IMPACTS DES ESPÈCES EXOTIQUES ENVAHISSANTES SUR LA BIODIVERSITÉ EN MILIEU URBAIN QUÉBÉCOIS : LE CAS DE L'AGRILE DU FRÊNE

Par
Sébastien Martin

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

Sous la direction de Monsieur Jean-Marie Bergeron

MAÎTRISE EN ENVIRONNEMENT
UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Octobre 2014

SOMMAIRE

Mots clés : agrile du frêne, *Agrilus planipennis*, espèces exotiques envahissantes, biodiversité, municipalités, plan d'action, réchauffement climatique

Le réchauffement climatique est devenu une source de problèmes majeure dans les sociétés. Ce phénomène entraine de nombreuses conséquences, dont l'invasion accélérée d'espèces exotiques envahissantes en milieux urbains. Ces organismes représentent une menace réelle pour certaines espèces végétales et animales, mais également pour d'autres qui dépendent de celles-ci. L'agrile du frêne (*Agrilus planipennis*), un insecte ravageur originaire d'Asie, est responsable de la mort de millions de frênes depuis sa découverte en Amérique en 2002. La disparition de cette énorme quantité d'arbres se répercute sur de nombreux organismes associés aux frênes en les privant de leur habitat ou de leur source de nourriture.

Cet essai vise à analyser les impacts des espèces exotiques envahissantes sur la biodiversité en milieu urbain québécois à court terme en étudiant le cas de l'agrile du frêne. Ainsi, il a été montré que l'insecte ravageur est fatal pour toutes les espèces de frênes et que plusieurs espèces d'arthropodes, d'oiseaux et de micromammifères seront gravement affectées lorsque la disparition de ces feuillus atteindra un point critique. Étant donné que plusieurs organismes dépendent fort probablement des espèces directement affectées par la perte des frênes, une réaction en chaine est susceptible de se produire. Une telle perte de biodiversité entrainera assurément des impacts économiques et sociaux majeurs. Il a été établi que des effets sur la santé humaine sont à prévoir, de même qu'une régression marquée de la valeur des propriétés des zones affectées.

Des plans d'action ont été élaborés pour lutter contre l'agrile du frêne. Toutefois, ceux-ci ne traitent presque pas de la problématique concernant la perte de biodiversité. Pour combler cette lacune, l'essai propose un plan d'action qui vise à préserver la biodiversité locale face à l'agrile du frêne. Celui-ci est composé de quatorze objectifs spécifiques divisés en quatre catégories représentant chacun un résultat précis à atteindre. Les municipalités qui prendront l'initiative d'appliquer ce plan d'action devraient être en mesure de ralentir d'une manière significative la perte de biodiversité associée à la problématique de l'agrile du frêne, en plus d'éviter la plupart des impacts sociaux et économiques découlant de cette disparition massive.

REMERCIEMENTS

Je souhaite d'abord remercier mon directeur d'essai, Monsieur Jean-Marie Bergeron, qui a été pleinement disponible tout au long de mon essai. Ses commentaires rapides et pertinents ont contribué à bonifier chaque partie de ce document.

Je tiens à remercier tous les professionnels qui ont pris le temps de répondre à mes courriels et à mes appels téléphoniques. Leurs informations ont permis l'avancement de ma recherche documentaire.

Je veux aussi remercier ma famille qui m'a appuyé pendant l'ensemble de mes études. Sans eux, je ne serais probablement pas en train d'écrire ces quelques lignes.

Un autre gros merci à mes amis de la maitrise. J'ai passé d'excellents moments en votre compagnie à Sherbrooke et Arlon. C'était certainement mes deux plus belles années d'études surtout grâce à vous. Un merci particulier à ceux avec qui j'ai discuté en long et en large de l'essai et tout ce qui vient avec.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION 1

1 MISE EN CONTEXTE 4

1.1 Espèces exotiques envahissantes 4

1.1.1 Définition 4

1.1.2 Voies d'introduction 7

1.1.3 Effets du réchauffement climatique 8

1.2 Milieu urbain québécois 9

1.2.1 Définition 9

1.2.2 Principales espèces exotiques envahissantes présentes 9

1.2.3 Impacts généraux des espèces exotiques envahissantes 10

1.3 Choix de la problématique de l'agrile du frêne comme étude de cas 12

2 IMPACTS DE L'AGRILE DU FRÊNE SUR LA BIODIVERSITÉ URBAINE QUÉBÉCOISE 14

2.1 Impacts sur les frênes 14

2.2 Problématique de l'espace laissé vacant par les frênes 16

2.3 Impacts sur les espèces utilisant le frêne dans leur cycle de vie 18

2.3.1 Impacts sur les arthropodes 19

2.3.2 Impacts sur les oiseaux 20

2.3.3 Autres impacts 22

2.4 Analyse sur l'interdépendance des espèces 23

3 IMPACTS SOCIAUX ET ÉCONOMIQUES CAUSÉS PAR UNE PERTE DE BIODIVERSITÉ IMPORTANTE 25

3.1 Impacts sociaux 25

3.2 Impacts économiques 28

4 REVUE DES ACTIONS POUR PROTÉGER LA BIODIVERSITÉ 32

4.1 Actions en application au Québec ou ailleurs 32

4.1.1 Inventaire de frênes 34

4.1.2 Dépistage de l'agrile du frêne 35

4.1.3 Traitements et abatages des frênes 37

4.1.4 Mesures législatives 39

4.1.5 Informer et sensibiliser la population 40

4.2 Techniques considérées 41
4.2.1 Introduction de guêpes chinoises 41
4.2.2 Contamination par des champignons entomopathogènes 42
4.2.3 Autres techniques notables 42
5 PROPOSITION D'UN PLAN D'ACTION 44
5.1 Présentation des résultats attendus 46
5.2 Objectifs spécifiques et actions associées 47
5.2.1 Objectifs et actions pour protéger le plus de frênes possible 47
5.2.2 Objectifs et actions pour favoriser la sauvegarde des espèces dépendantes des frênes ... 52
5.2.3 Objectifs et actions pour favoriser la biodiversité locale 55
5.2.4 Objectif et actions pour aider la recherche sur la préservation de la biodiversité 57
5.3 Suivi du plan d'action 59
5.4 Limites du plan d'action 60
CONCLUSION 61
RÉFÉRENCES 63
ANNEXE 1 – TRANSPORT EN TERRITOIRE CANADIEN DE PRODUITS RÉGLEMENTÉS À PARTIR DE ZONES RÉGLEMENTÉES VERS DES ZONES NON RÉGLEMENTÉES 72
ANNEXE 2 – TRANSPORT EN TERRITOIRE CANADIEN DE PRODUITS RÉGLEMENTÉS À PARTIR D'UNE ZONE RÉGLEMENTÉE, TRANSITANT PAR UNE ZONE NON RÉGLEMENTÉE 75

LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX

Figure 1.1 Exemple d'un écosystème dominé par la salicaire pourpre 6
Figure 1.2 L'agrile du frêne 12
Figure 2.1 Tunnels en forme de méandre creusés par l'agrile du frêne 15
Figure 2.2 Mortalité des frênes sur un rayon de 2,5 km causée par l'agrile du frêne en fonction de son année de découverte 16
Figure 3.1 Rue résidentielle avant et après l'infestation par l'agrile du frêne 27
Figure 4.1 Frêne annelé 36
Figure 4.2 Lieux règlementés pour l'agrile du frêne au Canada depuis le 1er avril 2014 40

Tableau 1.1 Principales voies d'entrée d'origine anthropique des espèces exotiques envahissantes 7
Tableau 1.2 Principales espèces exotiques envahissantes présentes en milieu urbain québécois.. 10
Tableau 2.1 Distribution des arthropodes selon la catégorie de risque et son ordre taxonomique 20
Tableau 3.1 Bénéfices annuels de la forêt urbaine de Toronto 30
Tableau 5.1 Résumé du plan d'action proposé pour protéger la biodiversité contre l'agrile du frêne 45
Tableau 5.2 Objectifs spécifiques pour protéger le plus de frêne possible 48
Tableau 5.3 Objectifs spécifiques pour favoriser la sauvegarde des espèces dépendantes des frênes 53
Tableau 5.4 Objectifs spécifiques pour favoriser la biodiversité locale 56
Tableau 5.5 Objectifs spécifiques pour aider la recherche sur la préservation de la biodiversité.. 58

LISTE DES ACRONYMES

ACIA	Agence canadienne d'inspection des aliments
COSEPAC	Comité sur la situation des espèces en péril du Canada
CQEEE	Conseil québécois des espèces exotiques envahissantes
EEE	Espèce exotique envahissante
MDDELCC	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
MBTU	Mille *British Thermal Units*
MWh	Mégawatt-heure
PIB	Produit intérieur brut
SLAM	*SLow Ash Mortality*
UICN	Union internationale pour la conservation de la nature
USDA	*United States Department of Agriculture*
WWF	*World Wildlife Fund*

INTRODUCTION

Depuis de nombreuses années, il semble y avoir consensus dans la communauté scientifique au sujet du déclin de la biodiversité à travers le monde. En effet, selon le *World Wildlife Fund* (WWF), le nombre d'individus d'une même espèce a, en moyenne, diminué de 30 % entre 1970 et 2008 (WWF, 2012). Il est également estimé qu'au moins 10 000 espèces disparaissent chaque année, soit environ 0,1 % du nombre total d'espèces présentes actuellement sur la Terre (WWF, s.d.). Contrairement aux extinctions majeures que la planète a déjà connues dans les derniers 500 millions d'années, la présente perte d'espèces se fait graduellement et l'être humain semble en être le principal responsable. Cette perte rapide d'espèces est entre 1000 et 10 000 fois plus importante que le taux de disparition estimé par la communauté scientifique (WWF, s.d.). Cette perte de biodiversité ne montre aucun signe de ralentissement et, à la lumière de plusieurs indicateurs, elle pourrait même s'accentuer davantage au cours des prochaines années (Butchart et autres, 2010). Plusieurs facteurs d'origine anthropique expliquent cette problématique majeure. L'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) dresse une liste de onze menaces pour la biodiversité. Cette liste, qui comprend tant les impacts négatifs provenant du développement résidentiel et commercial que les modifications naturelles des écosystèmes, est généralement acceptée par tous dans le domaine de la conservation (UICN, 2013; Salafsky et autres, 2008; Wong, 2012). La liste de l'UICN fait aussi mention des espèces exotiques envahissantes (EEE), la deuxième plus importante menace pour la biodiversité dans le monde (UICN, 2011a). Plusieurs autres organisations pensent également que ces envahisseurs représentent une réelle menace pour la biodiversité. C'est entre autres le cas du Ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique qui classait, lui aussi, les EEE comme deuxième menace et de Venter et autres (2006) qui positionnent cette menace au troisième échelon en terme d'importance, en s'appuyant sur les données du Comité sur la situation des espèces en péril du Canada (COSEPAC) (British Columbia Ministry of Environment, 2007).

Le réchauffement climatique est devenu une problématique incontournable dans notre société. Celle-ci entraine de nombreuses conséquences, dont le déplacement d'espèces nuisibles, ou qui le sont potentiellement, vers le nord qui constituait autrefois une barrière contre les espèces qui nécessitent un climat plus chaud. C'est ainsi que plusieurs espèces exotiques envahissent les milieux urbains québécois. Ces invasions sont de plus en plus fréquentes et rien n'indique que cela va diminuer dans le futur. Les organismes non désirables représentent une menace réelle pour certaines espèces végétales et animales, mais également pour d'autres espèces qui dépendent de

celles-ci. Par exemple, l'agrile du frêne (*Agrilus planipennis*), un coléoptère vert émeraude originaire d'Asie qui s'attaque aux 23 espèces de frêne d'Amérique du Nord, menace de tuer des dizaines de milliers, sinon plusieurs centaines de milliers, de frênes en milieu urbain québécois (Ressources naturelles Canada, 2014a). Or, ces arbres, qui sont en pleine feuillaison en été, représentent une source de nourriture et un habitat pour plusieurs espèces d'oiseaux, de même que pour certains mammifères. Dans cette optique, il est intéressant d'étudier l'interdépendance entre les espèces indigènes pour s'assurer de cerner l'ampleur des dégâts que pourraient causer l'établissement des EEE en milieu urbain québécois. Outre les impacts environnementaux, cette perte de biodiversité va assurément causer des impacts au niveau économique et social. Par conséquent, la réalisation d'études permettant de bien comprendre, entre autres, les caractéristiques des EEE et les méthodes pour les contrôler, s'avère essentielle pour protéger la biodiversité indigène et contrer les effets négatifs de ces envahisseurs, en tenant compte des relations entre les différentes espèces présentes en milieu urbain.

Dans ce contexte, le présent essai a pour objectif d'analyser les impacts des espèces exotiques envahissantes sur la biodiversité en milieu urbain québécois à court terme en étudiant le cas de l'agrile du frêne et proposer un plan d'action permettant de limiter les effets négatifs sur la biodiversité. La problématique entourant l'agrile du frêne est d'actualité au Québec depuis déjà quelques années. L'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA) a confirmé la présence de l'espèce en Montérégie en 2008, à Montréal et Gatineau en 2011 et à Longueuil en 2012 et depuis ce temps, plusieurs initiatives ont été mises en place pour tenter de la contrôler (Ressources naturelles Canada, 2014b). À Montréal, où 200 000 frênes, soit 20 % des arbres, sont présents, le Plan d'action montréalais de lutte contre l'agrile du frêne 2012-2015 a été mis sur pied (Ville de Montréal, 2013a). D'autres villes du Québec comme Laval ou Boisbriand ont également mis sur pied un plan d'action récemment (Ville de Laval, 2014; Ville de Boisbriand, s.d.). Bien qu'intéressants, ces plans ne tiennent pas compte des impacts de la perte des frênes sur la biodiversité et ne présentent donc pas d'actions pour limiter ceux-ci. Le plan d'action qui sera présenté dans cet essai tentera de combler cette lacune.

Étant donné l'ampleur du problème et le poids qu'occupe l'agrile du frêne dans les médias, toutes sortes d'informations sont véhiculées à ce sujet. Ainsi, afin d'assurer la pertinence des propos avancés dans ce document, l'essai s'appuiera exclusivement sur des références de qualité. Ainsi, seules les sources de données reconnues comme fiables seront utilisées, c'est-à-dire des sources

gouvernementales, scientifiques, des rapports d'experts ou autres documents aussi crédibles. Les articles révisés par les pairs, de même que les rapports de sources officielles seront privilégiés. Advenant qu'un doute soit soulevé sur la crédibilité d'une référence, cette dernière sera écartée. Au besoin, pour confirmer ou préciser une information ou pour recueillir des renseignements supplémentaires, des experts reconnus seront consultés. Toute l'information amassée devra pouvoir s'appliquer au contexte du milieu urbain québécois

Afin de répondre aux objectifs de l'essai, le document a été divisé en cinq chapitres. Les quatre volets initiaux constitueront la recherche d'information servant à l'élaboration et à la présentation du plan d'action abordé dans le chapitre ultime. Le premier chapitre, la mise en contexte, présentera des définitions pertinentes, ainsi que des informations de base pour s'assurer que le lecteur puisse bien comprendre le présent travail. Par la suite, la deuxième section traitera des impacts de l'agrile du frêne sur la biodiversité, dans un contexte urbain québécois. L'impact de l'insecte sur les frênes sera d'abord abordé, suivi de ceux sur les autres espèces affectées par la perte des arbres. Cet important chapitre permettra de répondre à la première partie de l'objectif principal. Ceci sera suivi par la présentation des impacts sociaux et économiques causés par une perte de biodiversité importante dans le chapitre trois. Ce dernier démontrera que la biodiversité est source de nombreux biens et services pour la société, en plus de justifier la nécessité d'adopter des plans d'action locaux la protégeant de la menace des espèces exotiques envahissantes. Le quatrième volet traitera des actions déjà en œuvre au Québec. Il permettra d'identifier les lacunes et les améliorations à apporter aux plans d'action actuels afin de protéger la biodiversité face à l'agrile du frêne en milieu urbain québécois. Ces éléments seront importants dans la confection du plan d'action proposé au chapitre suivant. Justement, le cinquième chapitre, le dernier, présentera le plan d'action proposé dans le cadre de ce travail et quelques éléments pour assurer sa mise en œuvre. En plus du diagnostic effectué dans la première partie de l'essai, le plan d'action présenté tiendra compte de ceux déjà élaborés par certaines municipalités du Québec (Ville de Montréal, 2013a; Ville de Laval, 2014; Ville de Boisbriand, s.d.) et de diverses stratégies de contrôle des EEE rédigées à travers le monde (Environnement Canada, 2004; Genovesi et Shine, 2011).

1 MISE EN CONTEXTE

Afin de bien comprendre la problématique soulevée par les espèces exotiques envahissantes (EEE) sur la biodiversité en milieu urbain tel qu'énoncé dans ce document, il est nécessaire d'effectuer une mise en contexte comprenant quelques éléments essentiels. Les concepts de base sur les EEE seront présentés, l'expression *milieu urbain québécois* sera précisée et le choix de l'agrile du frêne comme cas d'étude, plutôt que n'importe quelle autre espèce nuisible, sera justifié.

1.1 Espèces exotiques envahissantes

Les EEE occupent une place centrale dans cet essai. Ainsi, il est nécessaire de formuler une définition précise de ce qu'est une EEE. Dans le but de bien comprendre toute la problématique liée à ces espèces nuisibles, leurs voies d'entrée et de propagation seront traitées. Les effets du réchauffement climatique sur la propagation de beaucoup de ces espèces nuisibles seront notamment abordés.

1.1.1 Définition

La définition donnée à l'expression « espèce exotique envahissante » fait l'objet d'un consensus dans la communauté scientifique, bien que la formulation de celle-ci peut varier selon la source bibliographique. L'expression est composée de deux termes clés. Le premier, *exotique*, veut dire que l'espèce vient d'ailleurs, soit d'une zone géographique différente. C'est le contraire du mot *autochtone* qui désigne une espèce d'origine locale. Le deuxième mot, *envahissante*, signifie que l'espèce envahit une région et qu'elle a le potentiel de causer des problèmes lors de la colonisation de nouveaux écosystèmes. Ainsi, une EEE fait référence à une espèce introduite hors de son aire de répartition naturelle et qui peut devenir nuisible dans son écosystème d'accueil (Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC), s.d.; UICN, 2011b). L'espèce en question peut être un végétal, un animal ou toute autre sorte d'organismes, tels que des bactéries ou des virus. Afin d'être considéré comme une EEE, l'établissement ou la propagation de l'espèce doit causer un préjudice à l'environnement, à l'économie ou à la société hôte (MDDELCC, s.d.). C'est donc dire qu'une espèce peut être introduite dans un nouveau milieu et devenir une EEE plus tard, soit après plusieurs années d'implantation. Au Québec, ces espèces importunes font l'objet d'une classification assez basique dans le but de déterminer leurs impacts potentiels. Celle-ci est composée des trois classes suivantes :

(1) préoccupantes et présentes au Québec;

(2) préoccupantes, mais à l'extérieur du Québec;

(3) peu préoccupantes et présentes au Québec.

Le nombre d'introductions d'espèces au Canada augmente exponentiellement depuis les années 1960, mais ces espèces ne deviennent pas toutes envahissantes (Environnement Canada, 2013a). Par exemple, au Canada, 1229 espèces de plantes vasculaires, soit 24 % du nombre total, sont exotiques, mais seulement 486 sont considérées comme des plantes envahissantes ou des mauvaises herbes (ACIA, 2008). Les EEE présentent quelques caractéristiques qui font en sorte qu'elles peuvent devenir, comme leur nom l'indique, envahissantes. D'abord, leur croissance est généralement rapide, tout comme leur taux de reproduction. Ceci leur confère souvent un avantage compétitif sur les espèces autochtones, en plus de leur permettre de coloniser un milieu rapidement. Ensuite, les envahisseurs ont habituellement peu ou pas de prédateurs naturels. Elles peuvent donc se développer dans tout milieu favorable sans la compétition d'autres espèces. Dans leur milieu d'origine, les EEE affrontent des prédateurs naturels et des facteurs de mortalité locale qui limitent une trop grande croissance. Enfin, la plupart des espèces indésirables sont capables de se développer dans de multiples conditions. Ceci leur permet une croissance soutenue dans leur milieu d'accueil, souvent quelque peu différent, et une prolifération au détriment des espèces locales qui nécessitent, en règle générale, des conditions plus particulières. (Environnement Canada, 2013b)

Toutes les caractéristiques présentées au paragraphe précédent font en sorte que les EEE perturbent l'équilibre naturel de l'écosystème dans lequel elles s'implantent. Lorsqu'une, ou plusieurs, de celles-ci sont présentes chez une espèce exotique, cette dernière peut devenir envahissante à différent degré dans l'écosystème. Par exemple, la salicaire pourpre (*Lythrum salicaria*), une espèce végétale, peut perturber complètement un écosystème lorsque les conditions lui sont favorables. Dans des cas extrêmes, ses peuplements denses et son épais tapis racinaire font en sorte que la plupart des autres espèces ne peuvent survivre dans l'écosystème (Ministère des richesses naturelles de l'Ontario, 2012). Ce dernier se retrouve ainsi envahi par la salicaire pourpre, comme le témoigne la figure 1.1.

Figure 1.1 Exemple d'un écosystème dominé par la salicaire pourpre (tirée de : Agence des services frontaliers du Canada, 2014)

Au moins quatre facteurs affectent l'établissement et la dispersion des EEE dans leur milieu d'accueil. Le premier est en fonction du nombre d'introductions de l'organisme dans son nouvel environnement. Plus le nombre d'individus est élevé et réparti sur une longue période de temps, plus l'espèce a des chances de s'établir. Le deuxième facteur est qu'il doit y avoir un nombre critique d'individus d'une même espèce pour qu'ils puissent se reproduire, se disperser et résister à différentes pressions environnementales. Plus ce nombre est élevé, plus la population a le potentiel de croitre rapidement. Ensuite, le troisième facteur est la période de latence. En effet, pour des raisons parfois inconnues, il y a souvent un certain temps, parfois plusieurs années, entre l'introduction d'une espèce et son explosion en nombre d'individus. Plusieurs explications sont données pour expliquer cette observation. Par exemple, il est possible que l'espèce doive prendre un certain temps pour s'adapter génétiquement avant de coloniser massivement le milieu ou qu'elle se disperse à une vitesse tellement faible qu'elle est indétectable, compte tenu de son infime densité, trompant ainsi les analyses de terrain pouvant la détecter. En dernier lieu, le climat et l'environnement jouent un rôle important. En effet, une espèce ne survivra que dans un environnement qui lui est favorable. Les ressources doivent être disponibles en quantité suffisante et les prédateurs ne doivent pas être en trop grand nombre. Les EEE ne sont donc pas nécessairement envahissantes dès leur arrivée dans un nouvel environnement. Un élément déclencheur peut faire en sorte que les conditions deviennent propices à la multiplication de l'espèce en question et à son établissement. (Hoddle, 2014)

1.1.2 Voies d'introduction

Comme mentionné précédemment, les EEE sont des organismes qui ont été introduits dans un nouveau milieu. Leurs stratégies de dispersion peuvent être d'origine naturelle, notamment sur de courtes distances lors de grands vents, mais c'est rarement le cas (Hoddle, 2014). Elles sont plutôt d'origine anthropique. En effet, les espèces envahissantes ont principalement été introduites, soit intentionnellement ou non, par l'être humain. Le tableau 1.1 présente les voies d'entrée des EEE identifiées par Environnement Canada (2013a). Ces voies étant différentes pour les espèces aquatiques par rapport aux espèces terrestres, le tableau a été divisé en conséquence.

