

REBOISEMENT DES TERRES ENCLAVÉES À PIKE-RIVER ET SAINT-ARMAND

**Projet de compensation phase I, Caractérisation et transplantation
R850.1**

Par César Gabillot, Natacha Jetha et Dominique Tardif
Agents de recherche pour le laboratoire du Dr Kneeshaw

Daniel Kneeshaw, Chercheur principal
Centre d'étude de la forêt
Département des sciences biologiques
Faculté des sciences
Université du Québec à Montréal
Téléphone : 514-987-3000, poste 4480
Courriel : kneeshaw.daniel@uqam.ca

Réalisé pour le compte du ministère des Transports

Mai 2021

La présente étude a été réalisée à la demande du ministère des Transports et a été financée par le Ministère.

Les opinions exprimées dans le présent rapport n'engagent que la responsabilité de leurs auteurs et ne reflètent pas nécessairement les positions du ministère des Transports.

Collaborateurs

- Pierre Drapeau, professeur au Département des sciences biologiques de la Faculté des sciences de l'Université du Québec à Montréal (UQAM)
Téléphone : 514 987-3000, poste 1950.
- Yves Prairie, professeur au Département des sciences biologiques de la Faculté des sciences de l'UQAM
Téléphone : 514 987-3000, poste 4870
Courriel : prairie.yves@uqam.ca
- Nicolas Bélanger, professeur au Département science et technologie de la Faculté des sciences de l'Université TÉLUQ
Téléphone : 514 843-2015, poste 2007
Courriel : nicolas.belanger@teluq.ca
- Tanya Handa, professeure au Département des sciences biologiques de la Faculté des sciences de l'UQAM
Téléphone : 514 987-3000, poste 1644
Courriel : handa.ira_tanya@uqam.ca
- Marc Mazerolle, professeur au Département des sciences du bois et de la forêt de la Faculté de foresterie, de géographie et de géomatique de l'Université Laval
Téléphone : 418 656-2131, poste 407120
Courriel : marc.mazerolle@sbfi.ulaval.ca
- François Fabianek, PhD, cofondateur de la compagnie Solutions WavX inc. et directeur du Groupe Chiroptères du Québec
Téléphone : 418 271-3468
Courriel : francois.fabianek@wavx.ca

REMERCIEMENTS ET NOTE SUR LES AUTEURS

Nous tenons à remercier notre patron, Daniel Kneeshaw, pour nous donner l'opportunité de travailler sur des projets si stimulants, comme celui-ci, et pour lesquels il nous donne des responsabilités valorisantes ainsi qu'une autonomie appréciable. Ses axes de recherches coïncident adéquatement avec nos intérêts personnels et la confiance qu'il nous accorde est moteur de qualité dans le travail que l'on produit. Plus largement, ses convictions et sa volonté à mieux comprendre la Nature pour la protéger résonnent en nous et nous inspirent quotidiennement.

Nous remercions également le Ministère des Transports du Québec (MTQ) pour son ouverture et sa volonté à acquérir des connaissances pertinentes pour construire une société durable où les actions de l'humain sont en harmonie avec l'environnement. Plus particulièrement, nous tenons à remercier Julien-Michel Blondin-Provost, biologiste chargé de projet au Ministère, sans qui ce projet de recherche n'aurait jamais vu le jour. Nous sommes grandement reconnaissants de sa patience et de sa serviabilité à notre égard. N'étant que peu familiers avec le fonctionnement ministériel des projets et l'univers des transports et de la voirie, sa collaboration fut significative et primordiale pour l'élaboration du présent rapport et des précédents. Son support fut également déterminant pour l'édification des séquences du projet de compensation que nous proposons.

Enfin, nous remercions les chercheurs collaborateurs avec qui nous travaillons, dont l'expertise est essentielle pour mener à bien ce projet de recherche. Plus précisément, le Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP), le Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les Changements Climatiques (MELCC), Conservation de la Nature Canada (CNC), Pierre Drapeau (volet mammifère et avifaune), Nicolas Bélanger (volet carbone terrestre), Yves Prairie (volet carbone aquatique), Tanya Handa (volet pédofaune), Marc Mazerolle (volet herpétofaune), François Fabianek (volet chiroptères), ainsi que tous leurs professionnels de recherches, assistants et étudiants qui collaborent et participent à la mise en œuvre des suivis déployés. Finalement, tous les employés permanents et saisonniers du laboratoire Kneeshaw ont participé également à la réussite des actions entreprises jusqu'ici et forment avec nous les « bras » du laboratoire sans qui rien de tout ça ne serait possible.

Au plaisir de mener à bien ce projet et de renouveler l'expérience.

Natacha Jetha, Dominique Tardif et César Gabillot, agents de recherche au laboratoire Kneeshaw, Université du Québec à Montréal (UQAM).

SOMMAIRE

Le projet de compensation relatif à l'extension de l'autoroute 35 se situe à Pike-River et Saint-Armand en Montérégie. Il vise la restauration forestière de terres enclavées anciennement cultivées ou laissées à l'abandon et s'étend sur une période de 2020 à 2033). L'équipe du Dr Kneeshaw de l'Université du Québec à Montréal, accompagnée de plusieurs experts connexes, fut mandatée pour réaliser une portion des travaux. Notamment à ce qui a trait à la réalisation d'un écosystème forestier avec une approche écosystémique comme base afin de créer un habitat faunique, ce qui fait l'objet d'un projet de recherche. Les objectifs principaux de ce projet sont : la planification de la création d'un écosystème forestier résilient et diversifié (diversité spécifique et structurale) ; la transplantation d'espèces rares et à statut précaire, incluant une collecte et germination des semences trouvées *in situ* pour conserver et augmenter la biodiversité du secteur ; ainsi que l'évaluation d'un bilan de la séquestration du carbone (terrestre et aquatique) avant le début et durant le projet. La phase I du projet a débuté en 2020 et comprenait comme base l'élaboration de protocoles de transplantation pour douze espèces rares et à statut précaire (*Annexe B*) spécifiques de la région. Cette première étape fut suivie d'une caractérisation des immeubles excédentaires du MTQ (*Annexe C*) qui a ensuite permis de procéder aux diverses transplantations à l'automne en appliquant la méthodologie propre à chacune de ces espèces. D'autant plus, tous les aménagements et méthodologies furent considérés en fonction d'appliquer une approche écosystémique en synergie avec le projet de reboisement. L'élaboration des grandes lignes du projet sur 10 ans a ensuite été réalisée (*Annexe D*), incluant un résumé des patrons de plantations visés et des suivis souhaités pour assurer le succès du projet. Ce présent rapport présente donc un sommaire de ce qui a été précédemment effectué, incluant les premiers résultats observés, ainsi que le détail des différents patrons de plantation, du plan d'entretien et des différents plans de suivi.

Daniel Kneeshaw est le chercheur principal de ce projet de recherche en lien avec la portion vouée au reboisement du site de compensation. Le projet est aussi appuyé par plusieurs autres chercheurs, qui ont des expertises en lien avec les différents objectifs du projet, tels que le rétablissement de la faune et le bilan du carbone. Ces chercheurs sont, entre autres, Pierre Drapeau, Tanya Handa, Marc Mazerolle, Nicolas Bélanger, et finalement, Yves Prairie. Les patrons de plantations ont d'abord été réalisés en tenant compte des différentes recommandations des chercheurs enrôlés dans le projet de recherche. Des protocoles de suivis ont ensuite été créés par chacun des chercheurs, afin de quantifier le succès du projet dans l'espace et dans le temps.

SYNTHÈSE DES CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

La compensation pour la perte de milieux naturels occasionnés par la construction routière passe par l'édification de stratégies visant la restauration d'écosystèmes perturbés. Ce projet de restauration sera appliqué de manière synergique avec une approche écosystémique afin de conserver et augmenter la biodiversité spécifique et structurelle des milieux, ainsi que d'accélérer la succession des nouveaux écosystèmes forestiers et favoriser leur résilience face aux changements globaux à venir, notamment par l'optimisation des fonctions des écosystèmes forestiers.

À l'automne 2020, des herbacées et semis d'espèces rares et à statut précaire présentes dans les immeubles excédentaires du MTQ ont été repérées et ensuite transplantées vers de nouveaux milieux récepteurs constitués principalement de friches. Par la suite, des individus d'essences de grand volume (7-25 cm DHP), incluant des espèces à statut et des espèces accompagnatrices, ont aussi été prélevés de zones qui seraient déboisées et transplantées sur une ancienne terre agricole. Des bilans initiaux de carbone terrestre et aquatique ont également été réalisés dans les différents milieux composant les immeubles excédentaires (milieux terrestres et hydriques) afin de suivre l'évolution et l'impact du reboisement tout au long du projet.

Puisque les démarches de prospection des espèces végétales n'ont eu lieu qu'en automne, certaines espèces étaient absentes lors de l'inventaire, alors que d'autres ont été repérées et récoltées en faible nombre. Afin de pallier à cela, de nouvelles recherches seront amorcées dès le printemps 2021 pour identifier les individus manquants et procéder à leur transplantation. De plus, des inventaires fauniques débiteront à ce moment dont certains seront axés sur l'impact du bruit provenant de la nouvelle structure routière sur la composition des populations présentes, incluant l'avifaune, les anoures (herpétofaune) et les chiroptères. Alors que d'autres inventaires fauniques, impliquant en plus la macrofaune et microfaune, permettront d'établir un portrait évolutif de l'utilisation des sites restaurés à la suite du reboisement.

Plusieurs contraintes devront être prises en compte pour assurer le succès du projet. Notamment, la présence d'espèces végétales exotiques envahissantes, la présence d'herbivores dans le secteur et les problèmes de logistiques découlant de la difficulté d'accès aux sites. Également, l'instabilité des sols devra aussi être considérée puisqu'une grande partie du site se situe en zone inondable.

