsi, afin de favoriser le retour de la flore ou de diminuer les dommages encourus sur le site, une plantation de végétaux aux abords ou au sein de la toile est essentielle. (Boivin et autres, 2014b) Ainsi, cette technique possède un coût environnemental très élevé, d'où sa note de -2.

D'un autre côté, le coût environnemental de l'utilisation d'herbicide peut être très élevé, particulièrement lorsqu'il est appliqué à l'aide d'un pulvérisateur comme c'est le cas pour cette colonie précise à traiter. En effet, l'herbicide comporte des éléments chimiques qui peuvent comporter un risque non négligeable pour la santé et la survie de la faune et de la flore. (Karathanos, 2014) C'est donc pour cette raison que la technique s'est vue attribuer une note de -2 pour ce critère.

Finalement, la plantation de nouvelles espèces végétales en bordure de la colonie de roseaux exotiques à maîtriser apporte de nombreux bénéfices à l'environnement. En effet, elle favorise la diversité floristique et donc indirectement celles fauniques. Par contre, étant donné l'étendue de la colonie à maîtriser, cette technique n'apporte donc pas un bénéfice aussi élevé puisqu'il est possible que la graminée domine les nouvelles essences plantées en raison de leur nombre plus élevé et de leur système racinaire très développé. (Boivin et autres, 2014b) Ainsi, une note de 0 a été attribuée à cette méthode de contrôle quant à ses coûts environnementaux.

Critère sur le coût social

Le dernier critère du volet économique porte sur le coût social encouru par la technique de contrôle. Celui-ci est intimement lié avec la présence de biodiversité ainsi que l'accessibilité au milieu pour pratiquer diverses activités, soit deux critères discutés ci-haut.

En ce qui concerne la fauche et la plantation de plantes indigènes, elles représentent toutes deux des techniques qui apportent un coût social très bénéfique puisqu'ils permettent aux citoyens d'accéder au milieu en plus de leur apporter une meilleure qualité de leur environnement. En effet, ces deux techniques permettent d'enlever la graminée du paysage afin que celui-ci soit plus diversifié. De plus, celles-ci favorisent aussi la biodiversité de la faune étant donné le retrait de la plante envahissante dans le site contaminé, ce qui est particulièrement le cas de la plantation de végétaux. Toutefois, puisque la colonie à maîtriser est de taille importante, ces bénéfices sociaux seront moindres vu la diminution de l'efficacité de ces deux techniques de contrôle. (Boivin et autres, 2014b) Ainsi, ces deux méthodes se sont vues attribuer la note de +1.

Quant au bâchage, il entraîne avec lui des coûts sociaux négatifs puisqu'il ne permet pas le passage aisé des citoyens à proximité des toiles installées en plus de nuire à l'aspect visuel du paysage. En effet, de par la grande superficie de toiles apposées en marge du marais Miller et de par sa nuisance pour les espèces floristiques et fauniques, le bâchage ne représente pas une solution optimale de ce point de vue. D'autant plus la grande superficie qu'il devra couvrir pour maîtriser la colonie de phragmites exotiques en plus de la durée de temps nécessaire pour optimiser son efficacité. (Karathanos, 2014) Ainsi, une note de -2 lui a été attribuée pour ce critère.

Dans le même sens que le bâchage, l'excavation mécanique perturbe le sol du milieu traité. Toutefois, cette technique ne présente pas de coût social pour la population avoisinante puisque celle-ci pourra fréquenter le site traité en tout temps en plus de ne pas brimer leur paysage. Par contre, l'excavation mécanique ne procure pas aux citoyens des bénéfices de ce côté, d'où une attribution de la note 0 pour ce critère. (Boivin et autres, 2014b)

D'un autre côté, l'utilisation d'herbicide présente aussi des coûts sociaux importants étant donné son caractère chimique. Ces coûts sont d'autant plus importants lorsque l'herbicide est appliqué à l'aide d'un pulvérisateur plutôt que par badigeonnement. En effet, la pulvérisation du produit chimique sur une superficie de plus d'un hectare de roseaux exotiques comporte des risques importants pour les citoyens vivants à proximité du site traité. De plus, des impacts néfastes peuvent être observés sur la faune et la flore présente dans les environs de la colonie à maîtriser. (Karathanos, 2014) C'est pourquoi une note de -2 a été attribuée pour ce critère.

Conclusion du volet économique

Parmi les cinq techniques retenues, l'ajout de plantes compétitives en bordure de la colonie de phragmites exotiques à traiter représente la seule solution viable du point de vue économique, soit avec un bilan de +1. Alors que la fauche et l'excavation mécanique ont obtenu toutes deux un bilan de -3, suivi de près par le bâchage avec un bilan de -4. Toutefois, l'utilisation d'herbicide représente le bilan négatif le plus élevé avec une note de -7. (Tableau 6.5)

Tableau 6.5 Analyse multicritère sur le choix de techniques optimales pour maîtriser la colonie de phragmites exotiques en bordure du marais Miller en fonction de ses caractéristiques spécifiques