Tableau 1.1 Principales voies d'entrée d'origine anthropique des espèces exotiques envahissantes (compilation d'après : Environnement Canada, 2013a)

	Voies d'entrée
Espèces aquatiques	• Navigation maritime • Pêche commerciale et navigation de plaisance • Appâts vivants • Le commerce des aquariums et des jardins aquatiques • Poissons comestibles vivants • Introductions non autorisées • Canaux et déviations des cours d'eau
Espèces terrestres	• Cargaison des bateaux • Plantations horticoles • Libération accidentelle • Mouvements de bois de chauffage

Les espèces aquatiques envahissantes sont introduites de plusieurs façons différentes dans les plans d'eau. La navigation maritime a apporté plusieurs EEE au Canada. En effet, plusieurs espèces sont envoyées dans l'eau lors du rejet des eaux de ballast, alors que d'autres peuvent se détacher de la coque de navires. La moule zébrée (*Dreissena polymorpha*), qui nuit aux espèces de moules indigènes dans plusieurs lacs du Québec, a d'ailleurs été introduite, puis répandue, par la navigation maritime. Les autres voies d'entrée sont en lien avec la pêche, le commerce ou le passage des organismes d'un plan d'eau à un autre à la suite de la construction de canaux ou de déviations de cours d'eau. (Environnement Canada, 2013a)

Les espèces terrestres envahissantes sont introduites par quatre voies distinctes. D'abord, plusieurs espèces vivantes, que ce soit des insectes, d'autres petits animaux ou des plantes, se trouvent dans les conteneurs des bateaux. Ces organismes peuvent se propager dans l'environnement lorsque la cargaison est arrivée à destination. Ensuite, plusieurs espèces de végétaux sont importées. Une fois plantées, celles-ci peuvent se propager dans l'environnement et certaines peuvent devenir des EEE. Une autre voie d'entrée pour les espèces terrestres est par la libération accidentelle de plantes ou d'animaux. Certains organismes sont importés pour toutes sortes de raison, notamment pour la recherche en contrôle biologique, et ils peuvent devenir envahissants dans la nature. La dernière voie d'introduction est par le mouvement du bois de chauffage entre les régions d'une province ou de plusieurs territoires. C'est d'ailleurs de cette façon que l'agrile du frêne a pris de l'expansion en Amérique, après avoir été introduit par l'entremise de cargaisons en bois contenues dans des bateaux (Agence canadienne d'inspection des aliments, 2014a). (Environnement Canada, 2013a)

1.1.3 Effets du réchauffement climatique

Les changements climatiques risquent vraisemblablement d'avoir des répercussions importantes sur la biodiversité à travers le monde, dont l'introduction et la propagation des EEE. La rigueur du climat est souvent le facteur qui limite la propagation des espèces vers le nord. Ainsi, un réchauffement de celui-ci permettra aux espèces envahissantes déjà présentes sur un territoire de se déplacer dans de nouveaux milieux qui n'étaient, jusque là, pas appropriés. De plus, les espèces introduites auront plus de chances de s'établir dans leur milieu d'accueil, puisque les conditions climatiques seront plus propices à leur survie. En effet, beaucoup d'espèces introduites proviennent de milieux tropicaux et une hausse de quelques degrés de la température dans beaucoup de villes canadiennes pourrait vouloir dire que de nouveaux organismes indésirables feront leur apparition. (UICN, 2001)

Le réchauffement risque également d'avoir des impacts importants sur les espèces indigènes. Les végétaux peuvent notamment devenir moins résistants aux insectes, de même qu'aux agents pathogènes. Ainsi, les EEE se retrouvent avec un avantage compétitif par rapport aux espèces déjà en place. Ces mêmes changements climatiques peuvent avoir des répercussions similaires chez les animaux. (UICN, 2001)

Les changements climatiques entrainent aussi des changements au niveau de la fréquence et de la puissance des événements climatiques exceptionnels, tels que les ouragans, les sécheresses et les

inondations. Ces occurrences détruisent des populations entières, en plus de changer, à court ou à long terme, les conditions du milieu. Une fois les espèces indigènes éliminées, en tout ou en partie, d'un milieu, il est beaucoup plus facile pour les EEE de s'implanter et de croitre dans cet environnement. D'ailleurs, les espèces envahissantes ont généralement la capacité de se multiplier plus rapidement que les espèces locales. (UICN, 2001)

1.2 Milieu urbain québécois

L'appellation *milieu urbain québécois* utilisé dans ce rapport est plutôt large. Par conséquent, il est important de la définir. Une liste des principales EEE présentes dans ce milieu sera également présentée, de même que les impacts généraux produits par ces espèces.

1.2.1 Définition

Dans cet essai, le milieu urbain québécois est considéré comme étant toute municipalité de moyenne ou grande taille qui a le personnel nécessaire pour appliquer le plan d'action qui sera présenté à la fin du présent document. Les autres municipalités du Québec, ou de toutes autres régions, peuvent, bien entendu, appliquer le plan d'action, mais ce dernier a été pensé en fonction de l'énoncé précédent.

Le seuil minimum, au niveau de la population, pour les municipalités de taille moyenne a été fixé à 10 000 personnes, afin d'inclure les 100 plus grandes municipalités du Québec (Statistique Canada, 2014). Ce seuil a été fixé arbitrairement, bien que le fait que la plupart des municipalités de cette liste soient dotées d'un service d'environnement relativement important a grandement aidé à établir une telle limite. Aussi, il était préférable d'inclure un plus grand nombre de municipalités, puisque la deuxième condition limite également le nombre de municipalités visées directement par le plan d'action.

Le milieu urbain peut contenir des lacs, des milieux humides, des parcs, des forêts, des champs agricoles, ainsi que plusieurs autres écosystèmes. Ces milieux sont souvent interdépendants dans la gestion des EEE, de même que pour maintenir l'intégrité écologique de la municipalité.

1.2.2 Principales espèces exotiques envahissantes présentes

De nombreuse EEE sont présentes au Québec. La liste de celles-ci s'est allongée au cours des dernières années. Plusieurs de ces espèces sont problématiques en milieu urbain québécois. Le

tableau 1.2 dresse une liste non exhaustive des principales EEE présentes dans ce milieu.

Tableau 1.2 Principales espèces exotiques envahissantes présentes en milieu urbain québécois
(compilation d'après : MDDEFP, s.d. et Ville de Montréal, 2013b)

Type d'espèce	Espèce exotique envahissante	
Végétal	• Érable à Giguère • Nerprun cathartique • Roseau commun	• Érable de Norvège • Renouée japonaise
Mollusque	• Moule zébrée	
Insecte	• Agrile du frêne	• Coccinelle asiatique
Reptile	• Tortue à oreille rouge	
Mammifère	• Chat domestique	
Maladie	• Chancre du noyer cendré	• Rage du raton laveur

Des actions sont posées pour contrôler plusieurs de ces espèces. Par exemple, dans la plupart des municipalités, le lavage des embarcations est obligatoire avant de les mettre à l'eau, afin d'éviter la propagation d'espèces nuisibles comme la moule zébrée (Ville de Magog, 2014). D'un autre côté, il y a un manque d'actions soutenues pour contrôler ou limiter les effets néfastes de quelques EEE. C'est notamment le cas pour l'érable à Giguère. Ces répercussions limitées sur son écosystème d'accueil semblent faire en sorte que peu de ressources sont investies pour lutter contre l'espèce.

1.2.3 Impacts généraux des espèces exotiques envahissantes

Bien que le sujet de l'essai porte sur les EEE en lien avec la biodiversité, il est tout de même intéressant de voir l'ensemble des impacts généraux les plus importants de ces espèces nuisibles en milieu urbain québécois. Cette revue permet de constater toute la problématique soulevée par les organismes envahissants et elle peut offrir des justifications pour agir contre ces nuisances. Les types d'impacts sont divisés en trois grandes catégories : les impacts environnementaux, sociaux et économiques. Ces facettes du développement durable sont aussi importantes les unes que les autres afin d'assurer une qualité de vie pour la population actuelle et celle du futur. Les impacts découlant de la perte en biodiversité seront traités ultérieurement dans le document.

Sur le plan de l'environnement, il a été estimé en 2002 par le Comité sur la situation des espèces en péril que 24 % des espèces catégorisées comme *en péril* au Canada l'étaient probablement en raison des impacts des EEE contre ces dernières (Environnement Canada, 2013c). Cette perte de biodiversité risque d'entrainer de graves conséquences qui seront étudiées plus loin dans le présent document. Les espèces envahissantes ont également la capacité de modifier le fonctionnement normal de certains écosystèmes. En effet, les caractéristiques hydrologiques d'un milieu, la purification de l'eau, l'absorption de contaminants et la stabilité du sol peuvent être amoindries (ACIA, 2008 ; Environnement Canada, 2004). Ceci est particulièrement vrai pour les écosystèmes plus fragiles, dont les milieux humides. Leur capacité en matière de filtration peut être grandement altérée. Les EEE peuvent aussi avoir un impact sur la moins grande séquestration des gaz à effet de serre en tuant de nombreux arbres matures, ce qui relâche le dioxyde de carbone dans le milieu. (Environnement Canada, 2004)

Au niveau économique, les coûts estimés liés aux dommages et au contrôle des EEE s'élèvent à 5 % du produit intérieur brut (PIB) mondial qui se situait à plus de 72 000 milliards de dollars américains en 2012 (MDDELCC, s.d.; The World Bank, 2014). C'est dire que ces coûts pourraient dépasser les 3600 milliards de dollars américains annuellement. À titre de référence, pour seulement 16 espèces envahissantes au Canada, il a été estimé que le coût attribué à leur gestion se situait entre 13,3 et 34,5 milliards de dollars (Environnement Canada, 2004). Les envahisseurs ont également des impacts importants dans des secteurs précis comme en agriculture. En effet, des ravageurs exotiques peuvent détruire des cultures entières, alors que des plantes exotiques envahissantes doivent être détruites pour protéger les récoltes (ACIA, 2008). Par exemple, les plantes exotiques envahissantes et les mauvaises herbes causent environ 2,2 milliards de dollars de dommages en perte de récolte pour un champ agricole qui en génère habituellement 15 milliards de dollars (ACIA, 2008). Non seulement ces phénomènes causent des pertes économiques associées aux dommages de récoltes, mais l'utilisation de pesticides, souvent à titre préventif, est également très dispendieuse. Les EEE peuvent également nuire à la pêche, de même qu'à l'exploitation forestière, deux secteurs importants de l'économie. De plus, ces intrus peuvent, par exemple, en tuant des arbres, contribuer à la perte de valeur foncière d'une propriété. Globalement, il existe aussi un coût de gestion pour les milieux urbains, puisque les municipalités doivent engager le personnel nécessaire pour assurer une lutte efficace aux espèces nuisibles. Il y a aussi d'autres impacts économiques difficilement quantifiables. En effet, les écosystèmes offrent gratuitement des biens et services écologiques qui couteraient très cher à la société si ceux-ci devaient disparaître.

Sur le plan social, les espèces indésirables peuvent entrainer quelques impacts considérables. L'utilisation de pesticides représente un enjeu de santé publique, alors que la présence des EEE contribue à leur emploi. De plus, la perte de végétaux dans les milieux densément peuplés des villes peut favoriser la création d'îlots de chaleur. Ceci peut causer, en retour, des problèmes de santé chez les personnes les plus vulnérables. La présence des organismes indésirables et leurs effets peuvent également occasionner une perte de jouissance pour ceux qui en sont affectés.

1.3 Choix de la problématique de l'agrile du frêne comme étude de cas

De nombreuses raisons justifient la sélection de l'agrile du frêne comme sujet d'étude associé aux impacts des EEE sur la biodiversité en milieu urbain québécois. D'abord, ce petit insecte, dont la photo est présentée à la figure 1.2, est une espèce exotique envahissante qui a été introduite récemment au Québec. C'est en 2008, sur le territoire de la ville de Carignan, dans la Vallée-du-Richelieu, que la première observation de l'envahisseur a été confirmée dans la province (CQEEE, s.d.). Depuis ce temps, l'insecte ne cesse de se propager au Québec, mettant en péril les populations de frênes de la province. À ce jour, l'agrile du frêne a été identifié dans au moins 21 municipalités du Québec (CQEEE, s.d.).

Figure 1.2 L'agrile du frêne (tirée de : ACIA, 2014b)

Le sujet est d'actualité dans les médias québécois. La population semble concernée par ce problème environnemental. De plus, l'agrile du frêne fait l'objet de plusieurs publications qui assureront une bonne diversité des sources d'information tout au long de l'essai.

L'agrile du frêne est probablement l'EEE qui risque de causer le plus de dégâts en milieu urbain québécois au cours des prochaines années. À Montréal, environ 10 000 arbres devront

vraisemblablement être coupés durant les prochaines années malgré l'injection de 2,5 millions de dollars dans la lutte contre l'insecte. Par comparaison, seulement 149 frênes avaient été abattus en 2013, alors que le problème semblait sous contrôle (ICI Radio-Canada, 2014a). Plusieurs municipalités du Québec ont déjà rédigé un plan d'action pour lutter contre l'envahisseur, mais ceux-ci sont souvent assez sommaires et ils ne prennent pas en compte les effets indirects de la perte de biodiversité. Justement, les impacts de l'agrile sur la biodiversité sont, comme il sera possible de le constater au cours de cet essai, considérables. Beaucoup d'espèces utilisent le frêne dans leur cycle de vie.

Les voies de propagation de l'agrile du frêne au Québec sont identifiées. En effet, l'espèce se déplace soit naturellement à petite échelle ou dans le bois mort à plus grande échelle. Le réchauffement climatique est aussi, en partie, responsable de la propagation de l'insecte vers le nord. Toutes ces informations connues, et bien d'autres, bonifieront l'analyse effectuée dans le présent document.

Il aurait certainement été possible d'utiliser une autre EEE comme cas d'étude pour cet essai. Cependant, la diversité des sources bibliographiques récentes n'aurait probablement pas été aussi importante, puisque l'espèce aurait nécessairement été moins populaire et moins d'actualité, et les actions à apporter pour corriger le problème auraient peut-être été moins intéressantes et essentielles à réaliser au plus vite.

2 IMPACTS DE L'AGRILE DU FRÊNE SUR LA BIODIVERSITÉ URBAINE QUÉBÉCOISE

Les milieux urbains hébergent souvent un nombre élevé d'espèces (Pickett et autres, 2008). Celles-ci se trouvent dans les multiples écosystèmes offerts par ce milieu hétérogène, tel que les boisés urbains, les potagers, les milieux humides ou même les arbres en tant que tels (Boucher et Fontaine, 2010). Comme mentionné précédemment, les espèces exotiques envahissantes (EEE) ont un impact majeur sur la biodiversité. L'agrile du frêne ne fait pas exception. Non seulement cet insecte détruit les populations de frênes, mais il affecte indirectement les communautés d'organismes utilisant ce feuillu dans leur cycle de vie. Le présent chapitre tentera de démontrer l'envergure de ces impacts en milieu urbain québécois.

2.1 Impacts sur les frênes

De toutes les essences d'arbres présentes en milieu urbain québécois, l'agrile du frêne ne s'attarde qu'aux frênes. Au Québec, trois espèces sont répertoriées, soit le frêne d'Amérique (*Fraxinus americana*), le frêne de Pennsylvanie (*Fraxinus pennsylvanica*) et le frêne noir (*Fraxinus nigra*). Puisque tous les frênes d'une zone infestée finissent par être attaqués et mourir si aucune action n'est prise, une distinction au niveau de la susceptibilité à être infecté est rarement faite entre ces trois espèces. Cependant, des recherches montrent que l'agrile semble avoir des préférences entre les différentes espèces de frênes. En effet, parmi les trois espèces présentes au Québec, certains chercheurs affirment que le frêne d'Amérique serait un peu moins susceptible d'être attaqué par l'insecte, alors que d'autres pensent que la différence est négligeable (Herms et McCullough, 2014; Anulewicz et autres, 2008; Haack et autres, 2003). Le frêne bleu (*Fraxinus quadrangulata*), qui n'est pas présent au Québec, serait l'espèce de frêne la plus résistante en Amérique du Nord (Herms et McCullough, 2014; Haack et autres, 2003). Le frêne Manchurian (*Fraxinus mandschurica*), un arbre d'Asie, semble beaucoup plus résistant que ceux d'Amérique, probablement en raison de sa coévolution avec l'agrile (Rebek et autres, 2008). D'autres facteurs influencent la probabilité qu'un arbre soit préféré par le ravageur. Par exemple, ce dernier semble préférer les arbres matures, ou d'au moins 2,5 cm de diamètre, situé dans un espace ouvert en plein soleil (Herms et McCullough, 2014).

C'est au stade larvaire que le coléoptère vert s'attaque aux frênes. Entre la fin mai et la fin juillet, les femelles adultes pondent plusieurs dizaines d'œufs, 77 en moyenne dans leur milieu indigène en Chine, dans les cavités de l'écorce de frênes. Après 7 à 10 jours, les œufs éclosent et les larves

blanches à tête brunâtre commencent immédiatement leur travail de démolition. De juin à octobre, ces dernières, mesurant 26 à 32 mm à maturité, creusent des tunnels en forme de méandre (figure 2.1) sous l'écorce des arbres contaminés afin de se nourrir de la partie interne de celle-ci, le phloème, et de la partie externe du bois, l'aubier. Les multiples galeries nuisent au transport de la sève élaborée qui s'écoule des feuilles jusqu'aux racines à travers le phloème. Après un certain temps, cette dernière structure sera complètement détruite par les larves de l'envahisseur et l'arbre ne sera plus en mesure de distribuer le glucose aux parties non photosynthétiques de son organisme. Ainsi, le frêne puisera dans ses réserves d'énergie, puis finira par mourir. (Mailhot, 2008; Lavallée, 2012)

Figure 2.1 Tunnels en forme de méandre creusés par l'agrile du frêne (tirée de : ICI Radio-Canada, 2014b)

À ce jour, quelques milliers de frênes ont été abattus en milieu urbain québécois. Ceci est très peu par rapport aux dizaines de milliers qui devront vraisemblablement l'être à court terme. Considérant que, seulement sur le territoire de la ville de Montréal, environ 200 000 frênes peuplent les rues et les forêts urbaines, la catastrophe pourrait encore prendre de l'ampleur si l'agrile du frêne continue ses ravages (ICI Radio-Canada, 2014a).

Comme illustré à la figure 2.2, il faut généralement 10 ans à l'envahisseur pour tuer presque la totalité des frênes dans un rayon de 2,5 km. Pendant les six premières années, la mortalité n'est que d'environ 10 % (Daniel, 2013). Cependant, jusqu'à quatre années peuvent s'écouler entre le moment où le coléoptère vert est introduit et celui où il est détecté. Cela donne peu de temps aux autorités pour réagir et prendre les mesures qui s'imposent. De plus, à mesure que l'insecte se propage, sa vitesse de dispersion augmente exponentiellement, puisque les endroits où l'agrile du

frêne est présent se multiplient et le même modèle de propagation se répète à tous ces endroits. À long terme, si rien n'est fait, les trois espèces de frênes, si bien adaptés pour les conditions urbaines et climatiques du Québec, pourraient disparaître de plusieurs villes du sud de la province.

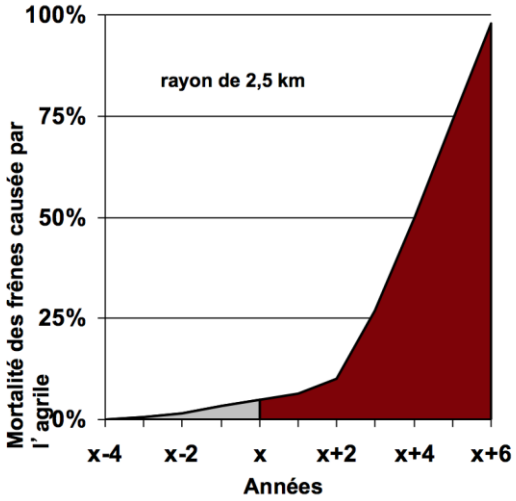

Figure 2.2 Mortalité des frênes sur un rayon de 2,5 km causée par l'agrile du frêne en fonction de son année de découverte (tirée de : Daniel, 2013)

2.2 Problématique de l'espace laissé vacant par les frênes

À mesure que les frênes meurent, ceux-ci sont remplacés par diverses essences d'arbres ou par d'autres végétaux. Cette substitution d'espèces est faite soit par l'action de l'homme ou, à défaut de son intervention, naturellement. Aux abords des rues et sur la plupart des autres terrains publics, les municipalités remplaceront la majorité des frênes abattus par d'autres essences. Dans les boisés urbains, il sera plus difficile pour les instances de remplacer les arbres infectés par l'envahisseur. Ainsi, c'est la nature qui se chargera de cette tâche.