TABLE DES MATIÈRES

1.	MISE EN CONTEXTE.....	13
2.	CARACTÉRISATION DES IMMEUBLES EXCÉDENTAIRES	14
2.1.	Portrait des différents milieux.....	15
2.1.1.	Milieux récepteurs	17
2.1.2.	Milieux de conservation	17
2.1.3.	Milieu de compensation.....	18
2.2.	Contraintes reliées aux sites.....	20
2.2.1.	Qualité du sol	20
2.2.2.	Caractère inondable des milieux.....	21
2.2.3.	Présence de végétation compétitrice et d'EVEE.....	22
2.2.4.	Pollution sonore.....	24
2.2.5.	Herbivorie	24
2.2.6.	Périodes de chasse	24
2.2.7.	Accessibilité aux sites.....	25
3.	TRANSPLANTATIONS	25
3.1.	Méthodologie.....	28
3.1.1.	Aménagement des sites de plantation.....	28
3.1.2.	Récolte des herbacées et des semis à statut précaire ...	29
3.1.3.	Transplantation des herbacées et des semis à statut précaire	29
3.1.4.	Prélèvement des gros arbres.....	34
3.1.5.	Transplantation des gros arbres	35
3.1.6.	Mise en place des legs biologiques	38
3.2.	Imprévus survenus lors des transplantations	41
3.2.1.	Absence de certaines espèces végétales à statut précaire	41
3.2.2.	Accessibilité aux sites.....	42
3.2.3.	Météo et conditions du sol	43
3.2.4.	Coordination des travaux MTQ et UQAM	43
3.3.	Recommandations pour les futurs projets de transplantation.....	44
3.3.1.	Logistique et matériel à prévoir.....	44
3.3.2.	Recommandations spécifiques pour certaines espèces	45
4.	DÉTAILS SUR LE BILAN DU CARBONE	46
4.1.	Milieux hydriques.....	47
4.2.	Milieux humides.....	49
4.3.	Milieux terrestres	49
5.	PATRONS D'AMÉNAGEMENT ÉCOSYSTÉMIQUE.....	53
5.1.	Justification de l'utilisation d'une approche écosystémique.....	54
5.1.1.	L'approche écosystémique selon la littérature	54
5.1.2.	Autres projets scientifiques explorant ces traitements ...	55
5.1.3.	Contexte du projet	56
5.2.	Aménagements particuliers en secteurs inondables	56

5.3.	Aménagements particuliers en présence d'EVEE.....	57
5.4.	Coordination des travaux UQAM, MTQ et Groupe DDM.....	58
5.5.	Calendrier général jusqu'en 2033	61
5.6.	Patrons de plantation.....	63
5.6.1.	Patrons temporaux	65
5.6.2.	Patrons de composition	69
5.6.3.	Patrons de densité.....	69
5.6.4.	Patrons d'atténuation du bruit.....	72
5.6.5.	Patrons d'aménagement des legs biologiques.....	74
5.6.6.	Patrons de plantation aménagés pour le MR8.....	75
5.7.	Justification des choix pour les patrons de plantation	76
5.7.1.	Choix des essences végétales	76
5.7.2.	Choix des patrons de plantation	78
5.8.	Progression des interventions.....	79
5.9.	Résultats globaux attendus.....	79
6.	PLAN D'ENTRETIEN ANNUEL.....	80
6.1.	Protection contre l'herbivorie	80
6.2.	Arrosage.....	81
6.3.	Contrôle d'espèces compétitrices	81
6.4.	Remplacement des plants morts.....	82
6.4.1.	Suivi extensif	82
7.	PLAN DE SUIVI JUSQU'EN 2033.....	82
7.1.	Protocole de suivi pour la flore.....	87
7.1.1.	Suivi extensif	87
7.1.2.	Suivi expérimental intensif	87
7.1.3.	Suivi du coefficient de distribution.....	88
7.1.4.	Suivi des espèces envahissantes	88
7.1.5.	Suivi de l'établissement de la flore non plantée	89
7.1.6.	Suivi de la provenance des essences.....	89
7.2.	Protocole de suivi pour les mammifères	90
7.2.1.	Chiroptères.....	91
7.2.2.	Cerfs et mammifères généralistes	92
7.3.	Protocole de suivi pour l'avifaune	92
7.4.	Protocole de suivi pour la pédofaune.....	93
7.5.	Protocole de suivi pour l'herpétofaune.....	94
7.6.	Protocole de suivi pour le carbone terrestre.....	95
7.7.	Protocole de suivi pour le carbone aquatique	96
8.	ACTIVITÉS ÉDUCATIVES SUR LE PROJET	98
8.1.	Activités prévues pour 2020.....	98
8.1.1.	Webinaire	98
8.2.	Activités envisagées pour 2021-2022	98
8.2.1.	Présentation à la mairie et plantation d'arbres par les citoyens	98
8.2.2.	Mise en place de panneaux éducatifs.....	99
8.2.3.	Diffusion web de capsules informatives	99

9. CONCLUSION.....	99
RÉFÉRENCES	101
ANNEXE A – INFORMATIONS ADDITIONNELLES RELATIVES AUX TRANSPLANTATIONS	107
ANNEXE B – RAPPORT 1. PROTOCOLES DE TRANSPLANTATIONS	112
ANNEXE C – RAPPORT 2. CARACTÉRISATION DES IMMEUBLES EXCÉDENTAIRES DU MTQ DANS LA RÉGION DE PIKE RIVER ET ST-ARMAND	265
ANNEXE D – RAPPORT 3. LIGNES DIRECTRICES DU PROJET DE COMPENSATION	317

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Superficies (m ²) des EVEC présentes par sites en 2020.	23
Tableau 2 : Espèces et densités des différents quadrats de transplantations	33
Tableau 3 : Nom des espèces transplantées en fonction de leur numéro sur la carte (Figure 12)	37
Tableau 4 : Catégorisation des différentes essences en fonction de leur rôle au sein de la succession végétale et de leur caractère hydrophile	51
Tableau 5 : Liste d'espèces arborescentes et arbustives considérées pour les plantations en fonction de leur rôle au sein de la succession végétale et de leur rapidité de croissance	65
Tableau 6 : Séquence temporelle de deux patrons de plantation des terres enclavées	66
Tableau 7 : Représentation des différentes combinaisons de patrons qui seront effectués dans les sous-zones 1 à 4	72
Tableau 8 : Sélection des essences végétales classifiées en fonction de leur tolérance à la juglone	78
Tableau 9 : Indicateurs d'atteinte des objectifs pour les différents volets .	84

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Emprise du prolongement de l'autoroute 35 dans le secteur de Pike River et Saint-Armand et milieux récepteurs disponibles pour la plantation	16
Figure 2. Carte de délimitation des différentes zones dans les milieux de conservation (zone en vert à la Figure 1)	18
Figure 3. Cartographie illustrant les quatre subdivisions du milieu de compensation (Zone de reboisement sur la carte)	19
Figure 4. Cartographie représentant les différentes zones inondables en fonction de leur récurrence d'inondation	22
Figure 5. Cartographies d'une partie des zones de déboisement liées au prolongement de l'A35	27
Figure 6. Récolte de spécimens d'asaret du Canada (<i>Asarum canadense</i>)	29
Figure 7. Quadrats typiques de 1 m ² effectués dans les milieux récepteurs pour les herbacées (exemple dans [<i>Information sensible</i>])	30
Figure 8. Cartographie des transplantations dans [<i>Information sensible</i>] (Tableau 2)	31
Figure 9. Cartographie des transplantations dans [<i>Information sensible</i>] (Tableau 2)	32
Figure 10. Transplantation des gros arbres dans MR8A	35
Figure 11. Transplantations dans le MR8A à la fin du mois de novembre 2020	36
Figure 12. Cartographie des transplantations effectuées dans MR8A	36
Figure 13. Vue d'ensemble de l'évolution des transplantations dans MR8A	38
Figure 14. Ajout de feuilles mortes sur un quadrat d'asaret du Canada ...	39
Figure 15. Premiers empilements de terre provenant des milieux de récolte des arbres en bordure de MR8A en vue d'un épandage subséquent sur les parcelles	40
Figure 16. Récolte des feuilles mortes pour le MR8A	40
Figure 17. Déchiquetage de branches dans le MR8A en décembre 2020 pour en faire du paillis	41
Figure 18. Transport des plants, de la matière organique et du matériel de transplantation, à la suite de la récolte, vers les milieux récepteurs	43
Figure 19. Pont temporaire créé pour traverser le ruisseau Louis-Rochelleau	45
Figure 20. Cartographie avec les points d'échantillonnages pour le carbone aquatique (amont et aval)	48
Figure 21. Cartographie des points d'échantillonnage pour le carbone terrestre dans les milieux forestiers et les cultures fourragères	52

Figure 22. Cartographie des points d'échantillonnage pour le carbone terrestre dans les milieux en friches (MR1-7) et dans les cultures « régulières » (MR8).....	53
Figure 23. Exemple de création de monticules par la compagnie forestière Domtar.....	57
Figure 24. Carte préliminaire illustrant les accès prévus pour les différents sites.....	60
Figure 25. Durée et répartition des différents travaux qui seront effectués jusqu'en 2033	62
Figure 26. Exemple de variation multiéchelle par l'ensemble des patrons de plantation	64
Figure 27. Exemple de la répartition des patrons temporaux dans les sous-zones 3 et 4	67
Figure 28. Exemple de patrons de densité et de composition à 625 tiges/ha.....	71
Figure 29. Patrons d'atténuation du bruit répartis en périphérie de l'habitat du poisson et du tronçon routier.....	74
Figure 30. Répartition envisagée des six différentes parcelles du MR8B .	76
Figure 31. Durée et répartition des différents suivis qui seront effectués dans le cadre du projet de recherche sur une période de 13 ans.....	83
Figure 32. Construction du remblai dans la zone 8 et récolte des gaules arborescents.....	110