Dimension	Critères	Techniques				
		Fauche	Excavation mécanique	Bâchage	Herbicide	Compétition interspécifique
Environnement	Espèces menacées	+2	-2	-2	-2	+2
	Biodiversité	+2	-2	-2	-2	+2
	Qualité du milieu	0	-1	0	-2	+2
	Respect du cycle hydrologique	+2	+2	+2	+2	+2
Total		+6	-3	-2	-4	+8
Social	Acceptabilité sociale	+2	+2	+2	-2	+2
	Maîtrise de la colonie	+1	+2	+2	+2	-1
	Risque d'une nouvelle invasion	-2	-1	+2	+2	-1
	Maintien des activités habituelles sur le site	0	0	-1	-1	0
	Total	+1	+3	+5	+1	0
Économique	Coût initial	-2	-2	-2	-2	-2
	Coût d'entretien	-2	-2	+2	-1	+2
	Coût environnemental	0	+1	-2	-2	0
	Coût social	+1	0	-2	-2	+1
Total		-3	-3	-4	-7	+1
Grand total		+4	-3	-1	-10	+9

Pour conclure, l'analyse des caractéristiques des colonies de roseaux exotiques ainsi que celles du marais Miller permettent de déterminer que la solution la plus viable pour maîtriser la colonie à l'étude serait, une fois de plus, la plantation de végétaux en bordure de la colonie de phragmites exotiques, soit avec un bilan

de +9 pour les trois volets du développement durable. De plus, la fauche représente aussi une solution viable de ce point de vue avec un bilan total de +4. Par contre, l'utilisation d'herbicide est fortement déconseillée dans ce cas précis puisqu'il devrait être appliqué par pulvérisation, ce qui apporte bon nombre de conséquences néfastes du point de vue environnemental, social et économique, soit pour un bilan de -10. Alors que l'excavation mécanique et le bâchage sont deux techniques étant faiblement déconseillées dans le cadre de la colonie en marge du marais Miller pour un bilan respectivement de -3 et de -1.

Idéalement, afin de contrôler efficacement la propagation du phragmite exotique, il serait recommandé d'utiliser d'abord l'excavation mécanique en raison de l'ampleur de la colonie, ce qui permettrait donc d'éliminer l'ensemble de sa biomasse. Par la suite, afin de réhabiliter le sol et de favoriser le retour de la flore indigène, il serait conseillé de planter des végétaux compétitifs au phragmite exotique afin de limiter son retour dans le site maîtrisé.

6.4 Analyse multicritère sur la technique de contrôle optimal du phragmite dans les Îles-de-Boucherville

Le dernier cas à l'étude représente la colonie de phragmites exotiques s'étant installée aux abords des sentiers de l'île Sainte-Marguerite et du chenal du Courant. Cette colonie sera analysée comme étant en milieu à la fois terrestre et riverain puisque la colonie à l'étude atteint une superficie d'un hectare au sein des Îles-de-Boucherville. Ainsi, la colonie à l'étude s'étend du milieu riverain vers le milieu terrestre de ce secteur. De ce fait, les techniques préconisées pour l'analyse multicritère devront satisfaire à la fois les critères des colonies en plus d'être adaptées aux deux types de milieux. De plus, les colonies seront analysées comme ayant une densité de plus de 50 tiges/m². Selon ces données, il est possible d'affirmer qu'avec une telle ampleur pour la colonie de roseaux exotiques que celle-ci a atteint le stade adulte. Sa maîtrise est donc essentielle afin de limiter le plus possible les impacts de cette colonie sur l'environnement qui l'entoure. (Rivard et Karathanos, 2013)

C'est à l'aide de ces données sur les caractéristiques de la colonie qu'il est alors possible d'observer quelles techniques ne peuvent pas s'appliquer dans ce cas précis. Ainsi, dans ce cas précis tel que le démontre le tableau 6.6, trois techniques de contrôle peuvent être employés en fonction des critères de la colonie de phragmites exotiques à maîtriser, soit la fauche, le bâchage et la compétition interspécifique. (Boivin et autres, 2014a)

Tableau 6.6 Choix des méthodes de contrôle du phragmite exotique en fonction des caractéristiques de sa colonie présente en bordure des Îles-de-Boucherville

Éléments	Caractéristiques	Classes	Techniques											
			Fauche	Extraction manuelle	Excavation mécanique	Discage	Bâchage	Brûlage	Herbicide	Inondation	Lutte biologique	Broutage	Compétition interspécifique	
Milieu	Littoral													
	Rive		X	X		X	X				X		X	
	Terrestre		X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	
Colonie	Superficie	1 m ² à 50 m ²												
		50 m ² à 500 m ²												
		500 m ² à 1 ha												
		+ 1 ha	X		X		X		X			X	X	
	Densité	1-5 tiges/m ²												
		5-20 tiges/m ²												
		20-50 tiges/m ²												
		+ 50 tiges/m ²	X		X		X	X	X		X	X	X	
	Maturité	Jeune												
		Intermédiaire												
Vieille		X		X		X	X	X		X		X		

C'est donc à partir de ces trois techniques que l'analyse multicritère sera effectuée afin de déterminer les techniques les plus optimales pour le contrôle des colonies de roseaux exotiques situées au sein des Îles-de-Boucherville selon ses caractéristiques spécifiques présentées au chapitre 4.