Dans le premier cas, c'est-à-dire lorsque l'administration municipale sera en mesure de remplacer un frêne abattu par une autre essence, il sera important de bien sélectionner le nouvel arbre. Ces derniers devront être sélectionnés judicieusement en tenant compte des conditions du milieu, mais également de manière à promouvoir la biodiversité locale. Avant l'arrivée de l'envahisseur, plusieurs raisons justifiaient la sélection des espèces de frêne pour être plantées en milieu urbain. Le peu d'entretien nécessaire, leur résistance aux sels de déglaçage en hiver, aux sols compactés et à la pollution, de même que leur croissance rapide et leur coût d'achat relativement bas constituaient les principales raisons (Ville de Montréal, 2014a). À ceci s'ajoute un autre critère tout aussi important :

les essences qui seront plantées ne devront pas être affectées par les principales maladies et insectes nuisibles répertoriés au Québec (Ville de Boucherville, 2014). Les espèces d'arbres sélectionnées afin de remplacer les frênes doivent absolument respecter l'ensemble de ces critères. Cependant, les frênes avaient l'avantage d'être des arbres indigènes du Québec, alors que, à voir les essences utilisées ou susceptibles de l'être en remplacement du feuillu en danger, la provenance des arbres ne semble pas toujours être un grand enjeu. En effet, plusieurs végétaux exotiques sont utilisés à des fins de remplacement d'un frêne abattu. C'est le cas du Ginkgo biloba (*Ginkgo biloba*), un arbre originaire d'Asie (Ville de Boucherville, 2014). Non seulement la biodiversité indigène devrait être favorisée à des fins de conservation du patrimoine naturel, mais en plus, ces espèces ont tendance à être mieux adaptées pour la faune locale (Services cantonaux de l'énergie et de l'environnement, s.d.). Il est aussi convenu de mentionner que, bien que les arbres exotiques plantés actuellement ne causent aucun problème environnemental dans le moment présent, rien n'indique que cette situation perdurera. La situation de l'érable de Norvège (*Acer platanoides*) en est un parfait exemple. Cette espèce d'arbre exotique, autrefois considérée comme sans risque pour la flore indigène, a été plantée pendant de nombreuses années au Québec. Aujourd'hui, l'arbre est en train de remplacer l'érable à sucre, une essence indigène, dans le parc du Mont-Royal, entrainant des répercussions écologiques tant sur les espèces animales que végétales vivant sur cette montagne (Baril, 2006).

Dans le deuxième cas, lorsque la régénération de l'écosystème se fait naturellement, sans l'intervention de l'homme, certains végétaux envahissants risquent de monopoliser l'espace laissé vacant par les frênes tués par l'agrile (Herms et McCullough, 2014). Cette situation a été observée lors d'épisodes de perturbations passées, comme celles qui ont suivi la crise du verglas en 1998. Le nerprun cathartique (*Rhamnus cathartica*) et l'érable de Norvège avaient alors envahi les zones éclaircies du Mont Royal (Clément, 2007; Semenak, 2014). La lutte contre l'envahisseur du frêne est donc en étroite relation avec celle contre d'autres espèces exotiques végétales. En effet, les frênes matures occupent beaucoup d'espace dans les parcs et boisés urbains québécois. En mourant, ces arbres laissent des trouées, en plus de changer les conditions du milieu au sol, notamment en laissant passer davantage de rayons du soleil. Ces modifications dans les écosystèmes entraineront fort probablement une hausse du taux d'invasion par de nouvelles espèces envahissantes par la colonisation de la surface laissée vacante par les trois espèces de frênes. Les milieux naturels urbains montrent également d'autres caractéristiques qui les rendent plus susceptibles d'être envahis si des perturbations importantes telles que la mort de plusieurs frênes venaient à se produire. La proximité de ceux-ci avec des espèces exotiques horticoles, de même que leur superficie limitée

entrainant un effet de bordure important sont deux principaux facteurs de préoccupation. Le nerprun cathartique est l'un des végétaux exotiques envahissants susceptible de causer le plus de dommage aux parcs et aux forêts urbaines. Cette espèce nuisible est répertoriée dans plusieurs grandes villes du sud du Québec, dont Montréal, Québec, Sherbrooke et Gatineau (Néron, 2004). Elle grandit très rapidement tout en produisant une végétation épaisse qui cause de l'ombre aux semis indigènes, freinant ainsi leur croissance et la régénération de la forêt. De plus, le nerprun cathartique serait également capable de produire des substances inhibant la croissance des végétaux à proximité. Combiné au fait que l'arbuste produit une grande quantité de semence et que sa dispersion se fait facilement et rapidement par les oiseaux qui mangent ses fruits, le nerprun est une vraie peste une fois qu'il est installé dans un milieu (Lacourse et Godmaire, 2009). Toutefois, bien que les baies de l'arbuste envahissant soient sa principale méthode de propagation lui permettant de parcourir des distances considérables, elles représentent aussi une source de nourriture fort appréciée de plusieurs espèces d'oiseaux. Comme quoi les espèces exotiques peuvent parfois avoir des impacts positifs sur la biodiversité. À Montréal, le nerprun cathartique peut être retrouvé à beaucoup d'endroits comme dans le parc Marcel-Laurin, dans le parc-nature du Cap-Saint-Jacques et dans la forêt du Mont-Royal. Dans ce dernier milieu, une étude est en cours afin d'étudier la distribution de l'arbuste envahissant le long des peuplements à dominance de frênes. L'hypothèse de l'étude est que la disparition des frênes permettra au nerprun cathartique de se répandre davantage. Ainsi, à l'avenir, si celle-ci s'avère être confirmée comme le suggèrent diverses études, les zones de disparition du frêne permettront de prédire les endroits où le nerprun cathartique pourrait se répandre davantage. Des résultats pourraient être disponibles dans les prochaines années (Amis de la Montagne, 2014).

2.3 Impacts sur les espèces utilisant le frêne dans leur cycle de vie

La perte massive de frênes risque d'entrainer des impacts directs sur plusieurs organismes, dont des mammifères, des oiseaux et des arthropodes. Plusieurs de ces êtres vivants se servent des trois espèces de frênes du Québec comme habitat, pour s'accoupler ou pour se nourrir. Dans l'éventualité où beaucoup d'arbres périraient, ceux-ci devraient trouver, si possible, des végétaux alternatifs, sans quoi eux aussi seraient en difficulté de survie. C'est dire que l'agrile du frêne menacerait indirectement une très grande quantité d'espèces.

2.3.1 Impacts sur les arthropodes

De nombreux arthropodes utilisent les espèces de frênes dans leur cycle de vie. Une étude de Gandhi et Herms (2010) identifie les arthropodes nord-américains susceptibles de disparaître en raison de la forte mortalité attendue chez les populations de frênes. Les chercheurs ont répertorié tous les arthropodes associés à 16 espèces de frênes d'Amérique, dont les trois espèces du Québec, soit les frênes d'Amérique, de Pennsylvanie et noir. Les résultats n'étant pas disponibles par espèce de frêne, ceux-ci ne seront pas parfaitement adaptés à la situation du Québec, mais bien aux 16 espèces de frêne d'Amérique. Cependant, ils montrent l'étendue de la biodiversité d'arthropodes associée aux feuillus victimes de l'agrile, tant dans la province qu'ailleurs. Les auteurs de l'article ont ensuite classé 282 espèces d'arthropodes associées au frêne, tant indigènes qu'exotiques, dans quatre catégories distinctes :

(1) espèces à risques élevés : espèces monophages associées au frêne;
(2) espèces à risques élevés-modérés : espèces polyphages associées à deux espèces;
(3) espèces à risques modérés : espèces polyphages associées à trois espèces;
(4) espèces à risques faibles : espèces polyphages associées à quatre espèces ou plus.

Les résultats de l'étude montrent que 44 espèces d'arthropodes sont considérées comme des espèces à haut risque, puisqu'elles ne sont associées qu'aux frênes. Il n'est pas exclu que, malgré leur caractère monophage, certains de ces organismes puissent changer d'hôte et modifier quelque peu leurs habitudes alimentaires en absence de frêne. Cependant, la majeure partie de cette riche biodiversité risque vraisemblablement de disparaître au même moment que les frênes. Gandhi et Herms spécifient que les espèces affectées par de tels changements pourraient potentiellement être plus nombreuses, puisqu'il n'est pas certain que toutes les espèces associées aux 16 types de frênes étudiés aient pu être répertoriées. Les résultats détaillés de l'étude, avec les données selon chacun des ordres d'arthropodes, sont présentés au tableau 2.1. (Gandhi et Herms, 2010)

Tableau 2.1 Distribution des arthropodes selon la catégorie de risque et son ordre taxonomique (inspiré de : Gandhi et Herms, 2010)

Ordre d'arthropodes	Catégorie de risque				Nombre total d'espèces
	Élevé	Élevé-modéré	Modéré	Faible	
Arachnida	3	1	0	3	7
Coleoptera	9	6	3	58	76
Diptera	11	0	0	1	12
Hemiptera	8	5	4	21	38
Hymenoptera	4	1	0	4	9
Lepidoptera	9	4	6	118	137
Orthoptera	0	0	0	2	2
Thysanoptera	0	0	0	1	1
Nombre total d'espèces	**44**	**17**	**13**	**208**	**282**
Pourcentage d'espèces	**15,4 %**	**5,6 %**	**4,9 %**	**74,1 %**	**100 %**

Dans une étude de Wagner (2007), 21 espèces de lépidoptères sont considérées comme spécialistes ou largement dépendantes du frêne en Amérique du Nord. C'est plus d'espèces de cet ordre que dans l'étude de Gandhi et Herms (2010), même en prenant en compte les espèces considérées comme à risques modérés. Cela laisse présager qu'il y a surement beaucoup plus d'espèces d'arthropodes menacées par la disparition du frêne que les 282 espèces répertoriées dans l'article de 2010. L'étude de Wagner fait également ressortir que les lépidoptères dépendants du frêne sont surtout des mangeurs de feuilles. D'autres s'alimentent dans le tronc ou le phloème, alors que certains utilisent simplement les feuilles comme abris. (Wagner, 2007)

La disparition de ces nombreux arthropodes pourrait à son tour entrainer des effets négatifs sur des organismes fongiques, d'autres invertébrés ou sur des vertébrés prédateurs tels que des espèces d'oiseaux (Gandhi et Herms, 2010).

2.3.2 Impacts sur les oiseaux

La quantité et la diversité d'espèces aviaires sont importantes en milieu urbain québécois. Cette faune est probablement celle qui est la plus visible, tant en plein milieu des villes que dans les parcs

et boisés. Les oiseaux sont associés aux arbres de plusieurs façons. Ils vivent habituellement sur ceux-ci ou se nourrissent de ce qu'on peut y retrouver. L'un des signes annonciateurs qu'un arbre est affecté par l'agrile du frêne est justement créé par la faune aviaire. Certaines espèces d'oiseaux vont percer des trous à la surface des arbres atteints pour se nourrir des larves d'agrile attaquant les frênes (Wilson et Rebek, 2005). Étant donné le lien entre les oiseaux, les arbres et l'agrile du frêne, il n'est pas surprenant d'apprendre que certaines espèces aviaires peuvent être affectées par la présence du ravageur.

Une étude de Koenig et autres (2013) traite des impacts de l'agrile du frêne sur quatre espèces d'oiseaux insectivores connues pour être, ou susceptibles d'être, des prédateurs de l'envahisseur. Ces espèces sont le Pic à ventre roux (*Melanerpes carolinus*), le Pic mineur (*Picoides pubescens*), le Pic chevelu (*Picoides villosus*) et la Sitelle à poitrine rousse (*Sitta canadensis*). Ces oiseaux, tous présents au Québec, se retrouvent surtout dans les forêts et les boisés, mais il est tout de même possible d'en observer à l'intérieur même des milieux urbains (Gauthier et Aubry, 1995). Les auteurs ont utilisé les données d'un programme scientifique à participation citoyenne qui vise l'observation des populations d'oiseaux en hiver afin de quantifier les effets de l'agrile du frêne sur les espèces d'oiseaux étudiées. L'abondance relative des oiseaux a été comparée dans un rayon de 50 km de l'endroit où l'agrile a initialement été détecté, dans un rayon de 50 à 100 km du même endroit et dans des zones contrôles comparables où l'agrile n'a pas causé de dommage considérable. Une hausse de la population des oiseaux insectivores étudiés a été observée dans les premiers 50 km de l'épicentre, mais celle-ci diffère selon les espèces. Dans les cas du Pic à ventre roux et de la Sitelle à poitrine blanche, la hausse était particulièrement importante et leur nombre n'était pas redescendu au niveau précédent l'infestation de l'envahisseur après neuf ans. Dans le cas du Pic mineur et du Pic chevelu, il y a eu une baisse importante dans les premières années, suivie d'une période légèrement au-dessus de la moyenne. Selon les auteurs, ceci peut être expliqué par les nombreuses pressions directes et indirectes exercées par les EEE comme l'agrile du frêne sur les populations de prédateurs. Dans tous les cas, les hausses de population ne semblent pas être expliquées par l'immigration, mais plutôt par un accroissement des reproductions et de la survie. Lorsque les frênes mourront, il est fort probable que les tendances inverses s'observent et que les populations d'oiseaux baissent de manière considérable. De plus, les oiseaux qui auront été habitués à de la nourriture facilement accessible et abondante sur les frênes pourraient être plus susceptibles d'avoir de la difficulté à trouver d'autres sources de nourriture. Advenant que les populations d'oiseaux insectivores diminuent, ceci pourrait causer une hausse de l'abondance des autres

arthropodes (Heyman et Gunnarsson, 2011). Les chercheurs suggèrent aussi que des changements similaires pourraient avoir lieu chez d'autres espèces d'oiseaux. (Koenig et autres, 2013)

Flower et autres (2014) ont également étudié les impacts de l'agrile sur les oiseaux insectivores. Les auteurs ont observé les préférences alimentaires des oiseaux entre les frênes affectés par le ravageur et les autres arbres. Les résultats suggèrent que les espèces aviaires préfèrent les feuillus atteints, qui présentent des signes de faiblesse. C'est donc dire que les oiseaux semblent être capables d'associer les signes d'infestation au fait que ces arbres contiennent fort probablement une source de nourriture abondante. D'ailleurs, les oiseaux observés ont mangé, en moyenne, environ 45 % des larves d'agrile du frêne dans les arbres présentant une canopée affaiblie, alors que ce pourcentage ne s'élève qu'à environ 22 % pour les frênes envahis, mais encore en santé. Tout comme dans l'article présenté au paragraphe précédent, les chercheurs ont également noté une hausse des populations d'oiseaux. Comme il a été mentionné, les changements des habitudes alimentaires des oiseaux pourraient leur être néfastes une fois les frênes morts et les larves d'agrile disparues. (Flower et autres, 2014)

Il est aussi possible de s'imaginer qu'une baisse marquée de la proportion d'arbres matures au sein même des villes pourrait être un problème pour les oiseaux qui y vivent. Ces arbres représentent des habitats de qualité pour beaucoup d'espèces.

2.3.3 Autres impacts

En milieu urbain québécois, quelques mammifères tels que l'écureuil gris (*Sciurus carolinensis*) et le raton laveur (*Procyon lotor*) utilisent les arbres comme habitat. Tout comme pour les oiseaux, une baisse drastique de la proportion d'arbres matures veut nécessairement dire qu'il y aura des répercussions négatives chez ces autres organismes.

Dans les boisés et dans les parcs, les frênes peuvent être associés à diverses espèces de petits végétaux. Une grande variété de plantes vasculaires y serait associée. Il en serait de même pour certaines mousses et certains lichens. Des espèces fongiques, que ce soit celles qui vivent à la base de l'arbre ou qui forment des mycorhizes, pourraient également être affectées (Worrell, 2013). Il est aussi possible qu'il y ait un cortège de microchampignons associé aux feuilles des frênes comme c'est le cas pour d'autres espèces de feuillus comme le hêtre à grandes feuilles (*Fagus grandifolia*) (Vujanovic et Brisson, 2001). Peu de détails sont présents dans la littérature concernant ces

multiples associations variées entre les frênes et les différents organismes qui viennent d'être énumérés. Cependant, ceux-ci sont tout de même à considérer.

2.4 Analyse sur l'interdépendance des espèces

Comme il a été possible de le constater, de nombreuses espèces dépendent ou utilisent le frêne à un moment ou à un autre dans leur cycle de vie. Plusieurs groupes d'organismes ont été identifiés, mais d'autres n'ont pas pu l'être par manque d'information disponible. Étant donné l'immense biodiversité associée aux arbres en général et particulièrement aux frênes, les études réalisées sont souvent vastes ou portent sur quelques espèces bien précises. Cela dit, il est difficile de prévoir les effets sur la biodiversité d'un territoire lorsque l'ensemble de sa biodiversité locale n'est pas connu ou peu documenté. Ainsi, il serait intéressant pour les municipalités du Québec d'effectuer des inventaires complets de la biodiversité présente sur leur territoire.

L'agrile du frêne détruit des milliers de frênes. La perte de ces arbres cause des répercussions négatives sur les populations d'arthropodes, d'oiseaux et de plusieurs autres organismes. Cette diminution des populations entrainera, encore, d'autres répercussions sur de multiples espèces qui les utilisent dans leur cycle de vie. Ultimement, cette perte de biodiversité qui pourrait être massive engendrera une diminution des biens et services écologiques (Balvanera et autres, 2014). De plus, alors que certaines espèces sont polyphages, beaucoup d'autres sont monophages, c'est-à-dire que plusieurs espèces pourraient se rabattre sur d'autres espèces d'arbres s'il n'y a plus de frêne, mais beaucoup risquent de simplement mourir. Cette dernière situation pourrait entrainer des co-extinctions et une crise de la biodiversité. En effet, une étude rapporte qu'environ 6300 espèces dans le monde pourraient être en danger de disparition, puisqu'elles dépendent d'espèces considérées comme en danger par les autorités (Koh et autres, 2004). En considérant que plusieurs autres ravageurs ou maladies exotiques comme le longicorne asiatique (*Anoplophora glabripennis*) ou la cochenille du hêtre (*Cryptococcus fagisuga*) pourraient aboutir au Québec dans les prochaines années, les impacts globaux sur la biodiversité risquent d'être particulièrement préoccupants à long terme (Côté, 2014).

L'étape initiale pour régler cette problématique est certainement de reconnaître qu'elle existe. Les impacts sur la biodiversité sont souvent considérés moindres que les problèmes économiques et sociaux. De plus, les impacts de deuxième et troisième ordre sur la biodiversité, soient ceux qui découlent de la perte des frênes et de la perte des espèces qui dépendaient de ces dernières, doivent

être considérés et étudiés. En sauvant les frênes ou en instaurant des mesures pouvant atténuer le problème, il est donc possible d'éviter la disparition d'une immense biodiversité qui est souvent oubliée, car elle se situe en arrière plan. Ces différentes méthodes seront présentées au chapitre quatre du présent document.

3 IMPACTS SOCIAUX ET ÉCONOMIQUES CAUSÉS PAR UNE PERTE DE BIODIVERSITÉ IMPORTANTE

Outre les conséquences sur la biodiversité, la perte des frênes causée par son ravageur entrainera des impacts considérables au niveau social et économique en milieu urbain québécois. Ces derniers peuvent provenir directement de la perte des arbres ou de la perte de biodiversité engendrée par cette destruction. Les impacts deviendront de plus en plus importants à mesure que la problématique de l'agrile du frêne prendra de l'ampleur et que des milliers d'arbres supplémentaires seront abattus. Cette section recense de nombreux impacts sociaux et économiques qui devront faire l'objet de certaines mesures dans le plan d'action présenté ultérieurement dans ce document, le but étant d'atténuer ou d'éliminer ceux-ci.

3.1 Impacts sociaux

La disparition massive de frênes matures peut favoriser la formation de nouveaux îlots de chaleur ou aggraver ceux déjà existants dans les municipalités densément peuplées. En effet, ces feuillus d'une bonne taille seront soit remplacés par des gaules n'offrant certainement pas les mêmes bénéfices en la matière, soit ils ne seront simplement pas remplacés immédiatement pour diverses raisons. Les îlots de chaleur peuvent faire en sorte que la température ambiante en milieu urbain soit jusqu'à 12 °C plus élevée que dans les régions à proximité (Institut national de santé publique du Québec, 2014). Ils peuvent entrainer plusieurs conséquences sur l'environnement ou la santé humaine :

- contribution à la formation de smog;
- dégradation de la qualité de l'air à l'intérieur des bâtiments en favorisant la multiplication de microorganismes et la libération de substances toxiques;
- accroissement de l'utilisation d'énergie par la réfrigération et la ventilation;
- consommation accrue d'eau potable;
- danger de stress thermique pour la population;
- divers malaises plus ou moins graves, particulièrement chez les personnes à risque. (Institut national de santé publique du Québec, 2014)

La détérioration de la qualité de l'air, par la perte des arbres qui filtrent une bonne quantité de polluants, cause des effets sur la santé humaine. Quelques études ont établi des liens entre la santé

et l'environnement, dont celle de Donovan et autres (2013) qui démontre une relation entre la mortalité des arbres causés par l'agrile du frêne et les décès liés à des problèmes cardiovasculaires et respiratoires. En effet, selon les chercheurs, l'envahisseur s'avère responsable de 15 080 morts pour la première cause et 6113 pour la deuxième, dans 15 états des États-Unis. Les effets sur la santé humaine relevés dans cette étude, qui utilise des données récoltées de 1990 à 2007, sont susceptibles de s'appliquer en milieu urbain québécois, puisque la problématique de l'agrile du frêne est semblable à celle observée au cours des dernières années aux États-Unis. (Donovan et autres, 2013)

Les arbres matures, tels que les frênes se trouvant actuellement en milieu urbain québécois, ont aussi l'avantage d'offrir de l'ombre qui est souvent apprécié des résidents en temps chaud. Ces derniers peuvent avoir un frêne sur leur terrain ou ils peuvent bénéficier des services offerts par ces feuillus dans les parcs de proximité. Justement, l'agrile nuit à l'intégrité des parcs urbains et des forêts urbaines, souvent composés de nombreux frênes. Comme il a été vu au chapitre précédent, certains d'entre eux pourraient subir des répercussions négatives pouvant entrainer une baisse de leur achalandage. Comme il fut observé ailleurs, les ornithologues amateurs pourraient observer un changement dans la composition des communautés aviaires à court terme et possiblement une baisse au niveau de la quantité d'oiseaux à moyen et long terme (Koenig et autres, 2013; Flower et autres, 2014).

L'aménagement des villes se verra affecté par la disparition des frênes sur leur territoire. Les arbres font partie intégrante du paysage urbain au Québec. Plusieurs espèces enjolivent les rues des différentes municipalités, mais le frêne occupe une grande place à cet effet. Par exemple, dans la ville de Québec, le feuillu menacé représente pas moins de 13 % du total des arbres et il frôle même les 25 % dans certains quartiers (Coupal, 2014). Cette grande proportion de frênes, qui est généralisée à travers le Québec, fait en sorte que certaines rues vont subir une transformation impressionnante comme c'est déjà le cas à quelques endroits. La figure 3.1 illustre bien l'ampleur de la transformation que pourraient subir plusieurs secteurs si le problème n'est pas contenu.

Figure 3.1 Rue résidentielle avant et après l'infestation par l'agrile du frêne (tirée de : Ville de Montréal, 2012)

Cette modification du paysage pourrait causer une baisse de l'appréciabilité du milieu de vie des citoyens affectés par ces coupes massives. En effet, plusieurs individus sont attachés au patrimoine arboricole de leur quartier et il est nécessaire de reboiser les rues le plus rapidement possible afin d'éviter que des paysages ternes comme celui de la figure 3.1 deviennent la norme dans certaines régions.