GLOSSAIRE

CO₂ : Dioxyde de carbone

CH₄ : Méthane

EVEE : Espèces végétales exotiques envahissantes

FACH : Plantes facultatives des milieux humides

LHE : Ligne des hautes eaux

MELCC : Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les Changements Climatiques

MFFP : Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

MRC : Municipalité régionale de comté

MTQ : Ministère des Transports du Québec

OBL : Plantes obligées des milieux humides

UQAM : Université du Québec à Montréal

1. MISE EN CONTEXTE

La réalisation du projet de construction visant le prolongement de l'autoroute 35 dans le secteur de Pike River et de Saint-Armand par le MTQ a été autorisée sous le respect de certaines conditions visant à éviter ou minimiser ses impacts environnementaux et à compenser son empiètement dans les milieux visés par les travaux (décret 599-2007). Pour ce faire, différentes étapes stratégiques ont été appliquées lors de la phase I du projet en association avec une approche écosystémique. Cela a permis d'ériger les bases fondamentales pour d'assurer le succès du projet de reboisement et l'atteinte d'objectifs ministériels qui sont :

1. La planification et création d'un écosystème forestier résilient et diversifié ;
2. La transplantation d'espèces rares et à statut ;
3. La réalisation d'un bilan de la séquestration du carbone déjà existante avant les traitements.

Ainsi que l'atteinte des sous-objectifs spécifiques :

- La restauration et développement d'habitats propices pour la faune par la création d'une structure forestière verticale et horizontales inspirées des écosystèmes adjacents ;
- Le développement d'une forêt résiliente aux changements globaux via des patrons de plantation de diverses densités et espèces arborescentes ;
- Le maintien et l'augmentation de la présence d'espèces végétales rares et à statut précaire ;
- L'augmentation et conservation de la biodiversité du secteur ;
- La lutte contre les espèces végétales exotiques envahissantes ;
- La réalisation d'un bilan du carbone.

De prime abord, pour conserver la biodiversité locale existante en plus de favoriser son maintien et son développement de manière durable, une approche écosystémique a été appliquée en combinaison au plan de restauration forestière prévu pour ce projet. Ensemble, ces approches ont comme but de réduire les écarts entre la forêt aménagée et la forêt naturelle (adjacente ou historique) de sorte à être favorables au rétablissement de la relation entre la biodiversité locale et les fonctions d'une forêt, afin de permettre la création d'une forêt résiliente (Aerts & Honney, 2011 ; MFFP, 2015). De même, les essences utilisées à cet effet pourront différer en termes de populations et de provenances (nord et sud, est et ouest) afin d'inclure une diversité intraspécifique pour que cette diversité prospère dans le temps en fonction des changements globaux à venir et ainsi favoriser une

meilleure résilience des nouveaux écosystèmes et préserver leurs fonctions (Roy, 2019).

Pour ce faire, différentes actions ont déjà été entreprises au sein de ce projet. D'abord, une transplantation d'espèces floristiques rares et à statut précaire a été réalisée à l'automne 2020 (Rapport 1 - voir *Annexe B*) en fonction d'une caractérisation des immeubles excédentaires du MTQ dans le secteur (Rapport 2 - voir *Annexe C*). Ensuite, les lignes directrices du plan de compensation basé sur une approche écosystémique ont été élaborées de manière à créer des patrons de reboisements (Rapport 3 - voir *Annexe D*). En plus de participer à l'atteinte des objectifs ministériels, l'ensemble de ces étapes permettra également d'estimer et de compenser les pertes de milieux boisés. Nous suivons le succès du projet dans l'atteinte de ces objectifs en utilisant des indicateurs tels que : la survie et la croissance des arbres, la structure horizontale et verticale et la recolonisation par différents groupes fauniques (avifaune, mammifères, herpétofaune et pédofaune), en plus de suivre le bilan du carbone (terrestre et aquatique). Ultimement, l'ensemble des expériences permettra d'évaluer la réponse de la biodiversité et des fonctions écologiques en lien avec les différents patrons de plantation et les traitements appliqués.

Ce rapport présente donc une synthèse des étapes de préparation concernant le reboisement, qui ont déjà été faites en 2020, incluant les patrons de plantations, la méthodologie et les imprévus survenus sur le terrain, ainsi que nos recommandations en ce sens et de manière générale pour le futur du projet. Il inclut également les détails de l'approche écosystémique impliquant le volet sur le suivi du bilan du carbone selon les différents milieux, l'identification et le suivi de la faune présente dans le secteur. Finalement, ce rapport inclut aussi les patrons d'aménagements écosystémiques à venir pour les prochaines années de même que l'approche envisagée pour le contrôle des espèces végétales exotiques envahissantes (EVEE) et les traitements qu'elle incorpore.

2. CARACTÉRISATION DES IMMEUBLES EXCÉDENTAIRES

Le secteur à l'étude fait partie de la Municipalité régionale de comté (MRC) Brome-Missisquoi et comprend les municipalités de Pike River et de Saint-Armand. Les immeubles excédentaires du MTQ entrent donc dans la classification de région écologique 1a et l'unité de paysage 2 - Saint-Jean-Sur-Richelieu (MFFP, 2012). Cette région écologique est caractérisée par une biodiversité importante et comprend des espèces végétales rares et à statut précaire. La majorité du territoire est utilisée pour l'agriculture et couvre

presque en totalité une plaine argileuse. Les massifs forestiers qui s'y retrouvent sont très fragmentés et sont pour la plupart composés de feuillus. Étant localisé en bordure de la rivière aux Brochets et étant traversé par plusieurs ruisseaux, ce milieu riverain offre un écosystème riche et humide. De plus, considérant le caractère inondable d'une certaine portion de ces terres, la période annuelle de submersion a un impact direct sur la composition des communautés (MFFP, 2012).

Une caractérisation exhaustive de chacun des milieux inclus dans les immeubles excédentaires du MTQ est présentée dans le rapport 2 (*voir Annexe C*). Cette section présente donc un résumé des différents sites utilisés et des contraintes pouvant potentiellement affecter le succès du projet.

2.1. Portrait des différents milieux

Les différents sites à vocation compensatoire ayant été désignés par le MTQ présentent différents écosystèmes et sont identifiés selon trois désignations : les milieux récepteurs (friches), les milieux de conservation (zone de conservation) et le milieu de compensation (terres enclavées) (Figure 1).

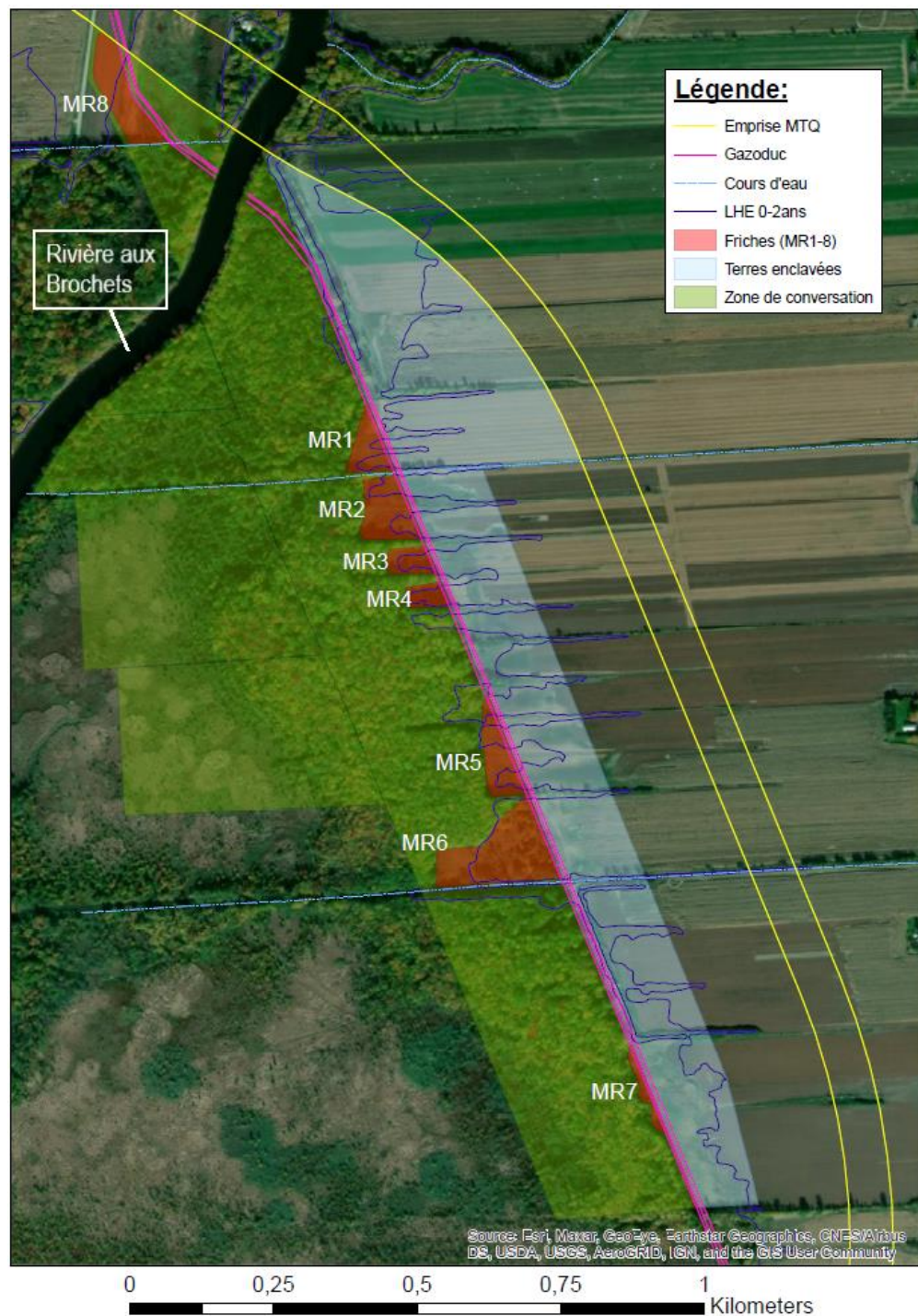


Figure 1. Emprise du prolongement de l'autoroute 35 dans le secteur de Pike River et Saint-Armand et milieux récepteurs disponibles pour la plantation
Délimitation de l'emprise de la construction de l'autoroute (tracé jaune) et milieux récepteurs (en rouge).