6.4.1 Volet environnemental

Critères sur l'abondance des espèces menacées et l'abondance de la diversité

Tout d'abord, les Îles-de-Boucherville regorgent de nombreuses espèces fauniques et floristiques qu'elles aient un statut précaire ou non tel que mentionné dans le chapitre 4 de cet essai. Ainsi, les méthodes employées pour maîtriser les colonies de roseaux exotiques présentes sur ces îles doivent être respectueuses de l'environnement afin de limiter le plus possible les conséquences néfastes des techniques sur la nature.

En ce qui concerne la fauche, cette méthode de contrôle ne représente aucun danger potentiel sur la faune et la flore lorsque la colonie est de faible taille. Par contre, étant donné que la colonie actuelle atteint une superficie d'un hectare et une densité de plus de 50 tiges/m², la fauche se fait habituellement à l'aide de machineries lourdes plutôt que de fauches. Toutefois, il serait recommandé dans le cas des Îles-de-Boucherville d'utiliser la machinerie lourde seulement dans les milieux exclusivement terrestre afin de limiter les conséquences pour la faune et la flore. Ainsi, une note de +1 a été attribuée à cette méthode puisque la machinerie lourde serait utilisée et qu'elle cause des dommages potentiels pour la disponibilité des ressources et des habitats. (Boivin et autres, 2014b)

Tandis que le bâchage est une technique qui limite l'accès des animaux au site traité et donc à un habitat ou à une source de nourritures potentielles. D'autant plus que la colonie à maîtriser atteint une superficie de plus d'un hectare, ce qui peut représenter un grand bouleversement pour les espèces avoisinantes du site. (Boivin et autres, 2014b) C'est donc pourquoi une note de -2 a été attribuée pour ces deux critères.

Alors que l'ajout de nouvelles espèces végétales compétitrices permet de créer de nouveaux habitats pour les espèces fauniques en plus de procurer de nouvelles sources de nourriture pour certaines d'entre elles. Ainsi, la diversité et l'abondance sont donc favorisées par cette méthode de contrôle. (Boivin et autres, 2014b) C'est pour cette raison que cette technique s'est vue attribuer une note de +2.

Critère de la qualité du milieu envahie

Les Îles-de-Boucherville représentent un attrait touristique de taille pour la région de la Montérégie. Ainsi, la préservation de la qualité de l'eau du fleuve Saint-Laurent est essentielle afin de conserver la beauté des lieux et de ce fait, de maintenir un niveau d'attrait touristique élevé. Afin de limiter l'ajout de contaminants et de sédiments, les techniques de contrôle pouvant brimer la qualité de l'eau sont fortement

déconseillées dans ce cas-ci. Toutefois, ce risque étant quasi nul, la fauche s'est vue attribuer une note de 0 alors que le bâchage comporte certains risques, d'où sa note de -1.

Contrairement à ces deux techniques, la plantation de nouvelles espèces végétales ne possède pas d'effet négatif à ce niveau en plus de permettre de renforcer le sol à l'aide de ces racines, ce qui lui vaut donc une note de +2.

Critère sur le maintien du cycle hydrologique

Puisque les colonies sont majoritairement situées en milieu terrestre et quelques-unes seulement en milieu riverain, aucune des techniques potentielles dans ce cas précis ne peut influencer le cycle hydrologique habituel de ce cours d'eau, d'où la note de +2 pour l'ensemble des méthodes de contrôle.

Conclusion du volet environnemental

Finalement, parmi les trois techniques retenues, l'ajout de plantes compétitives en bordure de la colonie de phragmites exotiques à traiter représente donc la solution la plus viable d'un point de vue environnemental avec un bilan de +8, suivie de très près par la fauche de la graminée avec un bilan de +6. Alors que le bâchage est la solution la moins recommandée dans ce cas précis avec un bilan de -3. (Tableau 6.7)

6.4.2 Volet social

Critère sur l'acceptabilité sociale

Tout d'abord, l'acceptabilité sociale de la population face à l'utilisation de la fauche et de la plantation de végétaux compétiteurs est excellente étant donné que ces techniques sont bien connues de la population et qu'elles ne représentent aucun danger pour celle-ci et l'environnement. Ainsi, c'est pourquoi ces deux techniques se sont vues attribuer la note de +2. Toutefois, le bâchage est une méthode de contrôle peu connue du public. C'est pourquoi des explications devront être fournies à la population au préalable afin que celle-ci comprenne les objectifs et les bienfaits du bâchage. Ainsi, une note de +1 a été attribuée à cette technique puisqu'aucune réticence ne devrait se faire ressentir à ce sujet.

Critères sur la maîtrise de la colonie et les risques d'une nouvelle invasion

Il est important pour les citoyens de savoir si les colonies de roseaux exotiques seront maîtrisées et s'il existe des risques potentiels d'une nouvelle invasion puisque celles-ci peuvent avoir des conséquences néfastes sur eux telles qu'en modifiant l'aménagement du paysage en plus de restreindre leurs activités touristiques (Brisson, 2014).