Herms et McCullough (2014) notent que les frênes noirs sont source de spiritualité pour certaines tribus de Premières Nations de l'est de l'Amérique du Nord. Bien que ces individus résident généralement à l'extérieur des milieux urbains québécois tels que définis dans ce document, cela montre que des essences d'arbres peuvent posséder une valeur sentimentale chez certaines personnes. La perte d'autres espèces liées aux frênes peut aussi devenir un problème social si elles affectent un groupe d'individus en particulier.

La présence d'arbres en milieu urbain amène même des effets positifs pour le moins surprenants. Troy et autres (2012) ont observé une corrélation entre la grosseur de la canopée et le taux de crime. L'étude en question, qui a été effectuée dans la région de Baltimore, aux États-Unis, dans une large zone passant d'un milieu urbain à un milieu rural, avance qu'une augmentation de 10 % de la taille de la canopée est associée à une baisse de 11,8 % de la criminalité. Ces résultats, qui relèvent du modèle le plus probable selon les auteurs, peuvent varier selon le choix de celui-ci. Les chercheurs tirent la conclusion que la priorisation des lieux où de nouveaux arbres seront plantés devrait tenir compte des enjeux liés à la sécurité publique. (Troy et autres, 2012)

3.2 Impacts économiques

Malgré le fait que la problématique de l'agrile du frêne est assez récente, le ravageur est déjà considéré comme l'insecte le plus destructeur et couteux aux États-Unis. Il a été évalué que, en considérant les dépenses totales des gouvernements fédéral et locaux et des citoyens, ainsi qu'en comptant la perte de valeur des terrains résidentiels et la mort des arbres dans les milieux forestiers, les coûts associés à l'insecte s'élèvent, jusqu'à maintenant, à une moyenne de 1,678 milliards de dollars américains annuellement (Aukema et autres, 2011). Une étude économique comparative entre les différentes espèces exotiques envahissantes ne semble pas être disponible au Québec. Cependant, il est fort possible que l'agrile devienne l'espèce la plus dommageable économiquement dans la province, si ce n'est pas déjà le cas.

Les coûts associés au traitement des arbres ou à leur coupe et remplacement sont parmi les plus importants pour les municipalités. Ceux-ci pourraient certainement atteindre plusieurs millions de dollars pour les grosses villes du Québec. Aux États-Unis, quelques études estiment les impacts économiques liés à l'envahisseur pour les gouvernements locaux. L'une d'entre elles avançait en 2009 que, pour les dix prochaines années, les coûts pourraient atteindre 10,7 milliards de dollars américains (Kovacs et autres, 2010). Une autre étude parle d'un coût total entre 1,8 et 7,6 milliards de dollars américains pour l'état de l'Ohio seulement, si les arbres ne sont pas traités et viennent tous à mourir. Cette étude inclut les pertes liées à la valeur des terrains dans les zones urbaines. Les coûts totaux sont estimés entre 157 et 665 dollars américains par résidant. La même étude avance que c'est la perte de valeur des terrains qui constitue la première source d'impacts économiques, suivi de la coupe des arbres, puis du remplacement de ceux-ci (Sydnor et autres, 2007). Il y a fort à parier que la répartition des impacts économiques pourrait être semblable en milieu urbain québécois.

À Montréal, les coûts de la lutte contre l'agrile du frêne ont été estimés à 1,4 million de dollars en 2012. Ceux-ci se divisent en huit catégories distinctes que voici :

- communication : 30 000 $;
- dépistage de la Ville centre: 80 000 $;
- dépistage des arrondissements : 150 000 $;
- achat de biopesticides : 100 000 $;
- injection par les arrondissements : 25 000 $;
- ressources de la Direction des grands parcs et du verdissement : 300 000 $;
- disposition des arbres abattus : 17 000 $;
- contrat de la collecte des résidus verts : 721 000 $. (Daniel, 2013)

Comme il est possible de le constater, une grande variété de coûts est associée à la lutte contre l'agrile du frêne. Dans le cas de la Ville de Montréal, il semble que la collecte des résidus verts accapare la moitié du budget associé à la problématique de l'agrile. Ces coûts restent toutefois très bas comparativement à la valeur du capital naturel de la Ceinture verte de Montréal estimée à 63,9 milliards de dollars (Dupras et autres, 2013).

Les biens et services écologiques offerts par les frênes, ainsi que toute la biodiversité y étant associée, sont difficilement quantifiables. Une étude effectuée à Toronto quantifie cinq bénéfices qu'apportent les arbres en milieu urbain. Ceux-ci, présentés dans le tableau 3.1, donnent une valeur monétaire pour toute la région et une autre par arbre. Il est possible de constater que la captation de l'eau par les arbres représente le plus grand service écologique des arbres dans la ville avec une évaluation de 53,95 millions de dollars ou 5,28 dollars par arbre. Advenant qu'un nombre trop important d'arbres disparaisse, il pourrait donc être nécessaire d'améliorer les systèmes de collecte d'eau de pluie dans les villes, avec les coûts élevés que ceci engendre habituellement. (Alexander et McDonald, 2014)

Tableau 3.1 Bénéfices annuels de la forêt urbaine de Toronto (traduction libre de : Alexander et McDonald, 2014)

Bénéfices	**Description**	**Bénéfice tangible**	**Valeur (millions de $)**	**$ / arbre**
Captation de l'eau	Réduction de l'utilisation des systèmes de transport de l'eau et des infrastructures de traitement.	25 112 500 mètres cubes	53,95 $	5,28 $
Purification de l'air	Absorption des polluants par les arbres.	1905 tonnes	19,09 $	1,87 $
Économie d'énergie	Économie d'énergie par la présence d'ombre et la réduction des îlots de chaleur.	749 900 mille *British Thermal Units* (MBTU) de gaz naturel 41 200 Mégawatt-heure (MWh) d'électricité	6,42 $	0,63 $
Séquestration du carbone	Séquestration du carbone de l'atmosphère et réduction des émissions par l'économie d'énergie.	36 500 tonnes	1,24 $	0,12 $
Diminution d'émissions de carbone	Diminution des émissions de carbone provenant des énergies fossiles par la réduction des îlots de chaleur.	17 000 tonnes	0,58 $	0,06 $
Bénéfice total	**Sommes des bénéfices économiques provenant des forêts urbaines.**	**-**	**81,29 $**	**7,95 $**
Ratio coût / bénéfice	**Bénéfice pour chaque dollar dépensé en maintenance.**	**-**		**1,35 $ à 3,20 $**

Une autre étude effectuée aux États-Unis a tenté de quantifier la valeur des arbres en milieu urbain au niveau de la purification de l'air ambiant. Ainsi, il a été déterminé que ceux-ci filtrent 711 000 tonnes métriques de polluants de toutes sortes, ce qui représente environ 3,8 milliards de dollars américains annuellement en service écologique (Nowak et autres, 2006). D'autres biens et services sont à considérer. Certains peuvent même, à ce jour, être inconnus des chercheurs.

Comme il a été mentionné précédemment, une corrélation négative est observée entre la présence d'arbres et le nombre de problèmes cardiovasculaires et respiratoires chez les résidants. Dans le contexte québécois où le système de santé est financé par l'État, investir pour contrer l'agrile du frêne et ses impacts peut s'avérer une décision optimale pour les finances publiques. En effet, considérant les coûts associés aux traitements de maladies, il est préférable de prévenir plutôt que de guérir. Des citoyens malades coûtent beaucoup plus cher que d'appliquer un plan d'action audacieux et efficace.

Les terrains privés des résidants des zones affectées par l'agrile du frêne risquent de ressentir des impacts économiques importants. L'évaluation de leurs biens immobiliers pourrait être revue à la baisse. En effet, la présence d'arbres matures sur le terrain d'une propriété, dans la rue ou même dans le quartier, peut hausser la valeur d'un édifice de plusieurs milliers de dollars (Herms et McCullough, 2014). Aux États-Unis, les terrains résidentiels auraient déprécié pour un total de 830 millions de dollars américains annuellement en raison de l'agrile du frêne depuis sa découverte en 2002 (Aukema et autres, 2011). Les citoyens qui tenteront de sauver leur frêne en luttant contre l'envahisseur devront débourser des centaines, voir des milliers de dollars pour le protéger avec l'une des technologies actuelles. Par exemple, une injection de TreeAzin, un biopesticide, coute au moins 238 dollars selon le diamètre du frêne (Benessaieh, 2014). Ceux qui choisiront de couper leur frêne devront, eux aussi, débourser de l'argent. À ceci vient s'ajouter le prix d'un nouvel arbre si tel est le choix du résident.

Le tourisme dans les grandes villes telles que Montréal ou Québec peut être affecté par la diminution de la canopée urbaine. Les villes ayant un bon couvert forestier sont souvent considérées comme plus attrayantes pour un grand nombre de personnes. Inutile de mentionner que le tourisme apporte des sommes faramineuses à différentes municipalités du Québec. En 2009, les touristes ont dépensé pas moins de 6,6 milliards de dollars au Québec et 530 000 emplois dépendent de ce secteur d'activité (Gouvernement du Québec, 2014).

Sur une note plus positive, le bois de frêne coupé pourrait être mis en valeur afin d'amasser des fonds pour lutter contre l'agrile du frêne. Bien entendu, des précautions doivent être prises afin d'éviter la propagation de l'insecte ravageur lors du transport d'un tel matériau.

4 REVUE DES ACTIONS POUR PROTÉGER LA BIODIVERSITÉ

En date d'aujourd'hui, il n'existe aucun moyen d'éliminer l'agrile du frêne, une fois que celui-ci colonise un nouveau milieu. Les autorités doivent donc gérer le problème au meilleur de leur capacité en attendant que des solutions plus permanentes, permettant de se débarrasser de l'insecte ou de protéger convenablement la majorité des frênes à un coût économiquement viable, soient élaborées par les chercheurs (United States Department of Agriculture (USDA), 2013). Entretemps, afin de limiter les impacts de toutes sortes, dont ceux sur la biodiversité, de nouvelles pistes de solutions doivent être envisagées. Ce chapitre présentera les principales actions déjà en application au Québec ou ailleurs dans le monde, ainsi que les techniques montrant un certain potentiel pour améliorer les choses ou même les solutionner complètement. Par ailleurs, il permettra de déterminer si, compte tenu des actions actuelles et à prévoir, l'enjeu de la préservation de la biodiversité urbaine obtient l'attention nécessaire dans un contexte où une partie de celle-ci est menacée. À partir de ceci, dans le cadre du plan d'action présenté ultérieurement dans le document, il sera possible de proposer des actions complémentaires pouvant assurer une meilleure protection de la biodiversité et, par le fait même, de réduire au maximum les impacts sociaux et économiques y étant associés.

4.1 Actions en application au Québec ou ailleurs

De multiples actions de gestion de l'agrile du frêne sont actuellement en cours de réalisation par les municipalités affectées par le ravageur au Québec ou dans d'autres villes ou régions du globe. Ces actions font souvent partie d'une stratégie de compromis utilisant des traitements faits aux arbres, l'abattage pour d'autres ou l'emploie de la stratégie *SLow Ash Mortality* (SLAM), élaborée par le *United States Department of Agriculture*) et l'Université du Michigan en collaboration avec plusieurs autres acteurs importants. Cette dernière façon de faire vise à contrôler l'agrile du frêne et à réduire ses principaux impacts négatifs le plus possible, jusqu'à ce qu'il soit possible de protéger parfaitement les feuillus attaqués ou d'éradiquer l'envahisseur par de nouvelles avancées technologiques. Lors de la découverte du ravageur en Amérique du Nord en 2002, peu d'informations étaient disponibles sur l'envahisseur et les outils disponibles pour la gestion de celui-ci étaient beaucoup moins efficaces comparativement à ceux utilisés aujourd'hui. La stratégie SLAM s'appuie sur la prévision raisonnable que ces derniers vont s'améliorer encore davantage au cours des prochaines années, permettant ainsi une lutte plus efficace contre l'agrile (SLAM, 2010). Les municipalités du Québec ou d'ailleurs n'appliquent pas nécessairement le programme SLAM dans son intégralité, mais elles appliquent habituellement plusieurs actions qui en font partie. En

effet, les actions de traiter ou d'abattre des frênes font partie de la fameuse stratégie. Il est même possible que les municipalités appliquent des éléments de la stratégie SLAM sans même la connaître, celle-ci étant plutôt vaste et composée d'actions diversifiées.

Pour arriver à freiner toute la problématique de l'agrile du frêne comme stipulé dans la stratégie SLAM, il est primordial de mettre en place des actions préventives et de détecter l'insecte le plus tôt possible, afin d'appliquer d'autres mesures le plus rapidement possible. En effet, la stratégie est particulièrement efficace lorsque les foyers de l'insecte vert sont détectés tôt. Si ce dernier a le temps nécessaire pour s'ancrer dans le milieu et que sa population explose, il sera excessivement plus difficile de limiter les impacts négatifs. Ceci peut être expliqué par le fait qu'avant d'atteindre un nombre d'individus critique, l'agrile du frêne peut avoir de la difficulté à trouver un partenaire pour se reproduire (Liebhold et Tobin, 2008). La stratégie devrait donc être appliquée, en priorité, dans les régions où l'infestation est présente depuis moins de cinq ans et la mortalité des frênes encore minimale ou concentrée en quelques lieux spécifiques. (SLAM, 2010)

Dans le cadre de la stratégie SLAM, cinq éléments sont suggérés pour contrôler efficacement l'insecte et ses impacts dans une région :

- faire un inventaire des frênes;
- dépister l'agrile du frêne;
- effectuer des activités pour réduire la population de l'agrile du frêne;
- mettre des mesures législatives en place et les faire respecter;
- informer, sensibiliser et fournir des outils à la population. (SLAM, 2010)

Bien qu'il soit recommandé d'appliquer tous ces éléments, il est possible que les autorités administratives d'une région ne soient pas en mesure d'appliquer l'un ou l'autre de ces éléments pour des raisons budgétaires ou tout autre motif. La stratégie SLAM aura des effets positifs même si l'un des éléments mentionnés ci-haut n'est pas appliqué. Cependant, il est primordial d'effectuer des activités qui permettront de réduire de manière significative la population d'agrile du frêne dans la région traitée. Sans cette composante essentielle, la stratégie SLAM a une efficacité grandement limitée. De plus, le fait d'effectuer des activités pour réduire la population de l'envahisseur

contribue assurément à protéger la vaste biodiversité que représentent les frênes et les espèces qui en dépendent. (SLAM, 2010)

En retardant la progression de l'agrile du frêne sur un territoire par des actions ou une stratégie telle que le SLAM, de multiples avantages peuvent en être tirés. Les bénéfices identifiés ci-après ont été identifiés pour l'État de New York, mais ils peuvent être applicables dans la plupart des autres régions Nord-Américaines, dont le Québec :

- préserver les parcs, les forêts et les frênes sur terrains privés le plus longtemps pour que les municipalités, les propriétaires et la population en général puissent conserver les bénéfices y étant attachés;
- limiter les traitements chimiques onéreux pour protéger les arbres sélectionnés contre l'envahisseur;
- retarder le moment où les frênes seront tués, entrainant ainsi un investissement important dans leur coupe pour préserver la sécurité dans les villes;
- permettre aux autorités d'avoir plus de temps pour planifier et budgétiser des interventions futures plus importantes comme des coupes massives de frênes, la gestion du bois coupé et le remplacement des arbres abattus par de nouvelles espèces. (New York State Department of Environmental Conservation, 2011)

Au niveau de la préservation de la biodiversité, les stratégies et principes actuels pour lutter contre l'agrile du frêne visent uniquement à protéger directement les frênes en tant que tels. En général, aucune action supplémentaire n'est mise en place pour assurer le maintien de la biodiversité dépendante de ces espèces d'arbres. Une bonification des stratégies actuelles est donc souhaitable pour préserver la biodiversité et éviter tous les impacts négatifs y étant associés, comme présentée précédemment au chapitre trois.

4.1.1 Inventaire de frênes

Un inventaire des frênes présents sur le territoire d'une municipalité est primordial afin de planifier avec efficacité les actions qui devront être effectuées sur ces feuillus en cas de détection de l'agrile du frêne. Le fait de connaître l'emplacement des frênes permet d'appliquer les bons traitements aux bons arbres afin de freiner l'envahisseur et de protéger la ressource végétale, donc la biodiversité. De plus, en connaissant la distribution et la densité de frênes, il est possible de prédire

l'augmentation de la population d'agrile du frêne dans le temps, sa progression dans l'espace et l'évolution de la mort des frênes. En effet, ces éléments peuvent tous être prédits en raison du fait que le coléoptère vert se nourrit du phloème des frênes et que l'inventaire de ces derniers permet d'évaluer la quantité et la disposition de cette sève élaborée sur le territoire étudié. Pour évaluer les paramètres cités plus haut, des modèles mathématiques sont utilisés. Ceux-ci peuvent également permettre de prédire les impacts de l'agrile du frêne en l'absence de gestion et de les comparer aux observations relevées sur le terrain à la suite des traitements. (SLAM, 2010)

Bien qu'un inventaire des frênes soit primordial dans la gestion de l'agrile, celui-ci n'a pas besoin d'être parfaitement exhaustif. Les ressources disponibles, tant monétaires qu'humaines, doivent être réparties d'une manière efficiente entre l'inventaire des arbres et les autres aspects de la stratégie adoptée pour lutter contre l'envahisseur. De plus, des données qui ne sont pas nécessairement très récentes peuvent être utilisées. (SLAM, 2010)

Bien entendu, les municipalités s'intéressent davantage aux frênes sur le domaine public comparativement à ceux sur des terrains privés. Elles sont responsables des arbres sur leur territoire, alors que c'est le propriétaire d'un terrain qui est légalement responsable du frêne qui se trouve sur sa propriété. Les autorités municipales ont intérêt à répertorier les arbres, puisqu'elles sont responsables des dommages que ceux-ci pourraient causer. Toutefois, il peut être intéressant pour les municipalités de faire un inventaire des frênes privés, en plus de celui pour les feuillus publics. Ces données supplémentaires permettraient de prendre de meilleures décisions pour faire la gestion de l'agrile du frêne, comme il a été expliqué précédemment. Pour ce faire, les autorités peuvent toujours demander l'aide de la population pour identifier les frênes sur leur propriété. Certes, les données seront partielles et comporteront probablement des erreurs, mais pour une municipalité qui a des ressources limitées, cette alternative pourrait s'avérer intéressante. (SLAM, 2010)

4.1.2 Dépistage de l'agrile du frêne

Comme il a été expliqué précédemment, il est primordial que l'agrile du frêne soit détecté le plus tôt possible pour que les actions effectuées à la suite de sa découverte soient efficaces pour, entre autres, protéger la biodiversité. Ainsi, les municipalités susceptibles de retrouver l'envahisseur sur leur territoire doivent se doter d'une stratégie de dépistage de l'agrile du frêne.

Avant la première détection du coléoptère vert, les actions doivent couvrir l'étendue complète du territoire de la municipalité, mais l'effort d'échantillonnage n'a pas besoin d'être particulièrement important. Elles comprennent notamment l'inspection visuelle des frênes, l'écorçage de branches, l'annélation de frênes, la mise en place de pièges dans les arbres et la sensibilisation de la population qui devrait être en mesure de signaler le dépérissement apparemment inexplicable d'un frêne (SLAM, 2010). Comme il est possible de voir à la figure 4.1, l'annélation d'un frêne consiste à retirer une bande de son écorce autour de son tronc. L'agrile du frêne est alors attiré par ces arbres et il est beaucoup plus facile d'observer la présence de l'envahisseur sur les frênes qui ont été annelés. Dans les zones où la densité de l'agrile du frêne est basse, les chances de détection seraient augmentées d'au moins 50 %, alors que ce pourcentage atteindrait 35 % sur les territoires où l'envahisseur est plus dense (Mercader et autres, 2013).

Figure 4.1 Frêne annelé (tirée de Pennsylvania Department of Conservation and Natural Resources, 2014)

Une fois que l'agrile du frêne a été détecté sur un territoire, les mêmes mesures doivent être appliquées avec plus d'intensité afin de déterminer la localisation et l'ampleur de l'infestation. Un quadrillage du territoire est recommandé pour obtenir un dépistage sur une vaste étendue. La densité de celui-ci dépend principalement des ressources financières disponibles, mais il est évident que plus les données sont nombreuses et précises, plus il sera facile de cibler les actions à entreprendre pour contrôler l'infestation. (SLAM, 2010)

Pour des informations méthodologiques concernant le dépistage de l'agrile du frêne ou pour confirmer des symptômes, le Guide pour les enquêtes de dépistage de l'agrile du frêne peut être consulté (Lyons et autres, 2007).

4.1.3 Traitements et abatages des frênes

Afin de limiter la propagation de l'agrile du frêne et de limiter ses impacts, le point essentiel d'une bonne stratégie de gestion est d'effectuer des traitements efficaces visant les frênes ou directement l'envahisseur et de procéder, au besoin, à l'abatage de certains arbres. En milieu urbain, une emphase particulière est mise sur les stratégies de traitement. En effet, étant donné la valeur sociale et économique accrue des arbres, il est préférable, si la situation le permet, d'éviter l'abatage de ceux-ci. Aussi, du point de vue de la protection de la biodiversité, il est préférable de traiter les arbres plutôt que de les abattre et de causer ainsi des dommages considérables aux espèces qui en dépendent.

Les activités de suppressions de l'agrile du frêne sont les actions les plus importantes pour contrôler l'insecte. Ces actions peuvent prendre diverses formes dont voici quelques exemples :

- utiliser des insecticides systémiques pour tuer l'agrile du frêne adulte, de même que leurs larves;
- abattre et collecter des frênes envahis par les larves de l'envahisseur avant que ces dernières deviennent des adultes, puis émergent et se propagent;
- attirer l'agrile vers des frênes annelés pour que l'insecte y ponde ses œufs, puis que les arbres soient retirés rapidement avant l'émergence des nouveaux individus;
- abattre et utiliser le bois de frêne afin de réduire les sources de nourriture pour le coléoptère vert. (SLAM, 2010)

Comme le témoignent les exemples concrets exposés ci-haut, plusieurs catégories d'actions peuvent être employées pour combattre directement l'agrile du frêne. La première est d'abattre les arbres infestés le plus rapidement possible. Ceci est particulièrement important, car un frêne infesté peut produire 90 à 100 agriles du frêne adultes par mètre carré d'écorce. C'est dire qu'un arbre de 50 cm peut produire de 3600 à 4000 adultes si aucun traitement n'est appliqué (SLAM, 2010). En abattant

les arbres infestés, il est possible d'éviter l'apparition de nouveaux individus et ainsi de limiter la propagation de l'insecte.