2.1.1. Milieux récepteurs

Il s'agit des premiers milieux ayant été autorisés par le MTQ pour y effectuer la transplantation des espèces végétales rares et à statut précaire. Huit milieux récepteurs ont été désignés, et ensemble, ils couvrent une superficie totale de 59 137 m² (5,9 ha). La grande majorité des milieux récepteurs (MR1 à MR7 sur la Figure 1) sont des friches agricoles situées à l'est de la rivière aux Brochets. Chacun des milieux est subdivisé en deux à trois sous-zones selon la végétation et les conditions environnantes qui s'y trouvent. Certains lots de friches ont donc été utilisés pour réaliser des transplantations (respectivement le [Information sensible]), alors que d'autres friches seront conservées telles quelles, dans la mesure où il y a absence d'EVEE (section 2.2.3). Le but étant que les friches restaurées, conjointement à celles conservées, offrent des écosystèmes plus riches et plus diversifiés, afin de conserver la biodiversité existante du secteur et d'éventuellement susciter son développement, notamment sur le plan faunique.

Pour ce qui est de l'unique milieu récepteur localisé à l'ouest de la rivière aux Brochets (MR8 sur la Figure 1), celui-ci a été divisé en deux sous-zones selon la LHE. La première sous-zone (MR8A) est un champ agricole dans lequel du maïs (*Zea mays*) était cultivé jusqu'à l'automne 2020. La seconde sous-zone (MR8B), qui est un milieu laissé en friche, se trouve sous la LHE et comporte une partie d'un marais de quenouilles qui s'étend sur une superficie approximative de 18 000 m² (1,8 ha). Une talle de roseau commun (*Phragmites australis subsp. australis*), une EVEE, est également présente dans MR8B et recouvre une surface d'environ 220 m².

2.1.2. Milieux de conservation

Les milieux de conservation se situent principalement à l'est de la rivière aux Brochets (Figure 2) et constituent un secteur presque entièrement boisé faisant partie du domaine bioclimatique de l'érablière à caryer cordiforme (*Carya cordiformis*). Neuf zones différentes ont été délimitées en fonction de la végétation présente dans celles-ci et six d'entre elles font partie du plan de conservation pour le projet (zones 1 à 5, et zone 9, Figure 2). Ainsi, pour chacune de ces zones, une caractérisation de la structure forestière et des écosystèmes a été dressée dans le rapport 2 (voir Annexe C) afin d'évaluer leur potentiel respectif pour la survie et la reproduction de la faune (Fischer *et al.*, 2006). En somme, la zone de conservation couvre une superficie totale de 755 118 m² (75,5 ha). Excluant les zones 1 et 9, qui sont caractérisées par la présence de marais de quenouilles, toutes les autres zones sont des érablières argentées à frênes rouges et ormes d'Amérique. Les milieux de conservation sont des immeubles voués à rester tels quels et où aucun aménagement n'est prévu.



Figure 2. Carte de délimitation des différentes zones dans les milieux de conservation (zone en vert à la Figure 1)

*Les peuplements présents dans les milieux de conservation sont majoritairement des essences d'arbres facultatives et obligées de milieux humides tels que des érables argentés (*Acer saccharinum*), des frênes rouges (*Fraxinus pennsylvanica*) et des ormes d'Amérique (*Ulmus americana*). On note également la présence de chênes bicolores (*Quercus bicolor*), une espèce à statut précaire. Les peuplements d'arbres âgés entre 40 et 100 ans ont une structure inéquienne.*

2.1.3. Milieu de compensation

Le milieu de compensation (terres enclavées) est constitué en grande majorité de terres agricoles de monocultures variables (maïs, soja et foin) et d'une faible partie de friches. À l'intérieur du site se trouvent aussi deux ruisseaux (le ruisseau Edwin et le ruisseau Louis-Rochelleau), ainsi que plusieurs fossés de drainage. Quatre sous-zones dédiées aux travaux de reboisement ont été délimitées à l'intérieur du milieu de compensation à des fins pratiques (Figure 3). En plus des subdivisions propres au reboisement, le milieu de compensation inclut également des milieux humides et un habitat du poisson (à créer par le Groupe DDM, section 4.1). Ainsi, la superficie totale désignée pour le milieu de compensation est d'environ 270 040 m² (27 ha).

REBOISEMENT DES TERRES ENCLAVÉES À PIKE-RIVER ET SAINT-ARMAND
R850.1

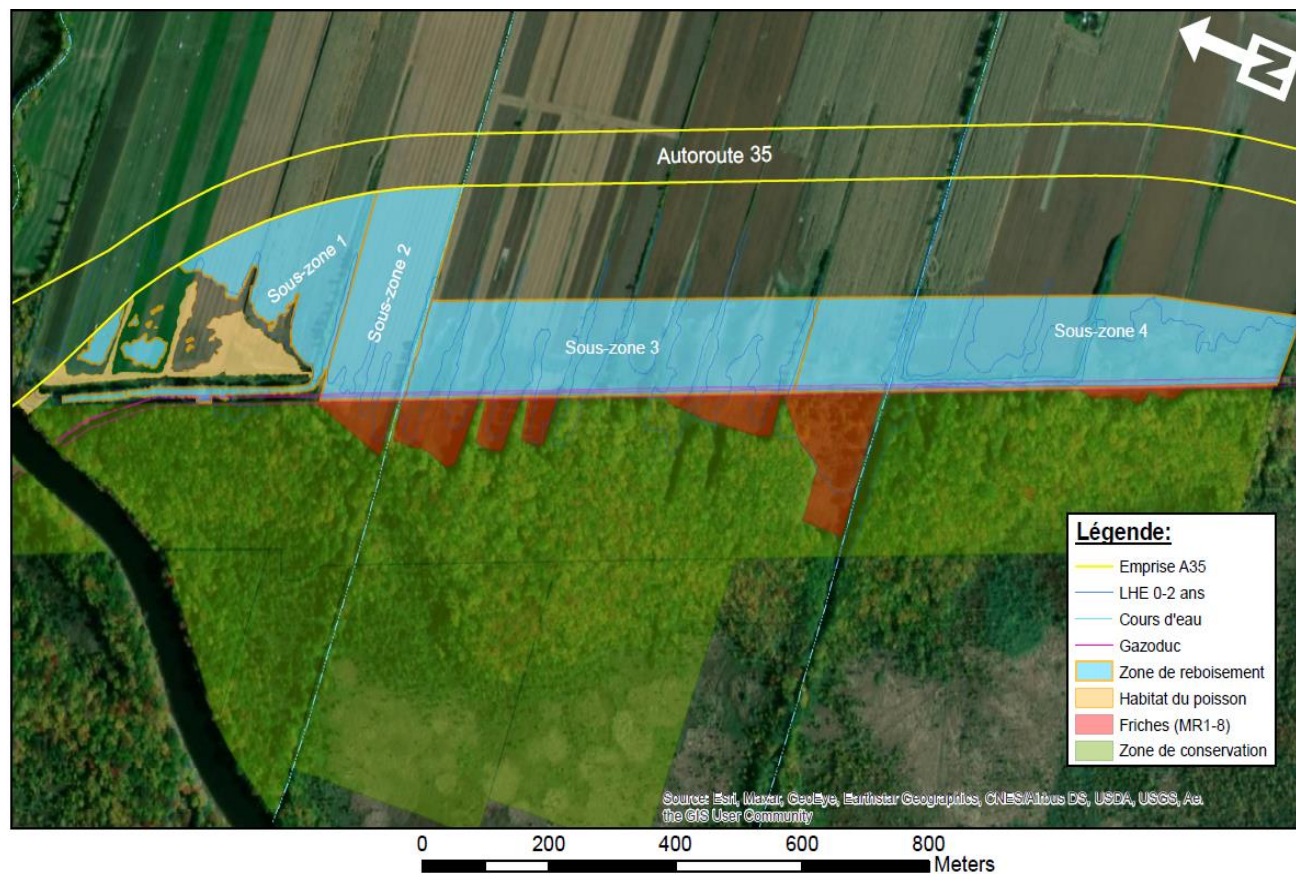


Figure 3. Cartographie illustrant les quatre subdivisions du milieu de compensation (Zone de reboisement sur la carte)
Les milieux dédiés à la création de milieux humides ne sont pas représentés sur cette carte.

2.2. Contraintes reliées aux sites

Les principales contraintes ayant été révélées dans les différents milieux en 2020 (Rapport 2 - voir *Annexe C*) comprenaient : la qualité du sol, le caractère inondable des milieux, la présence de végétation compétitrice et d'EVEE, la pollution sonore en provenance des travaux pour l'autoroute et la présence d'herbivores dans le secteur.