En ce qui a trait à la fauche, celle-ci permet uniquement le confinement et l'affaiblissement des colonies traitées au fur et à mesure qu'elle est pratiquée à plusieurs reprises, ce qui lui vaut donc une note de +1 pour sa maîtrise des colonies de phragmites exotiques. Ainsi, l'utilisation de cette technique seule ne permet pas d'empêcher une nouvelle invasion de la graminée, d'où sa note de -2. D'autant plus que les

colonies présentes dans les Îles-de-Boucherville représentent une roselière de taille à contrôler. (Brisson, 2014; Boivin et autres, 2014b)

Dans le même ordre d'idée, la plantation de nouveaux végétaux compétitifs permet de limiter la croissance de la plante envahissante en la privant de lumière et d'éléments nutritifs. Ainsi, cette méthode de contrôle permet de maîtriser la graminée, mais à une faible efficacité étant donné la période de temps élevée requise pour ce faire convenablement. D'autant plus que la superficie à maîtriser, cette technique ne permet donc pas la maîtrise efficace des colonies de roseaux exotiques. (Karathanos, 2014) De ce fait, plus la maîtrise est faible, plus les risques d'invasion sont élevés. C'est pourquoi cette méthode de contrôle s'est vue attribuer une note de -1 pour ces deux critères.

Contrairement aux deux autres techniques, le bâchage permet d'éradiquer le phragmite exotique si la toile est conservée durant une période de temps suffisamment élevée pour empêcher les tiges de survivre (Karathanos, 2014). De ce fait, les risques d'invasion sont très faibles à la suite de l'utilisation de cette technique. C'est pourquoi elle s'est vue attribuer une note de +2 pour ces deux critères.

Critère sur le maintien des activités sur le site envahi

Finalement, en ce qui concerne le maintien des activités habituelles sur le site, seul le bâchage limite l'accès au site traité puisque sa toile doit recouvrir entièrement la colonie à maîtriser et que celle-ci ne doit subir aucun dommage afin d'accentuer son efficacité (Karathanos, 2014). C'est pourquoi cette technique s'est vue attribuer une note de -1. Alors que les trois autres méthodes de contrôle permettent la continuité des activités habituelles, sans toutefois les favoriser d'où leur note de 0.

Conclusion du volet social

Le bâchage et la fauche sont les deux techniques les plus recommandées du point de vue social avec un bilan de +3 pour ce volet. Alors que la plantation de végétaux compétitifs en bordure de la colonie de roseaux exotiques obtient un bilan de +2 pour ce volet. Malgré tout, les trois techniques sont recommandées du point de vue social. (Tableau 6.7)

6.4.3 Volet économique

Critères sur le coût initial et le coût d'entretien

Tout d'abord, la fauche occasionne des coûts initiaux élevés étant donné la superficie de la colonie à traiter, soit de plus d'un hectare. Ainsi, des fauches et des cisailles peuvent être difficilement utilisées dans ce cas-ci. Il est plutôt recommandé d'utiliser de la machinerie lourde dans les milieux terrestres afin d'accélérer le processus. Ainsi, une note de -2 a été attribuée pour ce critère. De plus, afin d'augmenter l'efficacité de celle-ci, un suivi doit aussi être effectué à plusieurs reprises. Ainsi, comme la superficie et

la densité des colonies à traiter sont élevées, les coûts d'entretien seront donc, eux aussi, élevés, d'où une note de -2 pour ce critère.

D'un autre côté, le bâchage représente des coûts initiaux élevés pour se procurer une toile de haute qualité qui recouvre l'ensemble du site à maîtriser, ce qui lui vaut donc une note de -2. Par contre, les coûts d'entretien sont très faibles excepté si la toile a subi des dommages, d'où une note de +2 pour ce critère.

Finalement, l'ajout de végétaux compétitifs engendre des coûts élevés si la superficie à végétaliser est élevée. De plus, le coût initial varie aussi en fonction du choix des espèces préconisées, d'où une note de -2 pour ce critère. Toutefois, à moins que les végétaux ne soient morts, cette méthode de contrôle n'entraîne aucuns frais de suivi, ce qui lui vaut donc une note de +2 à ce niveau.

Critère sur le coût environnemental

Le coût environnemental représente les bénéfices en termes de services écologiques que peut fournir une technique de contrôle ou dans le cas contraire, des nuisances pour ceux-ci.

Ainsi, en ce qui concerne la fauche, elle permet aux végétaux présents aux environs du phragmite exotique de profiter de sa faiblesse pour croître davantage et de ce fait, le priver de lumière. Toutefois, l'impact de la fauche sur le retour de la flore indigène est inversement proportionnel à l'ampleur de la colonie de roseaux exotiques présente dans le milieu. Ainsi, vu que la superficie à traiter est de plus d'un hectare dans les Îles-de-Boucherville, le coût environnemental de la fauche sera donc faible. (Boivin et autres, 2014b) C'est donc pourquoi une note de +1 lui a été attribuée pour ce critère.

D'un autre côté, le bâchage prive la flore indigène de croître dans la superficie traitée si celle-ci n'est pas plantée aux abords ou au sein de la toile en plus de limiter l'accès de la faune à cet habitat (Boivin et autres, 2014b). Ainsi, cette technique possède un coût environnemental très élevé, d'où sa note de -2. D'autant plus la grande superficie qui devra être traité.