L'utilisation d'insecticide représente la deuxième solution de traitement. Cette méthode agit sur deux fronts en contrôlant la population d'agrile et en pouvant protéger les frênes, particulièrement ceux qui ont une grande valeur. Actuellement, l'insecticide systémique TreeAzin est le plus utilisé présentement au Québec ou ailleurs. Ce biopesticide est simplement injecté dans les frênes pendant 15 à 30 minutes pour une protection d'environ deux ans (Thompson, 2013; BioForest Technologies inc., 2014). Le coût du traitement au Québec est, comme indiqué précédemment, d'au moins 238 $ par arbre selon le diamètre de l'arbre (Benessaieh, 2014). La toxicité du produit semble minimale pour les vertébrés, les pollinisateurs et la grande majorité des autres organismes. De plus, le procédé se dégrade rapidement dans l'environnement (BioForest Technologies inc., 2011). L'insecticide TreeAzin rend les feuilles des arbres traités toxiques à la consommation pour l'agrile du frêne adulte qui s'y nourrit. Ce dernier pondra alors moins de 1 % d'œufs viables, ce qui contribuera à faire diminuer la population de l'envahisseur (BioForest Technologies inc., 2014). Ce produit systémique a aussi un grand effet sur les larves qui se nourrissent du phloème des frênes. Le pesticide tuera environ 95 % de celles-ci après quelques jours (SLAM, 2010; BioForest Technologies inc., 2014). Ainsi, il a été démontré que, en plus de réduire la population d'agrile du frêne, le TreeAzin a des effets significatifs sur le nombre de galeries par mètre carré creusées par les larves de l'envahisseur et que ces tunnels sont beaucoup moins longs (BioForest Technologies inc., 2011). L'insecticide ne protège donc pas complètement les arbres, mais il leur permet généralement de survivre.

Une troisième technique consiste à utiliser des frênes annelés comme arbre-piège. De tels arbres peuvent être placés à des endroits stratégiques pour attirer l'insecte et éviter que celui-ci n'envahisse des arbres sains. Le but de l'opération est de retirer les frênes annelés avant que de nouveaux adultes émergent. Des groupes de frênes annelés peuvent aussi être utilisés pour attirer encore davantage l'envahisseur. Ils sont particulièrement efficaces dans les milieux où l'agrile est en faible densité. (SLAM, 2010; Mercader et autres, 2013)

Une autre possibilité est d'abattre des frênes pour réduire la quantité de ressources disponibles pour l'agrile. En retirant les frênes de plus de 25 cm de diamètre à hauteur de poitrine, la quantité totale de phloème disponible diminue significativement. Le problème avec cette stratégie est que, lorsque

la ressource n'est plus suffisante à un endroit précis, l'agrile du frêne est porté à franchir de plus grandes distances afin de trouver de la nourriture. Cette conséquence fait en sorte qu'il peut y avoir risque de propagation accrue de l'insecte problématique. (SLAM, 2010)

La cinquième et dernière technique consiste à encourager la présence d'ennemis naturels de l'agrile du frêne tel que les pics-bois. Cependant, ces oiseaux ne s'attaquent pas nécessairement toujours aux larves du coléoptère en question lorsque d'autres sources de nourriture sont à sa disposition. Il faut aussi considérer que l'agrile du frêne n'a presque pas de prédateurs connus en Amérique actuellement.

4.1.4 Mesures législatives

Dans plusieurs municipalités du Québec, une loi fédérale permet de limiter la propagation de l'agrile du frêne. La *Loi sur la protection des végétaux* permet à l'Agence canadienne d'inspection des aliments de règlementer le déplacement de végétaux ou de matière végétale. Dans le cas du frêne, huit matériaux sont touchés par une interdiction :

- « frênes entiers ou morceaux de frêne;
- matériel de pépinière de frêne;
- billes ou branches de frêne;
- bois d'œuvre de frêne;
- matériaux d'emballage en bois qui renferment du frêne;
- bois ou écorce de frêne;
- copeaux de bois ou d'écorce de frêne;
- bois de chauffage de toutes les essences. » (Plourde, 2014)

L'interdiction de déplacer tous ces matériaux est présente dans le sud-ouest du Québec, ainsi que dans le sud de l'Ontario, comme illustré à la figure 4.2. La zone règlementée a été élargie à partir du 1er avril 2014, étant donné la forte progression de l'envahisseur (ACIA, 2014c). Selon le matériau et l'endroit vers lequel celui-ci est déplacé, l'interdiction n'est pas nécessairement valide toute l'année. En fait, il peut être permis de déplacer un matériau du 1er avril au 30 septembre, du 1er octobre au 31 mars ou même toute l'année en certaines circonstances. Les détails concernant le

déplacement des différents matériaux visés par la directive peuvent être consultés aux annexes 1 et 2. (ACIA, 2014d)

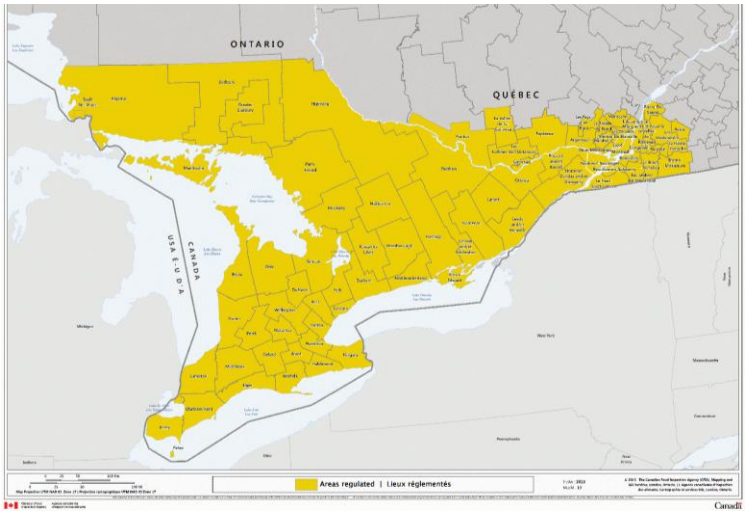

Figure 4.2 Lieux règlementés pour l'agrile du frêne au Canada depuis le 1er avril 2014 (tirée de ACIA, 2014c)

Les municipalités peuvent aussi élaborer des règlements en matière d'environnement en vertu de la *Loi sur les compétences municipales*. Présentement, il semble qu'il n'y ait aucun règlement qui vise directement la problématique de l'agrile du frêne, mais plusieurs villes en ont concernant la coupe des arbres. Par exemple, à la Ville de Longueuil, le règlement CO-2009-578 dicte qu'il faut un certificat d'autorisation pour abattre n'importe quel arbre, mort ou vivant (Ville de Longueuil, 2014).

4.1.5 Informer et sensibiliser la population

Il est très important d'inclure les citoyens dans la démarche visant à contrer l'agrile du frêne. Ceux-ci doivent être informés et sensibilisés à la problématique. De cette manière, la population sera en mesure de dépister le coléoptère sur leur propre frêne et de prendre les mesures qui s'imposeront pour le traitement ou l'abatage et le remplacement de leur arbre. Elle doit également être informée afin de comprendre le bien-fondé des actions de l'administration publique en matière de la gestion de cette problématique. Des citoyens éduqués sont plus susceptibles d'appuyer la stratégie des municipalités, surtout lorsque les coûts pour lutter contre cet insecte sont importants.

L'information et la sensibilisation de la population doivent aussi se faire au niveau de la préservation de la biodiversité. Une grande proportion de la population, fort probablement la

majorité, ne sait pas à quel point les multiples espèces animales et végétales offrent des biens et services écologiques importants pour la société. Les citadins ne connaissent pas non plus tous les impacts associés à une diminution ou une disparition de cette biodiversité. Ainsi, les informer sur le sujet pourrait leur faire prendre conscience de l'importance d'investir dans sa préservation et, avec une population informée qui encourage la sauvegarde de la biodiversité, il serait plus facile pour les instances gouvernementales et municipales d'investir dans la protection de l'environnement.

4.2 Techniques considérées

Comme expliqué au cours de la section précédente, il n'y a présentement aucun moyen pour éradiquer l'agrile du frêne ou pour protéger l'ensemble des frênes sur un territoire donné. Cependant, tout n'est pas perdu. Les scientifiques travaillent fort pour trouver des moyens révolutionnaires afin de freiner cette invasion du coléoptère. Le présent chapitre fera état des recherches les plus prometteuses, l'objectif étant de démontrer que la recherche avance vite et qu'entretemps, il faut préserver la biodiversité. Il serait dommage de perdre cette richesse, alors qu'une solution durable est peut-être proche.

4.2.1 Introduction de guêpes chinoises

L'agrile du frêne n'a pas de prédateurs naturels en Amérique, mais dans sa région d'origine, en Asie, des organismes s'y attaquent. Deux espèces de guêpes chinoises, *Tetrastichus planipennisi* et *Spathius agrili*, font l'objet de recherches intensives afin de déterminer si celles-ci pourraient être introduites massivement au Canada afin de lutter contre l'insecte ravageur du frêne. Ces deux espèces sont des prédateurs naturels de l'agrile du frêne et, originaires du nord de la Chine, elles proviennent d'une région au climat semblable au nôtre. (ACIA, 2013)

Les deux espèces de guêpes chinoises s'attaquent aux larves de l'agrile du frêne. *T. planipennisi* dépose environ 70 œufs dans les larves du coléoptère, alors que *S. agrili* en dépose plusieurs directement sur ces dernières. Lorsque les œufs éclosent, les jeunes guêpes se nourrissent alors des larves de l'envahisseur. (ACIA, 2013)

Le 4 juin 2013, le Service canadien des forêts du Ministère des Ressources naturelles Canada a introduit des individus de *T. planipennisi* dans le sud-ouest de l'Ontario. D'autres disséminations régionales ont eu lieu depuis. Les résultats de ces introductions sont encore attendus. *S. agrili* n'a

pas été relâché au Canada pour l'instant. Cette espèce de guêpe serait moins efficace au nord du 40e parallèle nord. (ACIA, 2013)

De nouvelles espèces introduites, que ce soit les guêpes chinoises ou toute autre espèce, ne seront probablement pas en mesure d'éradiquer l'agrile du frêne. Cependant, les chercheurs s'attendent à ce que la population baisse considérablement, ce qui permettrait de contrôler le coléoptère vert avec d'autres méthodes de gestion dont il a été question précédemment. (ACIA, 2013; Corriveau, 2014)

4.2.2 Contamination par des champignons entomopathogènes

Le principe de cette technique est de mettre des pièges remplis de champignons entomopathogènes, puis d'attirer l'agrile du frêne sur ceux-ci. L'insecte sera alors contaminé par le champignon qui produira des enzymes pour le digérer de l'intérieur. Il sera tué en quelques jours, selon l'espèce de champignon utilisé. Au cours de ces quelques journées, ceci permettra à l'envahisseur de contaminer à son tour plusieurs autres individus. Cette réaction en chaine fait en sorte que la population d'agrile d'une région peut théoriquement être ravagée par ces champignons. (Marchal, 2014; Ressources naturelles Canada, 2012)

Les champignons entomopathogènes en question comprennent *Beauveria bassiana*, *Paecilomyces farinosus*, *Paecilomyces fumusoroseus*, *Vertticillium lecanii* et *Metarhizium anisoplia*. Selon une étude de Liu et Bauer (2008), la première espèce de cette liste aurait un taux d'infection de 27,7 % à 33,5 % pour une concentration de conidies variant entre 25 et 75 x 10^{13} conidies par hectare. Pour deux applications variant de 10 à 100 x 10^{13} conidies par hectare, le taux d'infection varie entre 58,5 % et 83 %.

4.2.3 Autres techniques notables

D'autres techniques sont en cours de recherche par les scientifiques. Celles-ci peuvent être toutes aussi prometteuses, mais elles semblent être à un stade moins avancé et plus de temps pourrait être nécessaire avant qu'elles ne soient applicables sur le terrain pour combattre l'agrile du frêne.

D'abord, des nématodes pourraient être injectés sous l'écorce de souche d'arbre pour éliminer les adultes et les larves se développant à cet endroit ou même dans les racines (Ressources naturelles Canada, 2012). Des parasitoïdes s'attaquant au coléoptère vert pourraient aussi être utilisés avec une méthodologie quelque peu différente (Duan et autres, 2009). Ensuite, des études sont

actuellement effectuées afin de déterminer la signature génomique d'un frêne attaqué. Un vaccin pourrait possiblement être développé par la suite (Marchal, 2014). Enfin, un autre champ d'études concerne des microorganismes associés à l'agrile du frêne. En identifiant et en s'attaquant à un organisme essentiel au développement de l'agrile du frêne, il est possible d'atteindre ce dernier indirectement (Marchal, 2014).

5 PROPOSITION D'UN PLAN D'ACTION

Comme il a été question tout au long de l'essai, la perte de biodiversité provoquée par l'invasion de l'agrile du frêne en milieu urbain cause des impacts non négligeables au niveau social et économique. Plusieurs actions sont actuellement réalisées par les municipalités, mais celles-ci s'avèrent insuffisantes pour protéger tant les frênes que toute la biodiversité lui étant associée. En attendant que des percées importantes soient réalisées pour éradiquer l'envahisseur, de nouvelles mesures se doivent d'être mise en place pour protéger la biodiversité. Ces actions peuvent être très variées. De nouvelles actions de sensibilisation, de même que des mesures concrètes sur le terrain pour protéger directement la biodiversité doivent notamment être élaborées. Le plan d'action présenté dans ce chapitre regroupe une série d'actions pouvant être appliquées séparément, ou idéalement intégralement, dans l'ensemble des municipalités urbaines visées par cet essai. Étant donné que ce plan d'action se veut un document explicatif le plus complet possible, prêt à être appliqué dans n'importe laquelle des 100 municipalités visées, certaines des actions proposées peuvent déjà être mises en application dans une ou plusieurs municipalités. Ces dernières pourront alors bonifier leurs mesures déjà en place par d'autres actions proposées afin de devenir plus efficaces dans la préservation de la biodiversité menacée par l'agrile du frêne.

Les municipalités désirant appliquer le plan d'action ou une portion de celui-ci devront avoir au moins un employé en mesure de le mettre en application. Un diplômé en environnement, en biologie, en génie forestier ou dans tout autre domaine connexe devrait avoir les connaissances suffisantes pour le réaliser.

Le tableau 5.1, présenté à la page suivante, résume le plan d'action qui devrait être appliqué dans les milieux urbains québécois pour protéger la biodiversité en regard à l'agrile du frêne. Les résultats attendus du plan d'action, de même que ses objectifs et ses actions, seront expliqués en détail tout au long du chapitre.

Tableau 5.1 Résumé du plan d'action proposé pour protéger la biodiversité contre l'agrile du frêne

Résultats	Objectifs spécifiques	Acteurs	Mise en application	Indicateurs
1 Protéger le plus de frênes possible	**1.1** Effectuer un inventaire des frênes	Municipalité Étudiants	Le plus tôt possible	Pourcentage du territoire où l'inventaire a été fait
	1.2 Dépister l'agrile du frêne dès que l'insecte est aux portes de la municipalité	Municipalité ACIA Personnel apte au dépistage	Lorsque l'agrile du frêne a été détecté à proximité, selon la fréquence suggérée par la stratégie SLAM	Pourcentage du territoire où le dépistage a été fait
	1.3 Traiter ou abattre les frênes attaqués par l'envahisseur	Municipalité Entreprises	Lorsque nécessaire, selon la stratégie SLAM	Nombre d'arbres traités ou abattus
	1.4 Informer et sensibiliser les citoyens à la problématique de l'agrile du frêne	Municipalité Population	Lorsque l'agrile du frêne a été détecté à proximité	Nombre de séances d'information données Nombre de dépliants distribués
	1.5 Offrir des rabais à tous les propriétaires souhaitant traiter leur frêne	Municipalité Autres municipalités Propriétaires	À préparer aussitôt que des risques d'infestation sont possibles	Nombre de propriétaires ayant bénéficié d'un rabais
2 Favoriser la sauvegarde des espèces dépendantes des frênes	**2.1** Privilégier la protection de milieux où la biodiversité associée aux frênes est importante	Municipalité	À réaliser aussitôt que des risques d'infestation sont possibles	Nombre de milieux protégés
	2.2 Appliquer des mesures de compensation spécifiques pour aider les espèces atteintes	Municipalité Scientifiques	Planifier les mesures aussitôt que des risques d'infestations sont possibles	Nombre de mesures de compensation appliquées
	2.3 Planter des arbres de multiples espèces	Municipalité	Le plus tôt possible	Proportion de chaque espèce plantée
	2.4 Reboiser le plus rapidement possible à la suite d'un abattage	Municipalité Entreprises	Lorsque nécessaire	Pourcentage des arbres abattus ayant été remplacés
	2.5 Encourager les propriétaires à remplacer leurs arbres	Municipalité Propriétaires Pépinières	Le plus tôt possible	Pourcentage des arbres abattus ayant été remplacés
3 Favoriser la biodiversité locale	**3.1** Éviter que les frênes abattus soient remplacés par des végétaux envahissants	Municipalité	Lorsque nécessaire	Surface où les frênes ont été remplacés par des végétaux envahissants
	3.2 Informer et sensibiliser la population aux bienfaits de la biodiversité locale	Municipalité Population	Lorsque l'agrile du frêne a été détecté à proximité	Nombre de séances d'information données
	3.3 Créer une liste d'espèces d'arbres encouragées à être plantées pour remplacer un frêne	Municipalité	Le plus tôt possible	Création de la liste d'arbres
4 Aider la recherche sur la préservation de la biodiversité	**4.1** Mettre sur pied un groupe de recherche étudiant les impacts de la perte des frênes sur la biodiversité locale	Municipalité	Aussitôt que l'abattage de frênes est nécessaire	Quantité de données rendues publiques

5.1 Présentation des résultats attendus

Le plan d'action vise l'atteinte de quatre résultats. Ceux-ci, tous associés à la protection de la biodiversité mise en péril par la disparition fort probable de frênes dans plusieurs milieux urbains québécois, sont formulés comme suit :

(1) protéger le plus de frênes possible;
(2) favoriser la sauvegarde des espèces dépendantes des frênes;
(3) favoriser la biodiversité locale;
(4) aider la recherche sur la préservation de la biodiversité.

Le premier élément consiste à protéger le plus de frêne possible. Ce geste est le seul des quatre qui est déjà appliqué, en partie, par les municipalités touchées par la problématique de l'agrile du frêne. Bien entendu, protéger les frênes est le moyen le plus efficace d'éviter les répercussions négatives sur la biodiversité y étant associée, mais compte tenu des connaissances et de la technologie actuelle, il est impossible de protéger les frênes massivement. Il est toutefois nécessaire de bonifier les actions en cours, notamment par l'application de la stratégie SLAM, et de mieux cibler les frênes à protéger. De plus, il faut assurément encourager les propriétaires possédant un ou plusieurs frênes à participer à la lutte à l'envahisseur en les incitant à traiter, eux aussi, leurs arbres.

La seconde étape est de favoriser la sauvegarde des espèces dépendantes des frênes en effectuant des actions pour limiter les impacts sur ces organismes. Ainsi, malgré la disparition de nombreux frênes, une partie des espèces touchées pourront survivre le temps qu'une solution plus définitive voit le jour. D'autres espèces ne dépendent pas nécessairement du frêne, mais celles-ci vont souffrir de l'abattage d'une trop grande quantité d'arbres en un court intervalle de temps. Les actions proposées pour atteindre le deuxième objectif tiennent également compte de cette réalité.

Favoriser la biodiversité locale représente un autre pas à franchir pour obtenir du succès dans cette lutte. Au cours de l'essai, il a été établi que des végétaux envahissants pourraient prendre la place laissée vacante par les frênes morts dans certaines régions et que la biodiversité indigène n'a pas toujours la place qui devrait lui revenir en milieu urbain québécois. Ces situations doivent être évitées, puisque la biodiversité locale a souvent tendance à être plus adaptée aux végétaux indigènes, ceux-ci ayant coévolué pendant de nombreux siècles. Ainsi, les dispositions nécessaires

doivent être prises pour s'assurer que, lorsqu'il y a abattage, les frênes ne soient pas remplacés par des végétaux exotiques.

Le quatrième et dernier résultat à atteindre concerne la recherche. Il est primordial de mieux identifier l'ensemble des espèces affectées par la disparition des frênes dans certaines régions et d'en comprendre les conséquences. Les municipalités doivent contribuer à ceci au meilleur de leur capacité.

5.2 Objectifs spécifiques et actions associées

Afin d'être le plus précis possible sur les moyens d'atteindre les résultats recherchés, tels qu'identifiés dans la section précédente, un ou plusieurs objectifs spécifiques ont été formulés pour pouvoir rencontrer chacun des quatre résultats attendus. Ces objectifs sont quantifiables et leur réussite peut facilement être évaluée par des indicateurs de performance. Les acteurs nécessaires à leur réalisation ont été identifiés dans le but de donner un indice sur le niveau de concertation nécessaire à la réalisation de l'objectif et pour aider les municipalités à mettre en application le plan d'action en contactant, au besoin, les bonnes personnes ressources. Le moment pour débuter la réalisation de l'objectif fait également l'objet du plan afin de s'assurer que les actions associées à chaque objectif spécifique débutent au moment optimal. De cette manière, il est plus facile de prioriser les actions selon le stade d'envahissement de l'agrile du frêne.

À chaque objectif spécifique sont associées quelques actions. Ces dernières sont à la fois assez vastes pour être applicables à l'ensemble des milieux urbains québécois, mais assez précises pour donner une ligne directrice claire dans l'application du plan d'action pour lutter contre la perte de la biodiversité dépendante des frênes. Les prochaines sous-sections expliqueront la pertinence de chaque objectif spécifique, tout en présentant les actions nécessaires pour les atteindre.

5.2.1 Objectifs et actions pour protéger le plus de frênes possible

Tel que présenté dans le tableau 5.2, le premier résultat recherché consistant à protéger le plus de frêne possible comporte cinq objectifs spécifiques. Les quatre premiers sont partie intégrante de la stratégie SLAM que toute municipalité susceptible d'être touchée par la problématique de l'agrile du frêne devrait adopter.