À cela, des contraintes additionnelles se sont présentées lors des travaux de transplantations et de périodes d'échantillonnages. Ces nouvelles contraintes sont précisément : la période de chasse (considérant qu'elle se produit l'automne quand les plantes sont en dormances, et qui correspond au meilleur moment pour les transplanter) et l'accessibilité aux milieux. En effet, plusieurs milieux sont difficilement accessibles considérant qu'ils nécessitent un passage sur des terres privées, et nécessitent donc une autorisation des propriétaires, ou encore un accès par voie maritime, qui lui, nécessite l'usage d'une embarcation.

2.2.1. Qualité du sol

La caractérisation des sols présentée dans le rapport 2 (voir *Annexe C*) met en évidence que dans la majorité des cas, les dépôts de surface qui ont été laissés par les dernières glaciations sont composés de loam, souvent plus argileux, parfois sablonneux, ce qui rend leur drainage difficile. Plusieurs sols de nature organique y sont aussi trouvés, là où il y a des zones de marais par exemple (IRDA, 2008 ; Info-Sols, 2021). Pratiquement tous les pédons effectués présentaient des couleurs de nature gleyique ainsi qu'une présence de mouchetures, témoignant d'une oxydation du fer présent dans le sol. Ce phénomène est habituellement lié à une nappe phréatique haute, et nous renseigne sur le caractère hydromorphe des sols et sur la mauvaise qualité du drainage de ceux-ci, variant de sols imparfaitement drainés à très mal drainés. Ces sols sont généralement saturés en eau et peuvent ainsi présenter des conditions anaérobies à une certaine profondeur.

Pour la transplantation d'herbacées qui sont tolérantes, ou voir même adaptées, aux milieux mal drainés, ces sols sont idéaux. Toutefois, pour les herbacées tolérant moins bien un mauvais drainage, ces sols peuvent représenter une contrainte. Les milieux comportant un meilleur drainage ont donc été sélectionnés pour les espèces herbacées les moins tolérantes d'un excès d'eau. Une sélection d'espèces tolérantes aux milieux plus humides et aux sols mal drainés ou inondés périodiquement a été effectuée dans le cadre du rapport 3 (voir *Annexe C*).

En ce qui concerne la transplantation de semis, des arbres, tels que le chêne bicolore (*Quercus bicolor*) et l'érable argenté (*Acer saccharinum*), ont une bonne tolérance aux sols moins bien drainés et sont bien adaptés aux conditions saturées en eau. Notamment en développant un système racinaire davantage superficiel (peu profond) à cause de la nappe phréatique qui est haute, mais aussi par une phénologie de croissance tardive permettant un débourrement tardif des feuilles et autres processus liés à la réhydratation, leur conférant une tolérance non négligeable aux inondations.

2.2.2. Caractère inondable des milieux

La grande majorité des sites dédiés à la transplantation, à la conservation et au reboisement (milieu de compensation) se trouvent à l'intérieur d'un secteur inondable. La LHE (ou côte de récurrence d'inondation de 0-2 ans) s'étend loin sur les terres et vient délimiter le secteur (Figure 1). De plus, les différents milieux se trouvant au-dessus de la LHE, sont quant à eux situés en zone de grand courant et sont donc dans une zone d'inondation de récurrence 0-20 ans (Figure 4). Une période annuelle de submersion prolongée agira en tant que filtre contre les espèces intolérantes aux inondations et favorisera des espèces plus tolérantes aux conditions d'inondation comme le frêne de Pennsylvanie, le frêne noir et l'orme d'Amérique, par exemple. En somme, la contrainte imposée par les périodes d'inondations peut faire en sorte que certaines espèces survivent et croient mieux que d'autres.

C'est pourquoi pour les zones propices aux inondations récurrentes comme le MR8B et les milieux de reboisement situés sous la LHE 0-2 ans, un aménagement comprenant la création de monticules pourrait permettre de réduire le stress hydrique (et/ou choc hydrique) des semis en les surélevant et ainsi faciliter leur établissement. Des détails concernant ces aménagements se trouvent à la section 5.1.

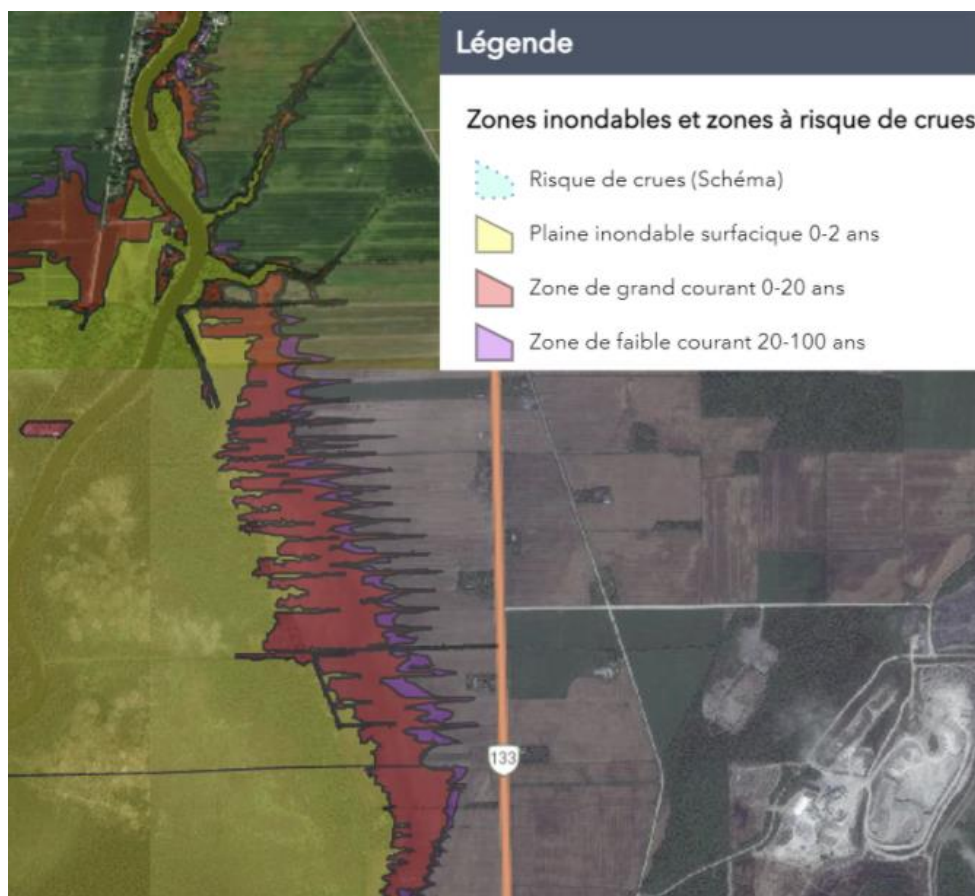


Figure 4. Cartographie représentant les différentes zones inondables en fonction de leur récurrence d'inondation

Source : MRC Brome-Missisquoi

2.2.3. Présence de végétation compétitrice et d'EVEE

Une présence de végétation compétitrice indigène peut être gérée aisément en procédant à une coupe de branches et de tiges, par un désherbage, etc. Cependant, une caractérisation des sites a révélé la présence de plusieurs EVEE à l'intérieur des trois différents types de milieux, soit : les friches, le milieu de compensation (terres enclavées) et de conservation (Rapport 2 - voir Annexe C). Les EVEE sont non-indigènes et représentent une menace pour la croissance, la reproduction et la survie des espèces végétales de nos plantations, de même que pour la diversité végétale du site. En effet, à l'intérieur des immeubles excédentaires du MTQ, les EVEE couvrent, toutes espèces confondues, une superficie de 65 880 m² (6,6 ha) (Tableau 1).

Tableau 1 : Superficies (m²) des EVEE présentes par sites en 2020

Pour les terres enclavées, ceci ne comprend pas les EVEE le long des ruisseaux et des canaux de drainages.

Sites et superficies (m ²)	<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	<i>Phalaris arundinacea</i>	<i>Phragmites australis</i>	<i>Setaria faberi</i>	Superficie totale EVEE par site (m ²)
MR1A	N/A	425	N/A	70	495
MR1C	N/A	2655	N/A	N/A	2655
MR2A	250	N/A	N/A	250	500
MR2C	N/A	1040	N/A	1060	2100
MR3A	N/A	650	N/A	N/A	650
MR3B	N/A	N/A	N/A	930	930
MR4A	N/A	390	N/A	N/A	390
MR4B	1550	N/A	N/A	185	1735
MR5A	990	795	N/A	990	2775
MR5B	N/A	405	385	N/A	790
MR6B	N/A	16 165	N/A	N/A	16 165
MR7A	N/A	355	805	N/A	1160
MR7B	N/A	N/A	2595	N/A	2595
MR8B	N/A	1335	220	915	2470
Terres enclavées	810	955	24 125	1170	27 060
Zone 9	N/A	1690	905	815	3410
Total général par EVEE (m ²)	3600	26 860	29 035	6385	65 880

Parmi les EVEE présentes, le roseau commun (*P. australis* subsp. *australis*) est la plus nuisible de toutes. Sans l'application de mesures pour lutter contre cette espèce en particulier, le maintien et l'augmentation de la biodiversité du secteur sont menacés¹. Nous proposons donc des mesures de contrôle contre le roseau commun, mais allons également procéder à la surveillance

¹ Malgré que certaines des EVEE ne sont pas encore officiellement reconnues par le gouvernement, elles sont considérées comme nuisibles et envahissantes par de multiples auteurs et représentent donc une menace potentielle à la biodiversité (Lavoie et al., 2014 ; Fleurs du Québec, 2020).

des autres espèces nuisibles qui sont généralement intolérantes à l'ombre, car leur présence devrait généralement diminuer suite aux plantations. Les recommandations portant sur les aménagements en présence d'EVEE seront abordées à la section 5.3.