Finalement, la plantation de nouvelles espèces végétales en bordure de la colonie de roseaux exotiques à maîtriser apporte de nombreux bénéfices à l'environnement. Effectivement, cette technique apporte de la diversité de végétaux au sein du paysage en plus de favoriser la diversité de la faune et de représenter une alimentation de choix pour certaines espèces. (Boivin et autres, 2014b) Toutefois, comme la superficie à traiter est élevée et que le système racinaire de la plante envahissante sera toujours présent dans le sol, les bénéfices environnementaux seront quasi nuls pour cette technique, d'où son attribution de la note de 0.

Critère sur le coût social

Le dernier critère du volet économique porte sur le coût social encouru par la technique de contrôle. Celui-ci est intimement lié avec la présence de biodiversité ainsi que l'accessibilité au milieu pour pratiquer diverses activités, soit deux critères discutés ci-haut.

En ce qui concerne la fauche et la plantation de plantes indigènes, ces deux techniques apportent un coût social très bénéfique puisqu'ils permettent aux citoyens d'accéder au milieu en plus d'assurer une meilleure qualité à l'environnement. En effet, la fauche ainsi que l'ajout de végétaux compétitifs agrémentent la vue des citoyens en enlevant la graminée et en augmentant la densité de flore indigène, ce qui augmente donc la quantité d'animaux présents à proximité. (Boivin et autres, 2014b) Ainsi, ces deux méthodes se sont vues attribuer la note de +2.

Quant au bâchage, il entraîne avec lui des coûts sociaux négatifs puisqu'il ne permet pas le passage aisé de la population à proximité des toiles installées en plus de nuire à l'aspect visuel du paysage. En effet, de par la grande superficie de toiles apposées à la fois en milieu terrestre et riverain et de par sa nuisance pour les espèces floristiques et fauniques, le bâchage ne représente pas une bonne solution à ce niveau. (Karathanos, 2014) Ainsi, une note de -2 lui a été attribuée pour ce critère.

Conclusion du volet économique

Parmi les trois techniques retenues, l'ajout de plantes compétitives en bordure de la colonie de phragmites exotiques à traiter représente la solution la plus viable d'un point de vue économique avec un bilan de +12. Toutefois, la fauche constitue aussi une technique de contrôle envisageable avec un bilan de +8. Alors que le bâchage ne représente pas une solution viable d'un point de vue économique avec un bilan de -4 (Tableau 6.7).

Tableau 6.7 Analyse multicritère sur le choix de techniques optimales pour maîtriser la colonie de phragmites exotiques en bordure des Îles-de-Boucherville en fonction de ses caractéristiques spécifiques

Dimension	Critères	Techniques		
		Fauche	Bâchage	Compétition interspécifique
Environnement	Espèces menacées	+2	-2	+2
	Biodiversité	+2	-2	+2
	Qualité du milieu	0	-1	+2
	Respect du cycle hydrologique	+2	+2	+2
Total		+6	-3	+8
Social	Acceptabilité sociale	+2	+1	+2
	Maîtrise de la colonie	+1	+2	-1
	Risque d'une nouvelle invasion	-2	+2	-1
	Maintien des activités habituelles sur le site	+2	-2	+2
Total		+3	+3	+2
Économique	Coût initial	-2	-2	-2
	Coût d'entretien	-2	+2	+2
	Coût environnemental	+1	-2	0
	Coût social	+2	-2	+2
Total		-1	-4	+2
Grand total		+8	-4	+12

Pour conclure, l'analyse des caractéristiques des colonies de roseaux exotiques ainsi que celles des Îles-de-Boucherville permettent de déterminer que la solution la plus viable pour maîtriser la colonie à l'étude serait, une fois de plus, la plantation de végétaux en bordure de la colonie de phragmites exotiques, soit

avec un bilan de +12 pour les trois volets du développement durable. De plus, la fauche représente aussi une solution viable de ce point de vue avec un bilan de +8. Par contre, le bâchage n'est pas recommandé principalement en raison de ces effets nocifs sur l'abondance et la diversité de la faune et de la flore avoisinante, soit pour un bilan de -4 pour les trois volets à l'étude.

Idéalement, afin de contrôler efficacement la propagation du phragmite exotique, il serait recommandé d'utiliser d'abord la technique du bâchage afin de limiter la croissance des plants de la graminée. Toutefois, afin de réduire les conséquences de cette méthode de contrôle sur l'environnement, il est conseillé d'implanter des espèces compétitives aux roseaux exotiques au sein de cette toile. Bien que la combinaison de ces deux techniques soit coûteuse initialement, le coût d'entretien sera quasi nul. En outre, cette combinaison permettra d'accentuer l'efficacité des deux techniques en plus de rétablir la flore indigène présente dans les Îles-de-Boucherville et de ce fait, la faune qui lui est associée, et ce, au grand plaisir des touristes.

CONCLUSION

Le phragmite exotique possède de nombreuses caractéristiques qui font de lui une plante envahissante redoutable au Québec. Par exemple, l'espèce bénéficie d'une reproduction à la fois sexuée et végétative, ce qui lui permet de coloniser rapidement de nouveaux territoires à l'aide de ses graines, ses stolons et ses rhizomes. De plus, la graminée possède aussi la capacité de former de nouveaux individus à partir de ses fragments de tiges, de stolons et de rhizomes, d'où l'importance de s'assurer de se débarrasser de l'ensemble de ses résidus à la suite d'un contrôle.