Tableau 5.2 Objectifs spécifiques pour protéger le plus de frêne possible

Objectifs spécifiques	Actions	Acteurs	Mise en application	Indicateurs
1.1 Effectuer un inventaire des frênes	**1.1.1** Planifier l'inventaire en utilisant une méthode reconnue **1.1.2** Embaucher des étudiants pour effectuer l'inventaire **1.1.3** Réaliser l'inventaire **1.1.4** Interpréter les données pour qu'elles soient utilisables dans le cadre de la stratégie SLAM **1.1.5** Mettre à jour les données régulièrement	Municipalité Étudiants	Le plus tôt possible	Pourcentage du territoire où l'inventaire a été fait
1.2 Dépister l'agrile du frêne dès que l'insecte est aux portes de la municipalité	**1.2.1** Rester informé sur la progression de l'agrile du frêne au Québec **1.2.2** Planifier le dépistage pour qu'il soit compatible avec la stratégie SLAM **1.2.3** Trouver le personnel nécessaire lorsque le dépistage doit débuter **1.2.4** Réaliser le dépistage, comme prévu dans la stratégie SLAM, aussi longtemps que nécessaire	Municipalité ACIA Personnel apte au dépistage	Lorsque l'agrile du frêne a été détecté à proximité, selon la fréquence suggérée par la stratégie SLAM	Pourcentage du territoire où le dépistage a été fait
1.3 Traiter ou abattre les frênes attaqués par l'envahisseur	**1.3.1** Identifier les arbres envahis **1.3.2** Évaluer les arbres envahis **1.3.3** Prendre la décision de traiter ou d'abattre chaque arbre **1.3.4** Donner un contrat à une entreprise pour effectuer l'action choisie ou la faire effectuer par une personne compétente **1.3.5** Si un arbre a été traité, répéter le traitement aussi souvent que recommandé	Municipalité Entreprises	Lorsque nécessaire, selon la stratégie SLAM	Nombre d'arbres traités ou abattus

Tableau 5.2 Objectifs spécifiques pour protéger le plus de frêne possible (suite)

Objectifs spécifiques	Actions	Acteurs	Mise en application	Indicateurs
1.4 Informer et sensibiliser les citoyens à la problématique de l'agrile du frêne	**1.4.1** Préparer un dépliant permettant d'informer et sensibiliser la population **1.4.2** Distribuer le dépliant avec le compte de taxes municipales **1.4.3** Dans le dépliant, faire la publicité d'une séance d'information dans chaque quartier **1.4.4** Identifier un professionnel pour préparer et donner la séance d'information	Municipalité Population	Lorsque l'agrile du frêne a été détecté à proximité	Nombre de séances d'information données Nombre de dépliants distribués
1.5 Offrir des rabais à tous les propriétaires souhaitant traiter leur frêne	**1.5.1** Se regrouper avec d'autres municipalités pour faire baisser le coût des traitements **1.5.2** Par l'entremise du dépliant ou des séances d'information, offrir aux propriétaires de faire traiter leur frêne **1.5.3** Offrir un rabais aux propriétaires pour les traitements	Municipalité Autres municipalités Propriétaires	À préparer aussitôt que des risques d'infestation sont possibles	Nombre de propriétaires ayant bénéficié d'un rabais

Comme il a été établi à la section 4.1, la stratégie SLAM est actuellement le meilleur moyen de protéger le plus de frênes possible à grande échelle. Quatre éléments de la stratégie sont particulièrement primordiaux pour atteindre ce résultat. Ceux-ci ont été décrits aux sections 4.1.1, 4.1.2, 4.1.3 et 4.1.5, mais il est de mise de rappeler certains points importants et d'apporter des précisions pour favoriser l'application concrète de ces éléments.

Le premier objectif est d'effectuer un inventaire des frênes publics sur le territoire de la municipalité (objectif 1.1). Ce projet peut s'avérer couteux, mais il est tout de même possible de réduire les dépenses en engageant des étudiants pendant l'été pour effectuer l'inventaire selon la méthodologie choisie. Un frêne est facilement identifiable et la plupart des étudiants des domaines de la biologie, de l'écologie ou de l'environnement n'auront aucun problème à accomplir les tâches nécessaires à la réalisation d'un inventaire. La tâche la plus difficile est certainement en lien avec l'interprétation des données sur le terrain afin d'appliquer la stratégie SLAM d'une manière optimale. Dans le cas de l'arrivée de l'envahisseur sur le territoire de la municipalité, des décisions rapides devront être prises. Celles-ci, touchant la gestion des frênes, devraient être planifiées selon les résultats de l'inventaire. Au besoin, la municipalité peut s'adresser à un expert afin d'avoir une bonne planification. Par la suite, les données recueillies lors de l'inventaire devront être mises à jour à mesure que des changements s'opèrent, dans le but de toujours prendre les meilleures décisions en toute connaissance de cause.

L'objectif spécifique suivant consiste à dépister l'agrile du frêne dès que celui-ci a le potentiel d'être présent sur le territoire de la municipalité (objectif 1.2). Puisqu'il est impossible de savoir avec certitude le moment où l'agrile du frêne fera une incursion sur un nouveau territoire, il est primordial de rester informé sur la progression de l'insecte au Québec et d'appliquer le principe de précaution. La municipalité peut s'informer auprès de l'ACIA ou des municipalités voisines. Au moment où il est possible que l'agrile se retrouve sur le territoire de la municipalité, infime soit la probabilité, il est important de débuter le dépistage comme prévu dans la stratégie SLAM. Pour de nombreuses municipalités, le dépistage demandera beaucoup d'efforts et de ressources étant donné que l'embauche d'un nouvel employé pourrait être nécessaire et que la démarche pourrait durer plusieurs années. La fréquence du dépistage est établie dans la stratégie SLAM, selon la probabilité d'être affecté par l'agrile du frêne.

Le prochain objectif consiste à traiter ou abattre les frênes (objectif 1.3). Bien que le traitement des frênes soit souhaitable pour limiter le plus possible les impacts sur la biodiversité et que, en milieu urbain, les arbres possèdent une valeur accrue, il est préférable de suivre les principes de la stratégie SLAM pour déterminer les arbres à abattre et ceux à traiter afin d'en sauver le plus grand nombre possible. Ainsi, comme il a été mentionné dans la section 4.1.3, il est possible, entre autres, d'utiliser des arbres-pièges pour attirer et détruire des populations du coléoptère ou d'abattre plusieurs arbres préventivement pour limiter la quantité de ressources disponibles pour l'envahisseur. Si la municipalité possède les ressources humaines et techniques nécessaires, ces actions peuvent être effectuées par des employés. Sinon, un contrat devra être donné à une entreprise.

Le quatrième et dernier objectif en lien avec la stratégie SLAM est d'informer et sensibiliser les citoyens à la problématique de l'agrile du frêne (objectif 1.4). Concrètement, selon le plan d'action présenté ici, ce but pourrait être atteint de deux manières distinctes. D'abord, un dépliant contenant toutes les informations nécessaires sur la problématique de l'agrile du frêne devrait être préparé et distribué avec le compte de taxes municipales. De cette manière, la municipalité s'assure que tous les propriétaires, c'est-à-dire une grande proportion de la population, dont tous ceux qui possèdent des arbres, auront accès aux principales informations concernant l'agrile du frêne, tout en étant sensibilisés à sa lutte. De plus, le dépliant pourra faire la promotion de séances d'information dans les différents quartiers de la municipalité. Ces séances gratuites représentent le moment approprié pour donner des informations plus précises sur l'agrile du frêne aux citoyens qui s'y présenteront. Ces mesures devront être effectuées aussitôt que l'envahisseur est détecté à proximité de la municipalité. Ainsi, la population sera prête pour l'arrivée de l'insecte. Bien qu'il puisse être intéressant d'effectuer ces actions le plus tôt possible, il a été jugé préférable d'attendre que le coléoptère vert soit aux portes de la ville pour que toutes les informations soient encore fraiches dans la tête des gens pour organiser la lutter contre cet insecte.

L'objectif suivant est d'offrir des rabais aux propriétaires souhaitant traiter leur frêne (objectif 1.5). Pour arriver à ce but, les petites municipalités géographiquement proches doivent se regrouper afin de conclure une entente avec une entreprise privée certifiée pour le traitement de l'agrile du frêne avec le biopesticide TreeAzin. Par la suite, chaque municipalité impliquée pourra offrir le service de traitement d'un frêne à un prix beaucoup plus bas que la normale. Les propriétaires qui désirent traiter leur arbre se verront refiler les rabais, même que ceux-ci seront gagnants au niveau financier,

car il a été vu auparavant que la perte d'arbres peut avoir un impact très important sur la valeur d'une maison. Ce stratagème a déjà été utilisé dans l'arrondissement St-Laurent, à Montréal, où les économies pour le traitement au TreeAzin atteignent 40 à 50 % (Benessaieh, 2014). La promotion pour ce rabais pourra se faire par l'entremise du dépliant et des séances d'information déjà prévues pour atteindre l'objectif spécifique 1.4. Toutes ces actions devront se faire lorsque l'infestation par l'agrile du frêne sera éminente.

5.2.2 Objectifs et actions pour favoriser la sauvegarde des espèces dépendantes des frênes

Il est admis par l'ensemble des scientifiques qui travaillent dans ce domaine que, peu importe ce qui est fait présentement, les frênes vont finir par mourir. Bien que les stratégies pour protéger le plus de frêne possible, et ainsi freiner l'envahisseur, sont valables et pertinentes, il est nécessaire de poser des actions pour favoriser la sauvegarde des espèces qui dépendent directement du frêne ou de celles qui vont souffrir par la mortalité d'une trop grande quantité d'arbres. Le tableau 5.3 résume la partie du plan d'action traitant de ces deux derniers cas.

Tableau 5.3 Objectifs spécifiques pour favoriser la sauvegarde des espèces dépendantes des frênes

Objectifs spécifiques	Actions	Acteurs	Mise en application	Indicateurs
2.1 Privilégier la protection de milieux où la biodiversité associée aux frênes est importante	**2.1.1** Identifier des milieux où la proportion de frêne est particulièrement importante **2.1.2** Protéger les milieux sélectionnés	Municipalité	À réaliser aussitôt que des risques d'infestation sont possibles	Nombre de milieux protégés
2.2 Appliquer des mesures de compensation spécifiques pour aider les espèces atteintes	**2.2.1** Effectuer des études afin d'identifier les espèces animales touchées par la perte des frênes **2.2.2** Consulter des scientifiques pour établir les meilleures mesures pour chaque espèce **2.2.3** Appliquer les mesures	Municipalité Scientifiques	Planifier les mesures aussitôt que des risques d'infestations sont possibles	Nombre de mesures de compensation appliquées
2.3 Planter des arbres de multiples espèces	**2.3.1** Sélectionner plusieurs espèces d'arbres indigènes pouvant être plantées dans la municipalité **2.3.2** Acheter plusieurs arbres de chaque espèce et les planter	Municipalité	Le plus tôt possible	Proportion de chaque espèce plantée
2.4 Reboiser le plus rapidement possible à la suite d'un abattage	**2.4.1** Sélectionner les arbres pouvant remplacer les anciens **2.4.2** À la suite d'un abattage, planter immédiatement un arbre de remplacement par la même personne qui a coupé l'arbre	Municipalité Entreprises	Lorsque nécessaire	Pourcentage des arbres abattus ayant été remplacés
2.5 Encourager les propriétaires à remplacer leurs arbres	**2.5.1** Faire un partenariat avec une ou plusieurs pépinières **2.5.2** Lors de la coupe d'un arbre, donner un coupon-rabais pour l'achat d'un nouvel arbre dans l'une des pépinières partenaires **2.5.3** S'assurer que le propriétaire a planté son nouvel arbre	Municipalité Propriétaires Pépinières	Le plus tôt possible	Pourcentage des arbres abattus ayant été remplacés

Le premier objectif spécifique qu'il faut atteindre est de privilégier la protection de milieux où la biodiversité associée aux frênes est importante (objectif 2.1). Cet objectif se veut en lien avec le concept des points chauds de biodiversité, une stratégie reconnue comme efficace pour établir les priorités en conservation. Celle-ci vise à identifier les habitats en péril où une biodiversité exceptionnelle y vit pour ensuite les protéger et, par la bande, protéger les organismes en danger (Myers et autres, 2000). Dans le cas actuel, étant donné qu'il est difficile d'évaluer la quantité d'espèces dépendantes des frênes pour un site comparativement à un autre, il est préférable de protéger les milieux où la proportion de frênes, principalement matures, est particulièrement importante. Le fait de protéger de tels habitats assurera la survie de plusieurs espèces associées au frêne, du moins à moyen terme, à condition que les espaces protégés soient suffisamment grands pour que les espèces puissent y vivre convenablement. Des parcs ou forêts urbains contenant beaucoup de frênes sont probablement les meilleurs endroits à protéger pour atteindre l'objectif avec succès.

Appliquer des mesures de compensation spécifiques pour aider les espèces affectées par la disparition des frênes représente le deuxième objectif (objectif 2.2). L'atteinte de ce dernier nécessite cependant que des études supplémentaires soient effectuées pour identifier avec certitude les espèces touchées par la problématique de mortalité des frênes et que d'autres soient réalisées pour trouver des méthodes réalisables applicables à chacune des espèces touchées. Par exemple, à la section 2.3.1, il a été établi que de nombreuses espèces d'arthropodes sont menacées indirectement par la disparition du frêne. Or, actuellement, il ne semble pas exister de mesures de compensation pour aider ces espèces en cas de disparition d'une grande proportion de frênes. Il pourrait toutefois y avoir quelques mesures de compensation à effectuer pour certaines espèces. Par exemple, des nichoirs d'oiseaux pourraient être construits pour compenser une diminution importante de la canopée urbaine leur servant actuellement de nichoirs.

L'objectif numéro trois vise à planter des arbres de multiples espèces le plus tôt possible (objectif 2.3). Comme il a été énoncé précédemment, des organismes ne dépendent pas nécessairement des espèces de frênes en tant que tels, mais ils vont souffrir de la baisse de la quantité d'arbres ou du volume de la canopée du milieu urbain. Une flore urbaine fort diversifiée fait en sorte que, advenant qu'une maladie ou un insecte affecte une espèce d'arbre en particulier, les répercussions sur la biodiversité, de même que les répercussions sociales et économiques, sont beaucoup moins graves, grâce à la présence d'autres sources de nourriture ou d'un couvert de protection.

Le quatrième objectif spécifique consiste à reboiser le plus rapidement possible à la suite de l'abattage d'un arbre (objectif 2.4). Un peu comme pour l'objectif précédent, des gestes en ce sens favorisent la sauvegarde des espèces qui ont besoin d'une quantité critique d'arbres ou une canopée assez importante pour survivre. Il est donc souhaitable de prendre l'habitude de planter un arbre immédiatement après la coupe de celui qui vient d'être abattu.

Le dernier objectif est d'encourager les propriétaires à remplacer leurs arbres (objectif 2.5). Cet objectif doit être réalisé pour les mêmes raisons que les deux précédents. La méthode pour assurer sa réalisation est toutefois différente des dernières, puisque la municipalité n'a pas un contrôle direct sur les propriétés de ses citoyens. Ainsi, il est souhaitable de faire un partenariat avec une ou plusieurs pépinières afin d'offrir des arbres pouvant remplacer les frênes à un prix plus bas que la normale. Étant donné qu'il faut habituellement un permis pour abattre un arbre, la municipalité pourrait donner un coupon-rabais d'un montant substantiel pour l'achat d'un nouvel arbre indigène acheté dans la semaine suivant une coupe, dans l'une des pépinières partenaires. Un suivi devra ensuite être effectué pour être certain que le citoyen a planté son nouvel arbre. Ces actions feront en sorte que les personnes qui devront couper un frêne en raison de l'envahisseur le remplacent rapidement par un nouvel arbre indigène.

5.2.3 Objectifs et actions pour favoriser la biodiversité locale

Il ne suffit pas de protéger la biodiversité locale, mais il faut l'encourager, la favoriser. Comme le montre le tableau 5.4, des objectifs spécifiques, accompagnés de plusieurs actions, ont été établis pour atteindre cette cible. Pour obtenir le succès espéré, la population devra contribuer à cette stratégie et les végétaux exotiques envahissants devront être contrôlés pour s'assurer qu'ils ne prennent pas la place laissée vacante par les frênes.

Tableau 5.4 Objectifs spécifiques pour favoriser la biodiversité locale

Objectifs spécifiques	Actions	Acteurs	Mise en application	Indicateurs
3.1 Éviter que les frênes abattus soient remplacés par des végétaux envahissants	**3.1.1** Identifier les sites où les frênes pourraient être remplacés par des végétaux exotiques envahissants **3.1.2** Éviter d'abattre trop d'arbres en même temps **3.1.3** Remplacer immédiatement les frênes par de nouveaux arbres **3.1.4** Lutter contre les végétaux envahissants pour que ceux-ci ne s'accaparent pas de l'espace disponible	Municipalité	Lorsque nécessaire	Surface où les frênes ont été remplacés par des végétaux envahissants
3.2 Informer et sensibiliser la population aux bienfaits de la biodiversité locale	**3.2.1** Ajouter l'information dans le dépliant (action 1.4.1) **3.2.2** Inclure un volet biodiversité locale à la séance d'information (action 1.4.4)	Municipalité Population	Lorsque l'agrile du frêne a été détecté à proximité	Nombre de séances d'information données
3.3 Créer une liste d'espèces d'arbres encouragées à être plantées pour remplacer un frêne	**3.3.1** S'informer sur les meilleurs arbres à planter sur le territoire de la municipalité **3.3.2** Créer la liste d'espèces d'arbres **3.3.3** Mettre en valeur la liste sur le site Internet de la municipalité	Municipalité	Le plus tôt possible	Création de la liste d'arbres

L'objectif initial en lien avec l'atteinte de ce résultat est d'éviter que les frênes abattus soient remplacés par des végétaux envahissants (objectif 3.1). Les arbres qui n'ont pas nécessairement été abattus, mais qui sont morts par l'action de l'agrile du frêne, par exemple dans les boisés urbains, sont aussi inclus dans cette problématique. Comme il a été vu précédemment dans la section 2.2, des espèces exotiques sont en mesure de prendre la place laissée vacante par les arbres qui ne sont plus debout. Or, cette situation est à éviter compte tenu des nombreux impacts négatifs des espèces exotiques envahissantes, tel que démontré dans la section 1.1. Pour éviter une propagation des végétaux envahissants en raison de la disparition massive du frêne, des actions peuvent être entreprises. Tous les sites où les frênes pourraient être remplacés par des espèces nuisibles doivent d'abord être identifiés. Ensuite, en cas d'attaque de l'agrile du frêne, il est préférable de limiter le plus possible la coupe de plusieurs arbres au même moment afin d'éviter de créer de gros trous béants, prêts à être colonisés par les végétaux exotiques envahissants. Il faut tout de même assurer un suivi très serré dans ces sites et lutter contre les espèces exotiques qui s'y propagent si tel est le cas.

Le deuxième objectif consiste à informer et sensibiliser la population aux bienfaits de la biodiversité locale pour qu'elle puisse prendre de meilleures décisions (objectif 3.2). Les actions à poser sont d'ajouter l'information nécessaire au dépliant déjà prévu à l'action 1.4.1 et d'inclure un volet *biodiversité locale* à la séance d'information de l'action 1.4.4.

Le troisième objectif spécifique est de créer une liste composée des espèces d'arbres encouragées à être plantées pour remplacer un frêne abattu (objectif 3.3). Cette liste ne sera pas contraignante, mais elle devrait être bien visible sur le site Internet de la municipalité. Les citoyens effectuant une recherche en ce sens devraient tomber sur cette liste avant de trouver celle qui comprend les espèces d'arbres permises. Les espèces d'arbres sélectionnées devraient toutes être indigènes et parfaitement adaptées aux conditions écologiques de la municipalité. En combinant cette nouvelle liste avec toute l'information et la sensibilisation prévue à l'objectif 3.2 au travers la distribution de dépliants et la tenue de séances d'information, la population sera en mesure de faire des choix éclairés.

5.2.4 Objectif et actions pour aider la recherche sur la préservation de la biodiversité

Contrairement aux autres gestes qui visent une amélioration à court ou moyen terme, celui-ci cherche à faire avancer la recherche pour favoriser des changements positifs à plus long terme. Le tableau 5.5 présente le seul objectif qui lui est associé.

Tableau 5.5 Objectifs spécifiques pour aider la recherche sur la préservation de la biodiversité

Objectifs spécifiques	Actions	Acteurs	Mise en application	Indicateurs
4.1 Mettre sur pied un groupe de recherche étudiant les impacts de la perte des frênes sur la biodiversité locale	**4.1.1** Former un groupe de recherche **4.1.2** Documenter les impacts de la perte des frênes sur la biodiversité locale **4.1.3** Rendre publiques les données sur le site Internet de la municipalité	Municipalité Scientifiques	Aussitôt que l'abattage de frênes est nécessaire	Quantité de données rendues publiques

L'unique objectif est de mettre sur pied un groupe de recherche étudiant les impacts de la perte des frênes sur la biodiversité locale. Ce groupe aura comme tâche principale de documenter les impacts de la perte des frênes sur la biodiversité locale de la municipalité. Bien entendu, les petites municipalités peuvent se regrouper afin d'avoir une équipe qui sillonnera les villes membres. L'autre élément crucial est de rendre publiques toutes les données recueillies par l'entremise du site Internet de la municipalité. Cette action permettra à tous les chercheurs travaillant sur la problématique de l'agrile du frêne d'avoir des données intéressantes sur un enjeu qui semble souvent oublié.

5.3 Suivi du plan d'action

La réalisation du plan d'action proposé se veut une étape très importante pour protéger la biodiversité associée aux frênes et ainsi protéger l'intégrité de l'écosystème qui offre à la population des biens et services écologiques quotidiennement. Toutefois, l'application de ce plan dans les municipalités n'est pas suffisante. Un suivi rigoureux est tout aussi essentiel afin d'évaluer l'atteinte de chaque objectif spécifique et de rajuster le tir si le besoin se fait sentir.

Justement, pour assurer un suivi efficace, la municipalité qui applique le plan d'action devra quantifier les objectifs spécifiques à atteindre selon ses moyens disponibles. Il est tout aussi important que l'atteinte des objectifs se fasse avant une date préétablie. Cette dernière aura été fixée d'avance, préalablement à la mise en application du plan d'action. Ces deux éléments n'ont pas été intégrés au plan d'action tel que présenté dans ce document parce que chaque municipalité doit être en mesure de déterminer ses propres cibles en fonction de ses ressources humaines et financières. Une évaluation de l'atteinte des objectifs spécifiques doit se faire au moins un fois annuellement.

Cette activité d'évaluation s'avère aussi un excellent moment pour réviser le plan d'action dans son ensemble. En effet, celui-ci ne doit pas être vu comme une structure rigide, mais plutôt comme un document évolutif. Ainsi, chaque année, les objectifs et les actions du plan doivent être révisés afin de refléter les avancées scientifiques dans le domaine. De plus, certaines actions qui ont moins bien fonctionné dans le contexte de la municipalité peuvent être retirées ou modifiées, alors que d'autres, qui ont donné un fort rendement, peuvent être priorisées. Tous les éléments dont il est question dans cette section font qu'un suivi adéquat est nécessaire pour que le plan d'action présenté soit efficace et que celui-ci ne devienne pas vétuste après seulement quelques années.