2.2.4. Pollution sonore

Le bruit et les vibrations présentement occasionnés par les travaux de construction routière, et ceux à venir par la circulation de poids lourds sur la nouvelle portion de l'autoroute, ont le potentiel de causer une contrainte pour les espèces fauniques qui sont sensibles au bruit et aux vibrations non audibles (contrainte abordée dans le rapport 3, voir *Annexe D*). En ce sens, pour éviter d'affecter la reproduction et de limiter les facteurs de stress (ex. par rapport à la surveillance et communication de la présence des prédateurs) chez certaines espèces fauniques, une plantation dense pourrait être utile pour atténuer la dispersion du bruit entre l'autoroute et les différents milieux. Cet aspect sera élaboré à la section 5.6.4.

2.2.5. Herbivorie

Le secteur de Pike River héberge des herbivores tels que des cerfs de Virginie (*Odocoileus virginianus*), des lapins à queue blanche (*Sylvilagus floridanus*), des lièvres d'Amérique (*Lepus americanus*) et des castors du Canada (*Castor canadensis*). Ces mammifères se nourrissent pendant l'hiver de l'écorce et des bourgeons des arbres, et consomment les feuilles et les fleurs durant la période estivale (Voelker & Dooley, 2008 ; Kellner & Swihart, 2017).

L'herbivorie peut donc avoir un grand impact sur la croissance, la reproduction et la survie des plants (Marquis & Brenneman, 1981 ; Côté *et al.*, 2004). C'est pourquoi la pose de protecteurs autour des arbres mesurant moins de 2 m, ou la pose d'exclos, constituent des solutions pour répondre à cette problématique, et ce, peu importe l'aire d'alimentation des individus herbivores qui sont présents dans le secteur.

2.2.6. Périodes de chasse

Les travaux doivent aussi être effectués en considération des périodes de chasse dans le secteur puisqu'une portion des terres du projet de compensation (milieux récepteurs et milieux de conservation) sont côtoyées par les chasseurs au printemps et à l'automne.

La période de chasse au printemps pour le dindon sauvage a lieu entre le 30 avril et le 24 mai 2021. Celle-ci ne devrait pas trop gêner les travaux à venir, puisque les périodes de chasse quotidiennes sont limitées à une demi-heure avant le lever du soleil inclusivement jusqu'à midi.

Cependant, concernant les périodes de chasse autorisées dans le secteur à l'automne pour les années 2020 et 2021 varient selon le type d'animal visé. Notamment pour le chevreuil, elles s'étendent du 2 au 20 octobre, puis du 6 au 21 novembre. Alors que pour le dindon sauvage, la période s'étend du 23 au 29 octobre. Les différentes périodes de chasses à l'automne chevauchent avec la période de dormance des plantes herbacées et qui est un moment privilégié pour la transplantation. Les travaux et les déplacements prévus à l'intérieur de ces dates sont donc déconseillés par souci de sécurité et doivent être effectués avant ou après celles-ci.

2.2.7. Accessibilité aux sites

Les sites visés par les travaux de reboisement sont disposés à l'intérieur de deux municipalités différentes et séparés par la rivière aux Brochets. À l'est de la rivière, certains sites sont accessibles via des terres agricoles et l'accès doit se faire en obtenant un droit de passage de la part d'agriculteurs qui en sont propriétaires. Dans les années à venir, une servitude de passage sera aménagée lors de la construction de l'autoroute, ce qui facilitera l'accès aux terres enclavées. Pour le moment, l'accessibilité vers la rive est se fait à l'aide d'une embarcation moteur, mise à disposition par le MTQ, pour transporter du matériel.

Deux ruisseaux (ruisseaux Edwin et Louis-Rochelleau), ainsi que plusieurs canaux de drainages, qui sont tous perpendiculaires à la rivière, traversent les différents milieux. Lors des travaux, cela a posé un défi de logistique additionnel relatif aux transplantations. Par exemple, des passages devaient parfois être créés pour accéder aux sites (*voir Annexe A*). D'autres contraintes en lien avec l'accessibilité aux sites ont été révélées en 2020 lors des étapes de transplantations et seront discutées à la section 2.2.7.

3. TRANSPLANTATIONS

Avant de procéder aux travaux de transplantations, un inventaire floristique du secteur a été fait dans les sites de déboisement prévus pour la construction du nouveau tronçon routier (Figure 5), suivi d'une caractérisation des milieux récepteurs (Figure 1). Les inventaires ont été réalisés par l'équipe de l'UQAM et supportés par l'expertise du CNC (Conservation de la Nature Canada). Un inventaire antérieurement réalisé pour le MTQ avait révélé la présence de plusieurs espèces à statut et précisait leurs nombres et leurs coordonnées géographiques (Groupe DDM, 2019), ce qui a permis d'identifier des secteurs clés pour notre prospection. Les détails concernant les espèces transplantées et la caractérisation des

différents milieux se trouvent respectivement dans les rapports 1 et 2 en annexe (*voir Annexes B et C*).

Comme mentionné précédemment, les sites concernés pour la transplantation sont les milieux récepteurs. Ce sont principalement des friches (Figure 1) et leur sol est principalement un loam-argileux. De plus, selon leur emplacement, plusieurs se trouvent dans un secteur inondable (sections 2.2.1 et 2.2.2). Ce chapitre inclut donc non seulement les méthodes appliquées à l'automne 2020 lors des interventions de transplantations d'espèces, mais elle comprend également les imprévus survenus au moment des travaux (section 3.2 et les recommandations pour les années futures concernant la méthodologie (section 3.3)).



Figure 5. Cartographies d'une partie des zones de déboisement liées au prolongement de l'A35

3.1. Méthodologie

En 2020, les transplantations ont été réalisées dans les milieux récepteurs [*Information sensible*] selon les méthodes suivantes :

- La localisation, l'identification, la récolte et transplantation d'espèces végétales rares et à statut précaire ;
- Le design expérimental des patrons de plantation dans les parcelles des milieux récepteurs et la géolocalisation des plants ;
- La collection et l'apport en legs biologiques pour les parcelles sélectionnées à cet effet.

La transplantation des herbacées et des semis d'espèces rares et à statut précaire a été basée sur l'écologie des espèces dans le(s) milieu(x) récepteur(s) correspondant(s) (Rapport 1 - voir *Annexe B*). Ces transplantations ont été effectuées à l'automne, lorsque les plants étaient en dormance (section 2.2.6).

3.1.1. Aménagement des sites de plantation

Les milieux récepteurs destinés à la transplantation des herbacées et des semis d'espèces rares ou à statut précaire font partie d'un écosystème de friches. Les friches sont d'anciennes zones forestières déboisées par les agriculteurs pour être exploitées, qui ont ensuite été abandonnées, faute de récoltes satisfaisantes ou à cause d'autres raisons (légal par exemple). Elles offrent une certaine contrainte en termes de mauvais drainage (section 2.2.1). Ainsi, avant de procéder aux transplantations, un ameublement manuel du sol a été effectué. De plus, de la matière organique provenant du milieu d'origine des plants transplantés a été mélangée à l'intérieur des quadrats des herbacées et dans les trous creusés pour la transplantation des semis, à raison de 1 L par individu.

Au moment de l'acquisition du MR8, celui-ci était un champ agricole dans lequel était cultivé du maïs jusqu'au 27 octobre 2020. Après la récolte du maïs par l'agriculteur, un certain aménagement du site a dû être réalisé pour faciliter les travaux de transplantations et de mise en culture subséquente. Les tiges de maïs restantes au sol et la base des pieds encore érigés ont ainsi été retirées autant que possible à l'aide d'une petite chargeuse de type Bobcat pour libérer le sol. Cette méthode ne s'est révélée que partiellement efficace puisque le sol était trop boueux à la suite de fortes pluies (section 3.2.3).

3.1.2. Récolte des herbacées et des semis à statut précaire

La récolte des herbacées et des semis s'est faite à raison de deux ou trois espèces par jour, pour un total de 8 espèces (536 plants environ) réparties sur 4 jours (voir *Annexe A*). Parallèlement aux récoltes des individus, et à des dates différentes, une récolte de semences (samares, glands, noix, etc.) a été réalisée en vue de les cultiver *ex-situ* (en serres, pépinières ou milieu extérieur contrôlé) et de les planter ultérieurement *in situ* (dans les milieux dédiés au reboisement).

Chacune des espèces fut prélevée, en fonction du protocole prévu à cet effet (Rapport 1 - voir *Annexe B*), et manipulée avec grand soin afin de ne pas endommager l'intégrité des plants. Par exemple, les rhizomes de certaines espèces d'herbacées, comme la *Sanguinaria canadensis*, étaient plus fragiles que d'autres et nécessitaient une attention particulière (section 3.3.2).

Les outils et équipements nécessaires pour réaliser les récoltes et transport des herbacées incluaient entre autres : pelles, truelles, chariots, bacs de transport et sacs de polypropylène (Figure 6). Des détails exhaustifs concernant la récolte des herbacées et semis se trouvent à l'Annexe A.



Figure 6. Récolte de spécimens d'asaret du Canada (*Asarum canadense*)

De plus, à l'endroit de la récolte des spécimens, un prélèvement de matière organique a été réalisé pour ensuite être transporté jusqu'aux sites de transplantation dans le but d'inclure l'approche écosystémique à nos transplantations par l'apport de legs biologiques (Chapitre 5).

3.1.3. Transplantation des herbacées et des semis à statut précaire

L'emplacement des quadrats de transplantation de 1 m² (ou 2 m² pour les quadrats expérimentaux) aux milieux récepteurs fut déterminé selon les

besoins en luminosité et en espace des espèces (ex : à proximité des arbres pour favoriser ombrage partiel ou complet et offrir une protection au vent) (Figure 8). Un ameublement du sol à l'intérieur de ceux-ci fut ensuite réalisé et de la matière organique du milieu d'origine y fut mélangée (voir Annexe A).