Toutefois, la graminée semble être plus vulnérable lors de sa première année de croissance puisque seulement 33 % de ces individus survivraient au premier hiver. La plantation de végétaux à croissance rapide en bordure des jeunes colonies de roseaux exotiques permet donc d'empêcher la plante invasive d'obtenir suffisamment de lumières et de nutriments pour croître convenablement. Par contre, si la colonie de phragmites exotiques n'est pas traitée le plus tôt possible, celle-ci formera d'immenses réseaux racinaires qui lui permettront de bien s'ancrer dans le paysage, soit pour une proportion totale du trois quart de sa biomasse. Actuellement, malgré que bons nombres de techniques aient été testés afin de limiter sa propagation et idéalement l'éradiquer, aucune d'entre elles ne présente une solution miracle et ne semble fonctionner à coup sûr.

Les effets du roseau exotique sur l'environnement sont principalement dus à la forte densité de ces colonies puisqu'elle limite l'accès de certaines espèces animales telles que les amphibiens et les oiseaux aquatiques à leur source de nourriture et leur habitat. De plus, le niveau de l'eau semble jouer un rôle important pour le choix du site des espèces aviaires en raison de la hauteur désirée de la fabrication de

leurs nids et des risques d'inondation associés au milieu choisi. Bien entendu, le roseau exotique possède un rôle indirect dans le niveau des eaux via sa production élevée de litières au sol qui mène progressivement à l'assèchement du milieu humide. Ce phénomène rend ainsi plus difficile la recherche de proies pour les oiseaux s'alimentant d'insectes ou d'invertébrés. Alors que l'uniformisation du paysage, le refroidissement de la température de l'eau en plus de l'assèchement des milieux humides sont des effets indirects importants du roseau exotique sur les poissons. Toutefois, les roselières représentent tout de même un choix d'habitat pour plusieurs, mais de qualité moindre que les assemblages de végétaux de référence.

Cet essai a permis, en premier lieu, de dresser un portrait actuel de l'envahissement du roseau exotique au Québec. Par la suite, les principales caractéristiques de la plante envahissante ont été discutées en plus de ses effets sur l'environnement, la faune et la flore qu'il l'entoure. Aussi, les trois milieux humides à l'étude ont été décrits et caractérisés, tout comme les onze techniques potentielles de contrôle des colonies de phragmites exotiques.

Ensuite, afin de répondre à l'objectif de cet essai qui était de produire un outil d'aide à la décision pour les municipalités qui sont aux prises avec un problème d'envahissement du roseau exotique dans leurs milieux humides en plus de leur exposer des exemples de cas concret, deux analyses ont été effectuées. La première analyse s'est d'abord basée sur les caractéristiques spécifiques de la colonie à traiter telles que sa superficie, sa densité, son emplacement (terrestre, riverain ou littoral) ainsi que son niveau de maturité. Celle-ci a permis de mettre en évidence lesquelles des techniques s'appliquaient à la colonie à maîtriser avant même que les caractéristiques spécifiques du milieu ne soient prises en compte. Par la suite, une analyse multicritère a permis de pondérer chacun des douze critères prédéterminés, soit quatre critères par sphère du développement durable. Ainsi, l'analyse multicritère visait à trouver quelles techniques étaient optimales pour la colonie à l'étude d'un point de vue de développement durable.

En somme, la solution optimale pour contrôler les colonies à l'étude de la rivière Châteauguay serait tout d'abord de faucher le phragmite exotique afin d'affaiblir sa population. Par la suite, la plantation de végétaux compétitifs au sein de ce site traité permettrait, quant à elle, de limiter la croissance de la plante envahissante en la privant de lumière et de nutriments importants. La combinaison de ces deux techniques serait à préconiser dans ce cas-ci puisque les colonies à traiter possèdent une densité d'environ 20 à 50 tiges/m² pour une superficie totale de 50 à 500 m² et qu'elles sont jugées comme étant matures et au sein de la rive de la rivière Châteauguay.

Alors que la solution optimale pour la colonie de roseaux exotiques en marge du marais Miller situé dans la Ville de Rosemère serait tout d'abord de procéder à l'excavation mécanique de celle-ci en raison de sa

forte superficie et densité dans le milieu terrestre. Une fois l'ensemble de la biomasse retirée, il est recommandé de procéder à la plantation de végétaux indigènes afin de réhabiliter le sol perturbé et de ce fait, limiter davantage le retour de la graminée sur le site.

Finalement, il est conseillé pour les colonies de phragmites exotiques présentes sur les Îles-de-Boucherville avec une grande superficie et densité qui s'étendent du milieu terrestre au milieu riverain de procéder à leur fauche pour par la suite, installer une toile de géomembrane sur l'ensemble du site à traiter. Une fois de plus, la plantation d'espèces indigènes est incontournable pour favoriser de meilleurs résultats du contrôle de la plante envahissante en plus de favoriser la présence de la faune à ces endroits.