5.4 Limites du plan d'action

Le plan d'action ayant été conçu pour l'ensemble des municipalités, il ne permet pas de quantifier les objectifs spécifiques pour chacun des milieux urbains québécois visés par cet essai. Cette limite devient une opportunité pour les municipalités qui pourront chiffrer les objectifs. Le même problème se répète pour placer des dates pour atteindre les objectifs. En effet, l'état de la problématique de l'agrile du frêne est différent dans chaque région du Québec et il est ainsi impossible de prévoir des cédules précises pour tout le territoire.

Il aurait également été intéressant d'inclure des estimations de coûts pour la réalisation du plan d'action. Cependant, cet élément a été écarté, puisqu'il aurait été très difficile d'obtenir des estimations crédibles avec les données disponibles. De plus, faire une évaluation financière est un tout autre travail qui est particulièrement exigeant. Ainsi, dès la planification de l'essai, cet élément a été écarté au profit de d'autres qui sont plus pertinents.

Finalement, le contenu du plan d'action a été limité par les informations obtenues lors de la recherche documentaire qui a servi à bâtir les quatre chapitres précédents. Ces derniers ont été rédigés principalement en fonction des informations disponibles dans la littérature et des documents accessibles sur les sites Internet gouvernementaux et municipaux. Plusieurs individus ont également été contactés afin de tenter de bonifier le contenu de l'essai et du plan d'action, mais à ce jour, le volume des informations disponibles demeure assez restreint.

CONCLUSION

L'agrile du frêne représente une problématique qui requiert beaucoup d'attention de la part des municipalités touchées. L'insecte, qui bénéficie des activités anthropiques et du réchauffement climatique pour étendre son aire de distribution, colonise de nouveaux milieux urbains québécois chaque année. Sans une intervention soutenue des administrations municipales et des gouvernements, les impacts négatifs associés à ce coléoptère ravageur ne cesseront de s'accroitre, notamment en ce qui a trait à la perte de biodiversité, un élément souvent oublié dans les plans d'action actuellement en œuvre.

Dans un contexte où les décideurs semblent donner priorité à l'économie et aux aspects sociaux, cet essai visait à analyser les impacts des espèces exotiques envahissantes sur la biodiversité en milieu urbain québécois à court terme en étudiant le cas de l'agrile du frêne. Un plan d'action devait également être proposé afin de permettre aux municipalités québécoises de contribuer à la conservation de la biodiversité associée à la perte de frênes et ainsi éviter les divers impacts causés par la réduction de celle-ci.

Afin de répondre aux objectifs de cet essai, les impacts de l'agrile du frêne sur la biodiversité urbaine québécoise ont été répertoriés et analysés. En plus de répondre directement à la première partie de l'objectif principal de l'essai, la recherche effectuée à ce sujet a constitué la base du plan d'action lors de sa création. En effet, il aurait été difficile de concevoir un tel plan sans d'abord connaître les effets de l'agrile du frêne sur la biodiversité en milieu urbain québécois. Il a été établi que, non seulement le ravageur est mortel pour toutes les espèces de frêne, mais la disparition de ces arbres va certainement entrainer des impacts sur de multiples organismes tels que les arthropodes, les oiseaux et les micromammifères. L'élimination de ces derniers peut causer des impacts en chaine chez de multiples autres organismes. Une mortalité importante des frênes peut également laisser de l'espace pour la croissance de végétaux exotiques envahissants. Ceux-ci représentent un autre danger pour la biodiversité locale.

Une perte de diversité massive entraine assurément des impacts sociaux et économiques non négligeables. La perte de nombreux arbres peut causer une détérioration marquée de la qualité de l'air en plus de créer de nouveaux îlots de chaleur qui peuvent entrainer une hausse de la température ambiante allant jusqu'à 12 °C. La modification du paysage peut également causer une dépréciation importante de la valeur marchande des propriétés. Par exemple, la valeur des terrains

résidentiels aurait chuté de 830 millions de dollars américains annuellement en raison de l'agrile du frêne depuis le début de l'infestation aux États-Unis en 2002. Ces impacts, et tous les autres répertoriés dans l'essai, sont susceptibles de convaincre les administrations municipales d'appliquer le plan d'action proposé dans cet essai. Ils montrent aussi l'ampleur des biens et services offerts par la biodiversité en milieu urbain québécois et qui passent toujours inaperçus.

Pour lutter contre l'agrile du frêne, des actions pouvant ralentir sa progression sont en cours de réalisation en attendant que de nouvelles technologies permettent son éradication. Il est important d'évaluer les actions qui sont faites actuellement pour protéger la biodiversité en milieu urbain québécois contre l'agrile du frêne pour ensuite proposer de nouveaux gestes complémentaires. Cette approche assure la pertinence du plan d'action qui est proposé dans cet essai. Par exemple, la stratégie SLAM propose une série d'actions bien encadrée comme un inventaire des frênes, un dépistage de l'insecte et une gestion des arbres atteints. Des efforts sont aussi mis en œuvre pour informer et sensibiliser la population. Cependant, peu de ces actions touchent la préservation de la biodiversité. Or, il semble qu'il soit préférable d'investir le plus tôt possible pour protéger la biodiversité, plutôt que de subir les impacts rattachés à une perte de celle-ci et de réagir par la suite.

Le plan d'action proposé cherche à combler le vide actuel par rapport aux gestes qu'il faudrait à tout prix poser pour préserver la biodiversité locale. Il suggère quatorze objectifs spécifiques à mettre de l'avant, répartis dans quatre catégories représentant chacun un résultat à atteindre. En appliquant ce plan d'action, les administrations municipales devraient être en mesure de ralentir considérablement la perte de biodiversité associée à la problématique de l'agrile du frêne à court et moyen terme et ainsi d'éviter en grande partie les impacts sociaux et économiques étant associés à la disparition graduelle des frênes dans le paysage urbain.

Cet essai aura permis de constater que de nombreux organismes sont touchés, directement ou indirectement, par l'agrile du frêne et a fait ressortir les impacts probables de la perte de cette biodiversité. Toutefois, un manque d'informations sur les organismes affectés par la disparition partielle ou totale des frênes urbains a été observé. Peu d'études en ce sens ont été effectuées et les autorités ne semblent pas être intéressées à quantifier ce type d'impacts. Ainsi, afin d'améliorer la situation de la biodiversité en milieu urbain québécois, des études scientifiques devraient être réalisées dès que possible afin de noter et d'analyser l'ensemble des répercussions causées par la perte des frênes sur les multiples organismes potentiellement affectés, tant à court qu'à long terme.

RÉFÉRENCES

Agence des services frontaliers du Canada (2014). Stratégie de développement durable 2014-2017. *In* Gouvernement du Canada. *Publications*. http://www.cbsa-asfc.gc.ca/agency-agence/reports-rapports/sds-sdd/sds-sdd-14-17-fra.html (Page consultée le 10 juin 2014).

Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA) (2008). Plantes exotiques envahissantes au Canada – Rapport sommaire. *In* Gouvernement du Canada. *Espèces exotiques envahissantes*. http://www.agrireseau.qc.ca/argeneral/documents/SIPC%20Report%20-%20Summary%20Report%20-%20French%20Printed%20Version.pdf (Page consultée le 14 juin 2014).

Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA) (2013). Questions et réponses : Des guêpes comme agents de lutte biologique pour l'agrile du frêne. *In* Gouvernement du Canada. *Agrile du frêne*. http://www.inspection.gc.ca/vegetaux/protection-des-vegetaux/insectes/agrile-du-frene/guepes/fra/1371137262586/1371137530758 (Page consultée le 7 septembre 2014).

Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA) (2014a). L'agrile du frêne – Questions et réponses. *In* Gouvernement du Canada. *Agrile du frêne*. http://www.inspection.gc.ca/vegetaux/protection-des-vegetaux/insectes/agrile-du-frene/faq/fra/1337355937903/1337356019017 (Page consultée le 11 juin 2014).

Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA) (2014b). Agrilus planipennis – Agrile du frêne. *In* Gouvernement du Canada. *Agrile du frêne*. http://www.inspection.gc.ca/vegetaux/protection-des-vegetaux/insectes/agrile-du-frene/fra/1337273882117/1337273975030 (Page consultée le 15 juin 2014).

Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA) (2014c). DGR-13-01 : Régions réglementées à l'égard de l'agrile du frêne (Agrilus planipennis Fairmaire) – Mars 2014 (1ère révision). *In* Gouvernement du Canada. *Végétaux*. http://www.inspection.gc.ca/vegetaux/protection-des-vegetaux/directives/gestion-du-risque/agrile-du-frene/fra/1368741925939/1368741926892 (Page consultée le 2 septembre 2014).

Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA) (2014d). D-03-08 : Exigences phytosanitaires visant à prévenir l'introduction et la propagation au Canada de l'agrile du frêne, Agrilus planipennis (Fairmaire). *In* Gouvernement du Canada. *Végétaux*. http://www.inspection.gc.ca/vegetaux/protection-des-vegetaux/directives/date/d-03-08/fra/1323821135864/1323821440121#a9g (Page consultée le 2 septembre 2014).

Alexander, C. et C. McDonald (2014). Urban forests : the value of trees in the city of Toronto. *In* TD Bank Group. *TD Economics*. http://www.td.com/document/PDF/economics/special/UrbanForests.pdf (Page consultée le 16 août 2014).

Amis de la Montagne (2014). Discussion sur la relation entre la propagation du nerprun cathartique et l'agrile du frêne. Communication orale. *Entretien téléphonique*, 11 septembre 2014, Montréal.

Anulewicz, A. C., D. G. McCullough, D. L. Cappaert et T. M. Poland (2008). Host Range of the Emerald Ash Borer (Agrilus planipennis Fairmaire) (Coleoptera: Buprestidae) in North America: Results of Multiple-Choice Field Experiments. *Environmental Entomology*, vol. 31, n°1, p. 230 – 241.

Aukema, J. E., B. Leung, K. Kovacs, C. Chivers, K. O. Britton, J. Englin, S. J. Frankel, R. G. Haight, T. P. Holmes, A. M. Liebhold, D. G. McCullough et B. Von Holle (2011). Economic impacts of non-native forest insects in the continental United States. PLoS ONE, vol. 6, n°9, p. 1 – 7.

Balvanera, P., I. Siddique, L. Dee, A. Paquette, F. Isbell, A. Gonzalez, J. Byrnes, M. I. O'Connor, B. A. Hungate et J. N. Griffin (2014). Linking biodiversity and ecosystem services : current uncertainties and the necessary next steps. *BioScience*, vol. 64, n°1, p. 49 – 57.

Baril, D. (2006). Les érables de Norvège envahissent le mont Royal. *In* Université de Montréal. *Forum volume 40 - numéro 31*. http://www.iforum.umontreal.ca/Forum/2005-2006/20060529/R_6.html (Page consultée le 13 juillet 2014).

Benessaieh, K. (2014). Agrile du frêne : traitements à moitié prix pour les citoyens de Saint-Laurent. *In* La Presse. *Montréal*. http://www.lapresse.ca/actualites/montreal/201403/14/01-4747875-agrile-du-frene-traitements-a-moitie-prix-pour-les-citoyens-de-saint-laurent.php (Page consultée le 15 août 2014).

Bioforest Technologies inc. (2011). TreeAzin Systemic Insecticide : Evidence for biennial Emerald Ash Borer treatments (Agrilus planipennis Fairmaire). *In* Bioforest Technologies inc.. *Documents*. http://www.bioforest.ca/documents/assets/uploads/files/en/bioforest_2011_-_treeazin_2yr_efficacy.pdf (Page consultée le 30 août 2014).

Bioforest Technologies inc. (2014). TreeAzin Frequently Asked Questions. *In* Bioforest Technologies inc.. *TreeAzin*. http://www.bioforest.ca/index.cfm?fuseaction=content&menuid=19&pageid=1049#q02 (Page consultée le 30 août 2014).

Boucher, I. et N. Fontaine (2010). La biodiversité et l'urbanisation – Guide de bonnes pratiques sur la planification territoriale et le développement durable. *In* Ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire (MAMROT). *Planification territoriale et développement durable*. http://www.mamrot.gouv.qc.ca/pub/grands_dossiers/developpement_durable/biodiversite_urbanisation_complet.pdf (Page consultée le 2 juillet 2014).

British Columbia Ministry of Environment (2007). *Environmental trends for British Columbia: 2007*. In Gouvernement de la Colombie Britannique. Reports. http://www.env.gov.bc.ca/soe/archive/reports/et07/EnvironmentalTrendsBC_2007_fullreport.pdf (Page consultée le 20 juin 2014).

Butchart, S. H. M. et 44 autres auteurs (2010). Global Biodiversity : Indicators of Recent Declines. *Science*, vol. 328, p. 1164 – 1168.

Clément, É. (2007). Mont-Royal : des plantes envahissantes menacent la biodiversité. *In* Centre d'étude de la forêt. *Actualité*. http://www.cef-cfr.ca/uploads/Actualit%E9/mtroyal.pdf (Page consultée le 19 juillet 2014).

Conseil québécois des espèces exotiques envahissantes (CQEEE) (s.d.). Distribution au Québec. *In* CQEEE. *Agrile du frêne*. http://agrile.cqeee.org/?page_id=1065 (Page consultée le 15 juin 2014).

Corriveau, J. (2014). Une guêpe exotique au secours des frênes montréalais? *In* Le Devoir. *Montréal*. http://www.ledevoir.com/politique/montreal/402860/plintchaud-une-guepe-exotique-au-secours-des-frenes-montrealais (Page consultée le 7 septembre 2014).

Côté, C. (2014). Insectes ravageurs : les prochaines invasions. *In* La Presse. *Environnement*. http://www.lapresse.ca/actualites/environnement/201407/26/01-4786882-insectes-ravageurs-les-prochaines-invasions.php?utm_categorieinterne=trafficdrivers&utm_contenuinterne=envoyer_cbp (Page consultée le 29 juillet 2014).

Coupal, M.-J. (2014). *Informations générales sur les frênes à Québec*. Courrier électronique de Mme Marie-Josée Coupal, adresse destinataire : Marie-Josee.Coupal@ville.quebec.qc.ca

Daniel, A. (2013). Ralentir l'agrile du frêne : le pari de Montréal. *In* Association forestière des deux rives. *Documents*. http://www.af2r.org/wp-content/uploads/2013/03/9-PPT-AnthonyDaniel_Colloque2013-r.pdf (Page consultée le 10 août 2014).

Duan, J. J., R. W. Fuester, J. Wildonger, P .B. Taylor, S. Barth et S. E. Spichiger (2009). Parasitoids Attacking the Emerald Ash Borer (Coleoptera : Buprestidae) in Western Pennsylvania. *Florida Entomologist*, vol. 92, n°4, p. 588 – 592.

Dupras, J., C. Michaud, I. Charron, K. Mayrand et J.-P. Revéret (2013). Le capital écologique du grand Montréal : une évaluation économique de la biodiversité et des écosystèmes de la ceinture verte. *In* Fondation David Suzuki. *Publications*. http://www.davidsuzuki.org/fr/publications/telechargements/2012/Rapport%20Ceinture%20Verte_BSE_FDS_web_Fev2013.pdf (Page consultée le 16 août 2014).

Environnement Canada (2004). *Stratégie nationale sur les espèces exotiques envahissantes*. Courrier électronique à Environnement Canada, adresse destinataire : Enviroinfo@ec.gc.ca

Environnement Canada (2013a). Comment les espèces envahissantes sont-elles arrivées au Canada ? *In* Gouvernement du Canada. *Espèces exotiques envahissantes au Canada*. http://www.ec.gc.ca/eee-ias/default.asp?lang=Fr&n=B28651E6-1 (Page consultée le 10 juin 2014).

Environnement Canada (2013b). Pourquoi les espèces exotiques envahissantes représentent-elles une source de problèmes ? *In* Gouvernement du Canada. *Espèces exotiques envahissantes au Canada*. http://ec.gc.ca/eee-ias/default.asp?lang=Fr&n=4612AC81-1 (Page consultée le 1er juin 2014).

Environnement Canada (2013c). Où trouve-t-on des espèces exotiques envahissantes au Canada ? *In* Gouvernement du Canada. *Espèces exotiques envahissantes au Canada*. http://ec.gc.ca/eee-ias/default.asp?lang=Fr&n=805A5D5C-1 (Page consultée le 23 juin 2014).

Flower, C. E., L. C. Long, K. S. Knight, J. Rebbeck, J. S. Brown, M. A. Gonzalez-Meler et C. J. Whelan (2014). Native bark-foraging birds preferentially forage in infected ash (Fraxinus spp.) and prove effective predators of the invasive emerald ash borer (Agrilus planipennis Fairmaire). Forest Ecology and Management, vol. 313, p. 300 – 306.

Gandhi, K. J. K. et D. A. Herms (2010). North American arthropods at risk due to widespread Fraxinus mortality caused by the Alien Emerald ash borer. *Biological Invasions*, vol. 12, p. 1839 – 1846.

Gauthier, J. et Y. Aubry (1995). *Les oiseaux nicheurs du Québec. Service canadien de la faune*. Environnement Canada, région du Québec, Montréal, 1304 p. (ISBN 2-9801553-1-4)

Genovesi, P. et C. Shine (2011). *Stratégie européenne relative aux espèces exotiques envahissantes*. Editions du Conseil de l'Europe, Sauvegarde de la nature, n°161, 105 p.

Gouvernement du Québec (2014). Retombées économiques. *In* Gouvernement du Québec. *Tourisme*. http://www.gouv.qc.ca/portail/quebec/pgs/commun/portrait/tourisme/retombees-economiques/?lang=fr (Page consultée le 16 août 2014).

Haack, R. A., T. R. Petrice, D. L. Miller, L. S. Bauer et N. M. Schiff (2003). Host Range of Emerald Ash Borer. *In* Emerald ash borer informations. *Research reports*. http://www.emeraldashborer.info/files/hostrange.pdf (Page consultée le 3 juillet 2014).

Herms, A. H., D. G. McCullough (2014). Emerald Ash Borer Invasion of North America : History, Biology, Ecology, Impacts, and Management. *Annual Review of Entomology*, vol. 59, p. 13 – 30.

Heyman, E. et B. Gunnarsson (2011). Management effect on bird and arthropod interaction in suburban woodlands. BMC Ecology, vol. 11, n°8, p. 1 – 8.

Hoddle, M. (2014). Frequently asked questions about invasive species. *In* University of California, Riverside. *Center for Invasive Species Research*. http://cisr.ucr.edu/invasive_species_faqs.html (Page consultée le 10 juin 2014).

Koenig, W. D., A. M. Liebhold, D. N. Bonter, W. M. Hochachka et J. L. Dickinson (2012). Effects of the emerald ash borer invasion on four species of birds. *Biological Invasions*, vol. 15, n°9, p. 2095 – 2103.

Koh, L. P., R. R Dunn, N. S. Sodhi, R. K. Colwell, H. C. Proctor et V. S. Smith (2004). Species coextinctions and the biodiversity crisis. *Science*, vol. 305, p. 1632 – 1634.

Kovacs, K. F., R. G. Haight, D. G. McCullough, R. J. Mercader, N. W. Siegert et A. M. Liebhold (2010). Cost of potential emerald ash borer damage in U.S. communities, 2009-2019. *Ecological Economics*, vol. 69, p. 569 – 578.

ICI Radio-Canada (2014a). Agrile du frêne : 10 000 arbres devront être abattus à Montréal. *In* ICI Radio-Canada. *Montréal*. http://ici.radio-canada.ca/regions/montreal/2014/04/24/003-agrile-frene-montreal-lutte.shtml (Page consultée le 22 juin 2014).

ICI Radio-Canada (2014b). Sommet sur l'agrile du frêne à Montréal. *In* ICI Radio-Canada. *Montréal*. http://ici.radio-canada.ca/regions/Montreal/2014/03/10/003-sommet-agrile-frene-montreal.shtml (Page consultée le 10 juillet 2014).

Institut national de santé publique du Québec (2014). Îlots de chaleur. *In* Gouvernement du Québec. *Ma santé*. http://www.monclimatmasante.qc.ca/public/îlots-de-chaleur.aspx (Page consultée le 7 août 2014).

Lacourse, V. et H. Godmaire (2009). Connaissez-vous cette espèce exotique envahissante? – Nerprun cathartique – *Rhamnus cathartica*. *In* Organisme de concertation pour l'eau des bassins versants de la rivière Nicolet. *Fiches* http://www.copernicinfo.qc.ca/Fiche_nerprun_cathartique.pdf (Page consultée le 19 juillet 2014).

Lavallée, G. (2012). L'agrile du frêne : cela vous dit quelque chose? In Gouvernement du Canada. Ressources naturelles Canada. http://cfs.nrcan.gc.ca/entrepotpubl/pdfs/33662.pdf (Page consultée le 11 juillet 2014).

Liebhold, A. M. et P. C. Tobin (2008). Population ecology of insect invasions and their management. *Annual Review of Entomology*, vol. 53, p. 387 – 408.

Liu, H. et L. S. Bauer (2008). Microbial control of emerald ash borer, Agrilus planipennis (Coleoptera: Buprestidae) with Beauveria bassiana strain GHA: Greenhouse and field trials. *Biological Control*, vol. 45, p. 124 – 132.

Loi sur la protection des végétaux, L.C., ch. 22.

Lyons, D. B., C. Caister, P. de Groot, B. Hamilton, K. Marchant, T. Scarr et J. Turgeon (2007). Guide pour les enquêtes de dépistage de l'agrile du frêne. Gouvernement du Canada, Ressources naturelles Canada – Service canadien des forêts et Agence canadienne d'inspection des aliments, 60 p. (ISBN 0-662-72029-6)

Mailhot, P. (2008). La progression d'un envahisseur : l'agrile du frêne. Bulletin de la Société d'entomologie du Québec, vol. 15, n°1, p. 16 – 17.

Marchal, M. (2014). La recherche contre l'agrile du frêne avance. *In* Journal Métro. *Actualité*. http://journalmetro.com/actualites/montreal/520056/la-recherche-contre-lagrile-du-frene-avance/ (Page consultée le 8 septembre 2014).

Mercader, R. J., D. G. McCullough et J. M. Bedford (2013). A Comparison of Girldled Ash Detection Trees and Baited Artificial Traps for Agrilus planipennis (Coleoptera : Buprestidae) Detection. *Environment Entomology*, vol. 42, n°5, p. 1027 – 1039.

Ministère des richesses naturelles de l'Ontario (2012). Salicaire pourpre. *In* Gouvernement de l'Ontario. *Biodiversité*. http://www.mnr.gov.on.ca/stdprodconsume/groups/lr/@mnr/@biodiversity/documents/document/stdprod_104427.pdf (Page consultée le 20 juin 2014).