Figure 7. Quadrats typiques de 1 m² effectués dans les milieux récepteurs pour les herbacées [Information sensible]

En tout, 511 individus d'herbacées rares et à statut précaire ont été transplantés en 2020, incluant l'asaret du Canada, le carex massette, l'iris de Virginie, la matteucie fougère-à-l'autruche, la sanguinaire du Canada et le trille blanc (Tableau 1). Sur ce nombre, 80 individus ont été transplantés dans [Information sensible], 40 dans [Information sensible], 55 dans [Information sensible] (Figure 8). Finalement, 336 individus ont été transplantés dans [Information sensible] (Figure 9) qui était d'un intérêt particulier compte tenu de ses caractéristiques biophysiques (qualité du sol, végétation indigène, ombrage naturel, absence d'EVEE, superficie) et de son accessibilité par la route.

Concernant la transplantation des semis d'arbres rares et à statut précaire, certaines contraintes vécues lors des transplantations (section 3.2) ont fait en sorte que leur nombre récolté fut plus faible que celui des herbacées. Ainsi, 41 semis de chêne bicolore et de caryer ovale, d'une hauteur comprise entre 30 et 100 cm, ont été transplantés dont 25 individus dans [Information sensible] et 16 semis dans [Information sensible] (Figure 8 et Figure 12).

[Information sensible]

**Figure 8. Cartographie des transplantations dans *[Information sensible]*
(Tableau 2)**

Les chiffres dans la légende indiquent le nombre d'individus plantés par quadrats de 1 m², chaque point représente un quadrat.

[Information sensible]

**Figure 9. Cartographie des transplantations dans *[Information sensible]*
(Tableau 2)**

Les chiffres dans la légende indiquent le nombre d'individus plantés par quadrats de 1 m² et chaque point représente un quadrat. Deux quadrats expérimentaux ont cependant une superficie de 2 m².

Tableau 2 : Espèces et densités des différents quadrats de transplantations

Espèces rares ou à statut	Nombre de plants récoltés	[Informa- tion sensible]	[Informa- tion sensible]	[Informa- tion sensible]	[Informa- tion sensible]
<i>Asarum canadense</i>	156	2 Q x 5 ind. 1 Q x 10 ind.	5 Q x 2 ind.	2 Q x 5 ind. 1 Q x 10 ind.	15 Q x 1 ind. 2 Q x 5 ind. 1 Q x 10 ind.
<i>Carex typhina</i>	50	2 Q x 5 ind.	5 Q x 1 ind. 1 Q x 5 ind.	N/A	3 Q x 10 ind.
<i>Iris virginica</i>	124	5 Q x 2 ind. 2 Q x 5 ind. 1 Q x 10 ind.	N/A	N/A	10 Q x 1 ind. 4 Q x 5 ind. 4 Q x 10 ind.
<i>Matteuccia struthiopteris</i>	71	N/A	5 Q x 1 ind. 1 Q x 5 ind.	1 Q x 5 ind. 1 Q x 10 ind.	5 Q x 1 ind. 2 Q x 5 ind. 1 Q x 10 ind.
<i>Sanguinaria canadensis</i>	88	2 Q x 5 ind. 1 Q x 10 ind.	5 Q x 2 ind.	2 Q x 5 ind. 1 Q x 10 ind.	15 Q x 1 ind. 2 Q x 5 ind. 1 Q x 10 ind.
<i>Trillium grandiflorum</i>	22	N/A	N/A	N/A	7 Q x 1 ind. 3 Q x 5 ind.
<i>Carya ovata</i>	5	5 Q x 1 ind.	N/A	N/A	N/A
<i>Quercus bicolor</i>	20	20 Q x 1 ind.	N/A	N/A	N/A
Quadrat expérimental 1 (2m²)	48	N/A	N/A	N/A	48 Asarum
Quadrat expérimental 2 (1m²)	26	N/A	N/A	N/A	3 Sanguinaria 23 Asarum
Quadrat expérimental 3 (2m²)	45	N/A	N/A	N/A	21 Matteuccia 24 Iris
TOTAL IND.	536	105	40	55	336

3.1.4. Prélèvement des gros arbres

À la suite des inventaires floristiques compris dans la caractérisation du secteur, des individus d'arbres matures appartenant à des espèces rares, à statut précaire ou à des espèces accompagnatrices situées sur le tracé de l'autoroute, ont été identifiés pour leur prélèvement éventuel et leur transplantation vers le MR8A en novembre 2020. Les zones 5 et 8 (Figure 5) sont les deux principaux sites qui se trouvaient sur la trajectoire de la construction de l'autoroute 35 et qui ont été exploités pour la récolte des arbres.

En termes d'accessibilité aux sites des gros arbres à récolter, la présence d'un fossé adjacent à la zone 8 représentait un obstacle pour l'accès par la machinerie lourde. Un remblai temporaire a donc été mis en place entre la route et la végétation pour accéder aux arbres avec la transplanteuse² (voir *Annexe A*). Concernant la zone 5, celle-ci était facilement accessible par le chemin du Bois et les aménagements préalables pour récolter les arbres n'ont nécessité que la coupe de certaines branches afin de faciliter le passage de la machinerie.

Seuls les arbres et arbustes représentant un intérêt pour leur essence, qui étaient facilement accessibles par la transplanteuse (route, absence d'obstacles, dégagés d'autres arbres), et dont les dimensions permettaient la transplantation ont été choisis pour être inclus dans les patrons de MR8A. D'autres gaules et semis de grande taille ont été récoltés à l'aide d'une excavatrice. Également, dans la même optique que pour la transplantation des herbacées, de la matière organique du milieu d'origine des arbres a été recueillie afin d'être appliquée dans certaines parcelles du MR8A (section 3.1.6).

Les patrons de plantation du MR8A ont été basés sur un modèle de coupe de rétention variable, c'est-à-dire qu'à l'intérieur des parcelles (16 m X 25 m), deux patrons différents étaient testés, soit : des arbres regroupés (distance de 3 à 4 m entre chacun) ou isolés (distance de 7 à 10 m entre chacun) (section 5.6.6). Un ordre de logistique en considération de ces patrons (voir la section suivante) a ensuite permis de procéder aux transplantations sans menacer l'intégralité des plants présents dans les parcelles (Figure 11 et Figure 12).

² Une transplanteuse est par définition une machine qui transplante. Dans ce cas-ci, il s'agit d'un camion de même taille qu'un 10 roues, muni de lames agencées en cercle sur son train arrière permettant d'extraire du sol un arbre mature allant jusqu'à 25 cm de DHP et de le maintenir en motte jusqu'au site de transplantation où le dépose dans un trou préalablement fait avec ces mêmes lames (Figure 10 et Figure 11).

3.1.5. Transplantation des gros arbres

Comme discuté à la section précédente, la transplantation des gros arbres a été basée sur la logistique des manœuvres de la transplanteuse. Ainsi, la transplanteuse doit effectuer un trou à l'emplacement désigné sur le milieu récepteur qui soit proportionnel aux dimensions de l'individu sélectionné (Figure 10). De plus, la visualisation spatiale de l'emplacement de l'arbre à transplanter a permis d'éviter de repasser à proximité des arbres plantés avec la machinerie lourde et ainsi de minimiser les potentielles atteintes physiques aux arbres (Figure 11 et Figure 12). La terre excavée à cette occasion a également permis de reboucher les trous créés dans les zones de prélèvements et ainsi minimiser la perturbation et l'érosion des sols de ces secteurs.

Pour les semis et gaules ayant été récoltés à l'aide d'une excavatrice, ceux-ci ont ensuite été plantés à la main dans leur emplacement respectif. La transplantation des gros arbres dans le MR8A s'est terminée à la fin du mois de novembre 2020.



Figure 10. Transplantation des gros arbres dans MR8A



Figure 11. Transplantations dans le MR8A à la fin du mois de novembre 2020
Le nouveau fossé créé par le MTQ se trouve du côté opposé duquel la photo a été prise.

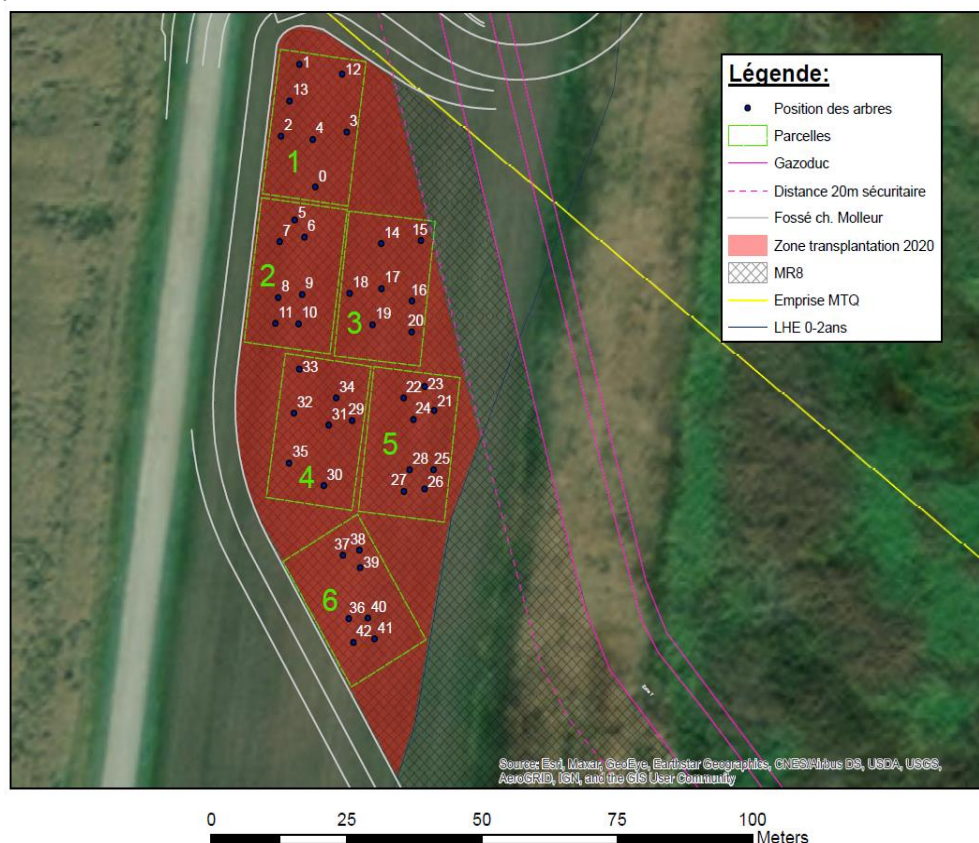


Figure 12. Cartographie des transplantations effectuées dans MR8A
Les chiffres en vert représentent les numéros de parcelles et les chiffres en blanc la numérotation des arbres. Se référer au Tableau 3 ci-dessous pour la correspondance des numéros aux essences.