RÉFÉRENCES

- Albert, A., Perez, A., Gagnon-Lupien, N. et Laroche, M. (2011). L'invasion des milieux humides du Saint-Laurent par le roseau commun : une menace pour la biodiversité ? In Bulletin de Boucherville. *Recherche fondamentale*. <http://www.sepaq.com/dotAsset/3d7ed5b8-e011-49fe-aa25-fc48f725d002.pdf> (Page consultée le 8 mai 2015).
- Amiri, B. et Collin, G. (2014). *Bilan de l'état actuel des rives de la rivière Châteauguay et recommandations pour sa protection*. 1^{er} édition, Montréal, Université de Sherbrooke, 261 p.
- Association Jardin et Écotourisme (2012). Lutte biologique. In Association Jardin et Écotourisme. *L'écotourisme*. <http://www.jardin-et-ecotourisme.fr/conseils/lutte-biologique.php> (Page consultée le 8 mai 2015).
- Belvisi, J. et Beaulieu, J. (2008). *Cartographie de base des milieux humides de la Montérégie : Rapport de synthèse*. 1^{er} édition, Géomont et Canards Illimités Canada, Québec, 28 p.
- Beaudin, E. La vie en vert, Montréal, Télé-Québec, 14 novembre 2007, émission de télévision (30 minutes).
- Beaulieu, J., Daigle, G., Gervais, F., Murray, S. et Villeneuve, C. (2010). *Cartographie détaillée des milieux humides du territoire de la Communauté métropolitaine de Montréal : Rapport de synthèse*. 1^{er} édition, Canards Illimités Canada, 60 p.
- Bédard, Y., Lafrance, M., Lavoie, C., Brisson, J., Debois, S. et Belzile, F. (2008). *L'invasion du réseau autoroutier du Québec par le roseau commun (Phragmites Australis)*. 1^{er} édition, Montréal, Groupe de recherche Phragmites, 13 p.
- Boivin, P., Albert, A. et Brisson, J. (2011). *Prévenir et contrôler l'invasion des autoroutes par le roseau commun (Phragmites australis) : volet intervention (R538.3) et volet analytique (R538.2)*. 1^{er} édition, Québec, Institut de recherche en biologie végétale, 40 p.
- Boivin, P., Karathanos, S. et Brisson, J. (2014a). *Étude des cas soumis par les participants*. 1^{er} édition, Québec, Institut de recherche en biologie végétale, 42 p.
- Boivin, P., Karathanos, S. et Brisson, J. (2014b). *Lutte au roseau commun*. 1^{er} édition, Québec, Institut de recherche en biologie végétale, 39 p.
- Boivin, P., Karathanos, S. et Brisson, J. (2014c). *Lutte au roseau (partie 2): Bâchage, herbicide et restauration*. 1^{er} édition, Québec, Institut de recherche en biologie végétale, 47 p.
- Boutin, A. et Poulin, M. (2013). *Projet pilote de restauration du marais Miller phase I (2012-2013). Extrait du rapport final présenté au Ministère des Ressources naturelles et de la Faune*. 1^{er} édition, Laval, Éco-Nature, 88 p.
- Brillant, R. et du Montier, M. *Découverte*, Montréal, Société Radio-Canada, 30 janvier 2010, émission de télévision (60 minutes).
- Brisson, J. (2014). *Roseau commun : le Dr Jekyll et Mr Hyde du monde végétal* 1^{er} édition, Québec, Institut de recherche en biologie végétale, 71 p.

- Canada. Environnement Canada (2013). Environnement Canada. Eau. *In* Environnement Canada. *L'état de santé des Grands Lacs ? Phosphore et prolifération des algues*. <http://www.ec.gc.ca/grandslacs-greatlakes/default.asp?lang=Fr&n=6201FD24-1> (Page consultée le 8 mai 2015).
- Canards Illimités Canada (2006). *Plan de conservation des milieux humides et de leurs terres hautes adjacentes de la région administrative de la Montérégie*. 1^{er} édition, Manitoba, Canards Illimités Canada, 98 p.
- Canards Illimités Canada (2012a). *Plan de conservation : Portrait des milieux humides et de leurs terres hautes adjacentes de la région administrative de Laval*. 1^{er} édition, Montréal, Canards Illimités Canada, 23 p.
- Canards Illimités Canada (2012b). *Plan de conservation : Portrait des milieux humides et de leurs terres hautes adjacentes de la région administrative de Montréal*. 1^{er} édition, Montréal, Canards Illimités Canada, 23 p.
- Conseil régional de l'environnement de l'Abitibi-Témiscamingue (2015). Roseau commun (*Phragmites australis*) Commun reed. *In* CREAT. *CREAT*. http://www.creat08.ca/even_plantes/8.htm (Page consultée le 8 mai 2015).
- COSEPAC (2009). *Mise à jour : Évaluation et rapport de situation du COSEPAC sur le Petit Blongios (*Ixobrychus exilis*) au Canada*. Ottawa, COSEPAC, 49 p.
- Doyon, M. et Frej, S. (2003). *Le récréotourisme et l'environnement naturel dans les aires protégées périurbaines : la région métropolitaine de Montréal*. *Revue canadienne des sciences régionales*, Été-Automne 2003, 419-430
- Fortier, S. (2010). Gérer le phragmite, cette plante envahissante. *Le Courrier Sud*, 17 août.
- Futura Nature (2015a). Rhizome. *In* Futura-Sciences. *Dictionnaire*. <http://www.futura-sciences.com/magazines/nature/infos/dico/d/botanique-stolon-5183/> (Page consultée le 7 mai 2015).
- Futura Nature (2015b). Stolon. *In* Futura-Sciences. *Dictionnaire*. <http://www.futura-sciences.com/magazines/nature/infos/dico/d/botanique-stolon-5183/> (Page consultée le 7 mai 2015).
- Gagnon Lupien, N. (2013). *Impact du roseau commun (*Phragmites australis*) sur les assemblages et le comportement des oiseaux dans des marais d'eau douce du sud du Québec*. Mémoire, Université de Laval, Québec, Québec, 109 p.
- Google maps (2015). Ville de Châteauguay. *In* Google maps. *Google maps*. <https://www.google.ca/maps/@45.3776664,-73.7570744,12z> (Page consultée le 8 mai 2015).
- Groupe Phragmites (2012). Le roseau envahisseur : la dynamique, l'impact et le contrôle d'une invasion d'envergure. *Le Naturaliste canadien*, Été 2012
- Herrmann, T. M., Costina, A. A. et Costina, M. (s.d). *Les espèces introduites et envahissantes au Canada : État des lieux des risques et impacts environnementaux et propositions pour leur gestion*. Universitatea Babeş-Bolyai, Roumanie, 12 p. http://riscurisicatastrofe.reviste.ubbcluj.ro/Volume/XI_Nr_10_1_2012/PDF/Thora.pdf (Page consultée le 8 mai 2015).