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) (s.d.). Les espèces exotiques envahissantes au Québec. *In* Gouvernement du Québec. *Faune*. http://www.mddefp.gouv.qc.ca/faune/especes/envahissantes/ (Page consultée le 20 juin 2014).

Myers, N., R. A. Mittermeier, C. G. Mittermeier, G. A. B. da Fonseca et J. Kent (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, vol. 403, p. 853 – 858.

Néron, R. (2004). Le Nerprun cathartique (*Rhamnus cathartica* L.) au Québec. *In* Gouvernement du Québec. *Ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation du Québec*. http://www.mapaq.gouv.qc.ca/dgpar/arico/herbierv/rhact/Neprun_cathartique.htm (Page consultée le 19 juillet 2014).

New York State Department of Environmental Conservation (2011). Emerald Ash Borer Management Response. *In* New York State Government. *Bureau of Private Land Services*. http://www.dec.ny.gov/docs/lands_forests_pdf/eabresponseplan.pdf (Page consultée le 28 août 2014).

Nowak D. J., D. E. Crane et J. C. Stevens (2006). Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. *Urban Forestry & Urban Greening*, vol.4, p. 115 – 123.

Pennsylvania Department of Conservation and Natural Resources (2006). Emerald ash borer. *In* Forestry Images. *Forestry Archive*. http://www.forestryimages.org/browse/detail.cfm?imgnum=5022080 (Page consultée le 27 août 2014).

Pickett, S. T. A.et 15 autres auteurs (2008). Beyond Urban Legends : An Emerging Framework of Urban Ecology, as Illustrated by the Baltimore Ecosystem Study. *BioScience*, vol. 58, n°2, p. 139 – 150.

Plourde, F. (2014). Ravages de l'agrile du frêne : le bois de chauffage montré du doigt. *In* ICI Radio-Canada. *Environnement*. http://www.radio-canada.ca/nouvelles/environnement/2014/04/21/001-agrile-frene-lutte-zone-bois-chauffage.shtml (Page consultée le 2 septembre 2014).

Rebek E.J., D.A. Herms et D.R. Smitley (2008). Interspecific variation in resistance to emerald ash borer (Coleoptera : Buprestidae) Among North American and Asian ash (Fraxinus spp.). *Environmental entomology*, vol. 37, n°1, p. 242 – 246.

Ressources naturelles Canada (2012). Lutte biologique contre l'agrile du frêne. *Nouvelles Express*, vol. 52, p. 1 – 2.

Ressources naturelles Canada (2013). L'agrile du frêne : combattre pour ne pas abattre. *L'Éclaircie du Service canadien des forêts – Centre de foresterie des Laurentides*, vol. 75, p. 1 – 2.

Ressources naturelles Canada (2014a). Agrile du frêne (fiche d'information). *In* Gouvernement du Canada. *Insectes et maladies*. http://www.rncan.gc.ca/forets/insectes-maladies/13396 (Page consultée le 25 mai 2014).

Ressources naturelles Canada (2014b). Agrile du frêne. *In* Gouvernement du Canada. *Insectes et maladies*. http://www.rncan.gc.ca/forets/insectes-maladies/13378 (Page consultée le 25 mai 2014).

Salafsky, N., D. Salzer, A. J. Stattersfield, C. Hilton-Taylor, R. Neugarten, S. H. M. Butchart, B. Collen, N. Cox, L. L. Master, S. O'Connor et D. Wilkie (2008). A standard Lexicon for Biodiversity Conservation : Unified Classifications of Threats and Actions. *Conservation Biology*, vol. 2, n°1, p. 1 – 15.

Semenak, S. (2014). Invasive alien species are wreaking havoc in the understory of Mount Royal's woods, making life difficult for native wildflowers, shrubs and trees. *In* The Gazette. *Montreal from A to Z*. http://www.montrealgazette.com/life/Montreal+from+understory/9994352/story.html?__federated=1 (Page consultée le 19 juillet 2014).

Services cantonaux de l'énergie et de l'environnement (s.d.). Conseils de saison. *In* Gouvernement de la Suisse. *Services cantonaux de l'énergie et de l'environnement*. http://www.energie-environnement.ch/conseils-de-saison/96-arbustes-sauvages-et-indigenes (Page consultée le 13 juillet 2014).

Slow Ash Mortality (SLAM) (2010). Steps in implementing a strategy to SLow Ash Mortality. In Michigan government. Documents. http://www.michigan.gov/documents/mda/EAB_-SLAM_general_march_20101_325349_7.pdf (Page consultée le 28 août 2014).

Statistique Canada (2014). Chiffres de population et des logements, Canada, provinces et territoires, et subdivisions de recensement (municipalités), recensements de 2011 et 2006. *In* Gouvernement du Canada. *Recensement*. http://www12.statcan.ca/census-recensement/2011/dp-pd/hlt-fst/pd-pl/Table-Tableau.cfm?LANG=Fra&T=302&SR=1&S=3&O=D&RPP=9999&PR=24&CMA=0 (Page consultée le 12 juin 2014).

Sydnor, T. D., M. Bumgardner et A. Todd (2007). The potential economic impacts of emerald ash borer (*Agrilus planipennis*) on Ohio, U.S., communities. *Arboriculture & urban forestry*, vol. 33, n°1, p. 48 – 54.

The World Bank (2014). Economy & Growth. *In* The World Bank. *The World at a Glance*. http://data.worldbank.org (Page consultée le 30 juin 2014).

Thompson, D. G. (2013). TreeAzin – Un insecticide systémique naturel pour lutter contre l'agrile du frêne au Canada. *In* Gouvernement du Canada. *Ressources naturelles Canada*. http://scf.rncan.gc.ca/entrepotpubl/pdfs/34931.pdf (Page consultée le 30 août 2014).

Troy, A., J. M. Grove et J. O'Neil-Dunne (2012). The relationship between tree canopy and crime rates across an urban-rural gradient in the greater Baltimore region. *Landscape and Urban Planning*, vol. 106, n°3, p.262 – 270.

Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) (2001). Stratégie Globale sur les Espèces Exotiques Envahissantes. *In* UICN. *Publications*. http://www.issg.org/pdf/publications/GISP/Resources/McNeeley-etal-FR.pdf (Page consultée le 20 juin 2014).

Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) (2011a). Why is biodiversity in crisis? *In* UICN. *About biodiversity*. http://www.iucn.org/what/tpas/biodiversity/about/biodiversity_crisis/ (Page consultée le 23 mai 2014).

Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) (2011b). Invasive Species. *In* UICN. *Species*. https://www.iucn.org/about/union/secretariat/offices/iucnmed/iucn_med_programme/species/invasive_species/ (Page consultée le 29 mai 2014).

Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) (2013). Threats Classification Scheme (Version 3.2). *In* UICN. *Classification Schemes*. http://www.iucnredlist.org/technical-documents/classification-schemes/threats-classification-scheme (Page consultée le 22 mai 2014).

United States Department of Agriculture (USDA) (2013). Emerald Ash Borer Program Manual. *In* USDA. *Plants*. http://www.aphis.usda.gov/import_export/plants/manuals/domestic/downloads/emerald_ash_borer_manual.pdf (Page consultée le 21 août 2014).

Venter, O., N. N. Brodeur, L. Nemiroff, B. Belland, I. J. Dolinsek et J. W. A. Grant (2006). Threats to endangered species in Canada. *Bioscience*, vol.56, n°11, p. 903 – 910.

Ville de Boisbriand (s.d.). Agrile du frêne. *In* Ville de Boisbriand. *Environnement*. http://www.ville.boisbriand.qc.ca/services-aux-citoyens/environnement/agrile-du-frene.html (Page consultée le 25 mai 2014).

Ville de Laval (2014). Plan d'action de lutte contre l'agrile du frêne. *In* Ville de Laval. *Environnement, recyclage et collectes*. http://www.laval.ca/Documents/Pages/Fr/Citoyens/environnement-recyclage-et-collectes/plan-action-agril.pdf (Page consultée le 25 mai 2014).

Ville de Longueuil (2014). Lois et règlements applicables à Longueuil. *In* Ville de Longueuil. *L'agrile du frêne*. http://www.longueuil.ca/fr/agrile-du-frene (Page consultée le 2 septembre 2014).

Ville de Magog (2014). Rampe de mise à l'eau. *In* Ville de Magog. *Sports et vie communautaire*. http://www.ville.magog.qc.ca/b_1.asp?idMenu=319 (Page consultée le 13 juin 2014).

Ville de Montréal (2012). On lutte contre l'agrile du frêne. *In* Ville de Montréal. *Documents*. http://ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/PAGE/GRANDS_PARCS_FR/MEDIA/DOCUMENTS/AGRILEALBUM_MAI2012_WEB.PDF (Page consultée le 7 août 2014).

Ville de Montréal (2013a). Agrile du frêne -- La Ville de Montréal poursuit sa lutte et invite plus que jamais les citoyens à collaborer. *In* Ville de Montréal. *Communiqués*. http://ville.montreal.qc.ca/portal/page?_pageid=5798,42657625&_dad=portal&_schema=PORTAL&id=20906 (Page consultée le 25 mai 2014).

Ville de Montréal (2013b). Ville de Montréal – Rapport sur la biodiversité 2013. *In* Ville de Montréal. *Documents*. http://ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/PAGE/GRANDS_PARCS_FR/MEDIA/DOCUMENTS/RAPPORTBIODIVERSITE2013LECTUREECRAN.PDF (Page consultée le 20 juin 2014).

Ville de Montréal (2014a). L'abattage et le remplacement. *In* Ville de Montréal. *Quelles sont mes options pour mon frêne ?* http://ville.montreal.qc.ca/portal/page?_pageid=7377,114387605&_dad=portal&_schema=PORTAL (Page consultée le 13 juillet 2014).

Vujanovic, V. et J. Brisson (2001). Les microchampignons forestiers : une biodiversité à découvrir. *Le naturaliste canadien*, vol. 125, n°2, 12 – 16.

Wagner, D. L. (2007). Emerald ash borer threatens ash-feeding Lepidoptera. *News of the Lepidopterists' Society*, vol. 49, n°1, p. 10 – 12.

Wilson, M. et E. Rebek (2005). Signs and symptoms of the emerald ash borer. *In* emerald ash borer informations. *Research reports*. http://www.emeraldashborer.info/files/E-2938.pdf (Page consultée le 22 juillet 2014).

Wong, C. (2012). *Lignes directrices pour la préparation des produits du RETE – classification des menaces pour la biodiversité. Biodiversité canadienne : état et tendances des écosystèmes en 2010*. In Gouvernement du Canada. Collections. http://publications.gc.ca/collections/collection_2012/ec/En14-43-2-2012-fra.pdf (Page consultée le 20 juin 2014).

World Wildlife Fund (WWF) (2012). Global biodiversity has declined. *In* WWF. *Health of Our Planet*. http://wwf.panda.org/about_our_earth/all_publications/living_planet_report/health_of_our_planet/ (Page consultée le 20 mai 2014).

World Wildlife Fund (WWF) (s.d.). How many species are we losing ? *In* WWF. *How Much is Being Lost ?* http://wwf.panda.org/about_our_earth/biodiversity/biodiversity/ (Page consultée le 20 mai 2014).

Worrell, R. (2013). An assessment of the potential impacts of ash dieback in Scotland. *In* Forestry Commission UK. *Forestry Commission Scotland*. http://www.forestry.gov.uk/pdf/WorrellReport-ChalaraImpacts.pdf/$FILE/WorrellReport-ChalaraImpacts.pdf (Page consultée le 3 août 2014).

ANNEXE 1 – TRANSPORT EN TERRITOIRE CANADIEN DE PRODUITS RÉGLEMENTÉS À PARTIR DE ZONES RÉGLEMENTÉES VERS DES ZONES NON RÉGLEMENTÉES (tiré de : AICA, 2014d)

Produit règlementé	Certificat de déplacement requis	Période de l'année où le déplacement est autorisé	Conditions de déplacement
Matériel de pépinière de frêne			Déplacement interdit
Copeaux de bois et d'écorce de frêne, rameaux de frêne, feuilles de frêne fraîches et combustibles ligneux	Oui	Période à risque élevé (1er avril au 30 septembre)	« Les (copeaux de bois/d'écorce de frêne/rameaux de frêne/feuilles de frêne/combustibles ligneux) ont été transformés et mesurent moins de 2,5 cm dans deux dimensions. »
Copeaux de bois et d'écorce de frêne, rameaux de frêne, feuilles de frêne fraîches et combustibles ligneux	Oui	Période à faible risque (1er octobre au 31 mars)	« Les (copeaux de bois/d'écorce de frêne/rameaux de frêne/ feuilles de frêne /combustibles ligneux) ont été transformés et mesurent moins de 2,5 cm dans deux dimensions. » **OU** « Les (copeaux de bois/d'écorce de frêne/rameaux de frêne/ feuilles de frêne /combustibles ligneux) sont expédiés directement à un établissement approuvé dans le cadre du PCEAAF afin d'être transformés conformément aux exigences du PCEAAF. »
Billes de frêne	Oui	Période à risque élevé (1er avril au 30 septembre)	Déplacement interdit
Billes de frêne	Oui	Période à faible risque (1er octobre au 31 mars)	« Les billes de frêne sont expédiées directement à un établissement approuvé dans le cadre du PCEAAF afin d'être transformées conformément aux exigences du PCEAAF. »
Bois d'œuvre de frêne	Oui	Période à risque élevé (1er avril au 30 septembre)	« Le bois d'œuvre de frêne a été transformé de manière à ce que toute l'écorce et au moins 1,0 cm d'aubier aient été enlevés. » **OU** « Le bois d'œuvre de frêne a été soumis à un traitement thermique de manière à atteindre une température minimale de 56°C sur tout le profil du bois (incluant le cœur) pendant au moins 30 minutes. »

Produit règlementé	Certificat de déplacement requis	Période de l'année où le déplacement est autorisé	Conditions de déplacement
Bois d'cœur de frêne	Oui	Période à faible risque (1er octobre au 31 mars)	« Le bois d'cœur de frêne a été transformé de manière à ce que toute l'écorce et au moins 1,0 cm d'aubier aient été enlevés. » **OU** « Le bois d'cœur de frêne a été soumis à un traitement thermique de manière à atteindre une température minimale de 56°C sur tout le profil du bois (incluant le cœur) pendant au moins 30 minutes. » **OU** « Le bois d'cœur de frêne est expédié directement à un établissement approuvé dans le cadre du PCEAAF afin d'être transformé conformément aux exigences du PCEAAF. »
Bois d'cœur de frêne	Non requise pour le bois d'cœur de frêne traité à la chaleur produit par des établissements du PCCPBTC ou du PCCMEB.	Toute l'année	Sans objet. Le bois d'cœur de frêne produit sous le PCCPBTC ou le PCCMEB doit être traité à la chaleur et identifié selon les exigences du PCCPBTC ou du PCCMEB.
Bois de chauffage de toutes les essences			Le transport de bois de chauffage de frêne est interdit. Le transport de bois de chauffage autre que le frêne est uniquement autorisé dans le cadre du PCEAAF. Pour de plus amples détails, consulter les MSQ-07 et communiquer avec le bureau local de l'ACIA.
Matériaux d'emballage en bois composés de frêne	Oui	Toute l'année	« Matériaux d'emballage en bois produits avec du bois d'cœur de frêne qui a été transformé de manière à ce que toute l'écorce et au moins 1,0 cm d'aubier aient été enlevés. » **OU** « Matériaux d'emballage en bois avec du bois d'cœur de frêne soumis à un traitement thermique de manière à atteindre une température minimale de 56°C sur tout le profil du bois (incluant le cœur) pendant au moins 30 minutes. »

Produit règlementé	Certificat de déplacement requis	Période de l'année où le déplacement est autorisé	Conditions de déplacement
Matériaux d'emballage en bois composés de frêne	Non requise pour les matériaux d'emballage en bois conformes à la NIMP 15 produits par les établissements participant au PCCPBTC ou au PCCMEB	Toute l'année	Sans objet. Les matériaux d'emballage en bois conformes à la NIMP 15 doivent être traités et marqués selon les exigences du PCCPBTC ou du PCCMEB.
Produits de frêne autres que ceux susmentionnés.			Les autres produits de frêne sont évalués au cas par cas selon le risque phytosanitaire qu'ils posent. Communiquer avec l'ACIA pour de plus amples détails.

ANNEXE 2 – TRANSPORT EN TERRITOIRE CANADIEN DE PRODUITS RÉGLEMENTÉS À PARTIR D'UNE ZONE RÉGLEMENTÉE, TRANSITANT PAR UNE ZONE NON RÉGLEMENTÉE (tiré de : AICA, 2014d)

Produit règlementé	Certificat de déplacement requis	Période de l'année où le déplacement est autorisé	Conditions de déplacement
Matériel de pépinière de frêne			Déplacement interdit
Copeaux de bois et d'écorce de frêne, rameaux de frêne, feuilles de frêne fraîches et combustibles ligneux	Oui	Période à risque élevé (1er avril au 30 septembre)	« Les (copeaux de bois/d'écorce de frêne/ rameaux de frêne/ feuilles de frêne/ combustibles ligneux) ont été transformés de manière à ce que les produits mesurent moins de 2,5 cm dans deux dimensions. » **OU** « Les (copeaux de bois/d'écorce de frêne/ rameaux de frêne/ feuilles de frêne/ combustibles ligneux) sont expédiés dans les meilleurs délais dans un véhicule complètement fermé directement à une destination dans une zone règlementée. »
Copeaux de bois et d'écorce de frêne, rameaux de frêne, feuilles de frêne fraîches et combustibles ligneux	Oui	Période à faible risque (1er octobre au 31 mars)	« Les (copeaux de bois/d'écorce de frêne/ rameaux de frêne/ feuilles de frêne/ combustibles ligneux) sont transformés de manière à ce que les produits mesurent moins de 2,5 cm dans deux dimensions. » **OU** « Les (copeaux de bois/d'écorce de frêne/ rameaux de frêne/ feuilles de frêne/ combustibles ligneux) sont expédiés dans les meilleurs délais directement à une destination dans une zone règlementée. »
Billes de frêne	Oui	Période à risque élevé (1er avril au 30 septembre)	« Les billes de frêne sont expédiées dans les meilleurs délais dans un véhicule complètement fermé directement à un établissement approuvé sous le PCEAAF pour être transformées selon les exigences du PCEAAF. L'établissement destinataire n'est pas tenu d'être approuvé sous le PCEAAF si cet établissement ne déplace pas le produit à l'extérieur de la zone règlementée (dans ce cas, le certificat de déplacement doit être obtenu avant le déplacement) »

Produit règlementé	Certificat de déplacement requis	Période de l'année où le déplacement est autorisé	Conditions de déplacement
Billes de frêne	Oui	Période à faible risque (1er octobre au 31 mars)	« Les billes de frêne sont expédiées dans les meilleurs délais directement à un établissement approuvé sous le PCEAAF pour être transformées selon les exigences du PCEAAF. L'établissement destinataire n'est pas tenu d'être approuvé sous le PCEAAF si cet établissement ne déplace pas le produit à l'extérieur de la zone règlementée (dans ce cas, le certificat de déplacement doit être obtenu avant le déplacement). »
Bois d'œuvre de frêne	Oui	Période à risque élevé (1er avril au 30 septembre)	« Le bois d'œuvre de frêne a été transformé de manière à ce que toute l'écorce et au moins 1,0 cm d'aubier aient été enlevés. » **OU** « Le bois d'œuvre de frêne a été soumis à un traitement thermique de manière à atteindre une température minimale de 56°C sur tout le profil du bois (incluant le cœur) pendant au moins 30 minutes. » **OU** « Le bois d'œuvre de frêne est expédié dans les meilleurs délais dans un véhicule complètement fermé directement à un établissement approuvé sous le PCEAAF pour être transformé selon les exigences du PCEAAF. L'établissement destinataire n'est pas tenu d'être approuvé sous le PCEAAF si cet établissement ne déplace pas le produit à l'extérieur de la zone règlementée (dans ce cas, le certificat de déplacement doit être obtenu avant le déplacement). »

Produit règlementé	Certificat de déplacement requis	Période de l'année où le déplacement est autorisé	Conditions de déplacement
Bois d'œuvre de frêne	Oui	Période à faible risque (1er octobre au 31 mars)	« Le bois d'œuvre de frêne a été transformé de manière à ce que toute l'écorce et au moins 1,0 cm d'aubier aient été enlevés. » **OU** « Le bois d'œuvre de frêne a été soumis à un traitement thermique de manière à atteindre une température minimale de 56°C sur tout le profil du bois (incluant le cœur) pendant au moins 30 minutes. » **OU** « Le bois d'œuvre de frêne est expédié dans les meilleurs délais directement à un établissement approuvé sous le PCEAAF pour être transformé selon les exigences du PCEAAF. L'établissement destinataire n'est pas tenu d'être approuvé sous le PCEAAF si cet établissement ne déplace pas le produit à l'extérieur de la zone règlementée (dans ce cas, le certificat de déplacement doit être obtenu avant le déplacement). »
Bois d'œuvre de frêne	Non requis pour les bois d'œuvre de frêne HT conforme produit par des établissements enregistrés sous le PCCPBTC ou le PCCMEB.	Toute l'année	Sans objet. Le bois d'œuvre de frêne produit sous le PCCPBTC ou le PCCMEB doit être traité et identifié selon les exigences du PCCPBTC ou du PCCMEB.
Bois de chauffage de toutes les essences.			Le transport de bois de chauffage de frêne est interdit. Le transport de bois de chauffage autre que le frêne est uniquement autorisé dans le cadre du PCEAAF. Pour de plus amples détails, consulter les MSQ-07 et communiquer avec le bureau local de l'ACIA.
Matériaux d'emballage en bois composés de frêne.	Oui	Toute l'année	« Matériaux d'emballage en bois produits avec du bois d'œuvre de frêne qui a été transformé de manière à ce que toute l'écorce et au moins 1,0 cm d'aubier aient été enlevés. » **OU** « Matériaux d'emballage en bois soumis à un traitement thermique de manière à atteindre une température minimale de 56°C sur tout le profil du bois (incluant le cœur) pendant au moins 30 minutes. »

Produit règlementé	Certificat de déplacement requis	Période de l'année où le déplacement est autorisé	Conditions de déplacement
Matériaux d'emballage en bois composés de frêne.	Non requise pour les matériaux d'emballage en bois conformes à la NIMP 15 produits par les établissements participant au PCCPBTC ou au PCCMEB	Toute l'année	Sans objet. Les matériaux d'emballage en bois conformes à la NIMP 15 doivent être traités et marqués selon les exigences du PCCPBTC ou du PCCMEB.
Produits de frêne autres que ceux susmentionnés.			Les autres produits de frêne sont évalués au cas par cas selon le risque phytosanitaire qu'ils posent. Communiquer avec l'ACIA pour de plus amples détails.