- Jodoin, Y. (2006). *Le roseau commun (Phragmites australis) en bordure des autoroutes du Québec : une étude génétique et biogéographique*. Mémoire, Université de Laval, Québec, Québec, 48 p.
- Karathanos, S. (2014). *Les approches de gestion du roseau commun envahissant (Phragmites australis ssp. Australis) le long du Saint-Laurent*. Revue de littérature, Université de Montréal, Montréal, Québec, 40 p.
- Lapierre, M. (2013). *Analyse des pratiques exemplaires pour la protection des milieux lacustres dans la région des Laurentides*. Mémoire, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec, 116 p.
- Larochelle, M. (2011). *Effets de l'invasion de deux milieux humides d'eau douce du fleuve Saint-Laurent par le roseau commun sur la reproduction et la croissance du grand brochet*. Mémoire, Université de Laval, Québec, Québec, 68 p.
- Lelong, B. (2008). *La dissémination du roseau commun (Phragmites australis) dans le paysage québécois : une analyse spatio-temporelle*. Mémoire, Université de Laval, Québec, Québec, 118 p.
- Meyer, S. W. (2003). *Comparative use of Phragmites australis and other habitats by birds, amphibians, and small mammals at Long Point, Ontario*. Mémoire, University of Western Ontario London, London, 146 p.
- Meyer, S.W., Badzinski, S.S., Petrie, S.A. et C.D. Ankney. (2010). Seasonal abundance and species richness of birds in common reed habitats in Lake Erie. *Journal of Wildlife Management*. 74: 1559-1567.
- Mille-Isles (s.d). *L'eutrophisation*. Document public, Mille-Isles, Québec, Québec, 2p. http://www.mille-isles.ca/database/Image_usager/2/Environnement/fiche_eutro.pdf (Page consultée le 12 mars 2015).
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (s.d). *Atlas du bassin versant de la rivière Châteauguay*. Document public, Québec, Québec, 2 p. <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/atlas/chateauguay/grandes-affectations.pdf> (Page consultée le 12 mars 2015).
- Paradis, É. (2008). *Effet de la salinité sur la compétition entre le roseau (Phragmites australis) et les quenouilles (Typha spp.)* Mémoire, Université de Montréal, Montréal, Québec, 153 p.
- Perez, A. (2011). *Le roseau commun (Phragmites australis) influence-t-il la composition spécifique et le développement larvaire d'amphibiens ?* Mémoire, Université de Laval, Québec, Québec, 165 p.
- Plantes envahissantes : Éradication, contrôle, prévention (2014). Groupe Phragmites, Université de Laval, DVD.
- Québec. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (2011). Les Graminées (Poacées). In MAPAQ. *MAPAQ*. <http://www.mapaq.gouv.qc.ca/dgpar/arico/herbierv/gramfond.htm> (Page consultée le 8 mai 2015).
- Rivard, N. et Karathanos, S. (2013). La gestion intégrée du roseau commun aux Îles-de-Boucherville un défi à la hauteur ! SEPAQ, 17 décembre.

SEPAQ (2015a). Accueil. *In* SEPAQ. *SEPAQ*. <http://www.sepaq.com/pq/bou/index.dot> (Page consultée le 8 mai 2015).

SEPAQ (2015b). Parc national du Bic. *In* SEPAQ. *SEPAQ*. <http://www.sepaq.com/pq/bic/conserver/> (Page consultée le 8 mai 2015).

SEPAQ (s.d). Parc national des Îles-de-Boucherville : liste des espèces en péril. *In* SEPAQ. *SEPAQ*. <http://www.sepaq.com/dotAsset/27252.pdf>. (Page consultée le 8 mai 2015).