Tableau 3 : Nom des espèces transplantées en fonction de leur numéro sur la carte (Figure 12)

Parcelle	No. sur la carte	Espèces
1	0	<i>Ulmus americana</i>
	1	<i>Ulmus americana</i>
	2	<i>Acer saccharinum</i>
	3	<i>Salix sp.</i>
	4	<i>Populus deltoides</i>
	12	<i>Populus deltoides</i>
	13	<i>Populus tremuloides</i>
2	5	<i>Acer saccharinum</i>
	6	<i>Fraxinus pennsylvanica</i>
	7	<u>Quercus bicolor</u> (+ <i>Acer saccharinum</i>)
	8	<i>Cornus stolonifera</i>
	9	<i>Cornus stolonifera</i>
	10	<i>Acer saccharinum</i> (+ <u>Quercus bicolor</u>)
	11	<i>Salix x fragilis</i>
3	14	<i>Ulmus americana</i>
	15	<i>Crataegus sp.</i>
	16	<i>Populus deltoides</i>
	17	<i>Salix sp.</i>
	18	<i>Populus deltoides</i>
	19	<u>Quercus bicolor</u>
	20	<i>Fraxinus pennsylvanica</i>
4	29	<i>Ulmus americana</i>
	30	<i>Ulmus americana</i>
	31	<i>Salix sp.</i>
	32	<i>Fraxinus americana</i>
	33	<i>Alnus rugosa</i>
	34	<i>Populus deltoides</i>
	35	<i>Populus deltoides</i>
5	21	<i>Quercus macrocarpa</i>
	22	<i>Crataegus sp.</i>
	23	<i>Cornus stolonifera</i> (+ <i>Fraxinus pennsylvanica</i>)
	24	<i>Quercus bicolor</i>
	25	<i>Acer saccharinum</i>
	26	<u>Quercus bicolor</u>
	27	<i>Fraxinus pennsylvanica</i>
	28	<i>Carya ovata</i>
6	36	<u>Quercus bicolor</u>
	37	<i>Acer saccharinum</i>
	38	<i>Fraxinus pennsylvanica</i>
	39	<u>Quercus bicolor</u> (x2)
	40	<i>Acer saccharinum</i>
	41	<i>Crataegus sp.</i>
	42	<i>Cornus stolonifera</i>

Légende : les espèces **soulignées** sont les espèces rares ou à statut précaire

D'autres aménagements et plantations sont prévus à l'intérieur des parcelles de ce milieu récepteur en 2021 (section 5.6.6). De manière à créer des strates végétales diversifiées pour l'utilisation par diverses espèces fauniques, une plantation de semis et d'arbustes complétera la composition

et les densités variées visées dans cette zone de reboisement. Parmi les aménagements prévus, la disposition de legs biologiques ligneux de différents calibres et de matière organique est réalisée (section 3.1.6) en vue d'appliquer l'approche écosystémique au sein du projet de restauration.



Figure 13. Vue d'ensemble de l'évolution des transplantations dans MR8A

La photo du haut a été prise au début du mois de novembre 2020 et correspond à la première semaine des travaux. Alors que la photo du bas montre les plantations de 2020 complétées à la fin du mois de novembre. Des conditions climatiques différentes y sont observées dues aux contraintes de mobilité causées par la météo changeante (section 3.2.3).

3.1.6. Mise en place des legs biologiques

Des legs biologiques en provenance des milieux naturels d'où viennent les arbres transplantés, tels que du bois mort (billots, branches et copeaux de bois) et de la matière organique (terre et feuilles mortes), ont été prélevés dans le but de couvrir 75 % des parcelles de MR8A. Alors que, pour des fins expérimentales, nous avons conservé 25 % de la superficie des parcelles sans ajout de legs comme témoins.

La mise en place de legs biologiques permettra de favoriser la biodiversité et les services rendus par l'écosystème (Chapitre 5). Plus particulièrement, ceci aura pour effet de stimuler la vie dans le sol et les fonctions qui y sont reliés (fixation du carbone, conversion des nutriments en forme assimilable par les végétaux, filtration de l'eau, etc.), en plus d'offrir des structures utilisables par la faune de différentes tailles (pédofaune, micromammifères, etc.). Ainsi, cette étape facilitera l'établissement, la croissance et la reproduction des végétaux nouvellement transplantés (St-Denis *et al.*, 2017).

Autant que possible, les legs biologiques récoltés proviennent des lieux de récolte des espèces, afin de respecter l'approche écosystémique développée au Chapitre 5. Par exemple, pour les herbacées, de la terre et de la litière située juste à côté des individus récoltés ont été prélevées pour être épandues dans les quadrats de transplantations. De surcroît, des feuilles et des branches se trouvant déjà dans les milieux récepteurs ont été utilisées pour recouvrir les quadrats d'herbacées une fois qu'ils aient été plantés, afin de prévenir le sol de l'érosion et de conserver son humidité (Figure 14).



Figure 14. Ajout de feuilles mortes sur un quadrat d'asaret du Canada

Concernant les arbres transplantés dans le MR8A (Tableau 3), les legs biologiques (bois, feuilles, terre) apportés provenaient exclusivement d'une des deux zones où ont été prélevés les arbres (Figure 15, Figure 16 et Figure 17).



Figure 15. Premiers empilements de terre provenant des milieux de récolte des arbres en bordure de MR8A en vue d'un épandage subséquent sur les parcelles



Figure 16. Récolte des feuilles mortes pour le MR8A

Concernant les débris ligneux, ceux-ci provenaient essentiellement des arbres et des branches préalablement coupés en zone 5, pour faciliter le passage subséquent de la transplanteuse jusqu'aux arbres d'intérêt pour leur prélèvement. Il s'agit donc de branches de petites et moyennes tailles (2 à 10 cm de diamètre environ) et de billots coupés en morceaux (de 10 à 20 cm de DHP et de 50 cm à 1 m de long environ).

Les morceaux de fortes dimensions (troncs et billots) et les branches ont été déplacés afin de fournir des habitats pour la macrofaune et mésofaune. Une quantité de bois a servi à créer des copeaux qui ont permis d'augmenter la quantité et la superficie de matière organique répandue au sol (Figure 17).



Figure 17. Déchiquetage de branches dans le MR8A en décembre 2020 pour en faire du paillis

3.2. Imprévus survenus lors des transplantations

Plusieurs imprévus ont fait en sorte que les délais des travaux de transplantation ont été prolongés ou retardés. Parmi ceux-ci se trouvent : l'absence ou le manque de certaines espèces végétales à statut précaire au moment de la récolte, la difficulté d'accès aux sites de transplantations au moment des travaux ainsi que la météo qui a considérablement influencé les conditions du sol et limité l'opération de la machinerie lourde, de même que la coordination des travaux avec ceux du MTQ.

3.2.1. Absence de certaines espèces végétales à statut précaire

En dépit des informations obtenues concernant la localisation des espèces à transplanter et des investigations effectuées à l'été et à l'automne 2020, certaines espèces végétales à statut précaire étaient absentes ou manquantes, et nous n'avons donc pas pu les récolter et procéder à leur transplantation. De même, considérant que le contrat a été signé en juillet 2020, il fut impossible pour nous de procéder préalablement aux recherches sur le terrain.

Parmi les espèces qui étaient absentes lors de l'inventaire 2020 se trouvaient l'ail des bois (*Allium tricoccum*) et la dentaire à deux feuilles (*Cardamine diphylla*) qui sont des espèces printanières (Rapport 1 - voir Annexe B). Il est donc possible que le moment d'investigation de ces espèces ait été trop tardif afin de les repérer, mais il est également possible que l'ail des bois en particulier ait été récolté par la population. Une nouvelle recherche sera réalisée au printemps 2021 pour identifier ces espèces à l'intérieur de l'emprise routière.

Également, en ce qui concerne les arbres, seulement un individu mature de noyer cendré (*Juglans cinerea*) a été trouvé en 2020 et aucun individu de souche pure d'érable noir (*Acer nigrum*), n'a été trouvé sur les lieux, seulement des hybrides (hybridation possible avec *A. saccharum*). Possiblement dû au moment de fructification de l'érable noir ou dû à la prédation de la faune locale (écureuils notamment), aucune semence n'a été trouvée non plus pour procéder à une germination en serre. De nouvelles recherches pour récolter des semis ou des semences de ces deux espèces sont envisagées en 2021 dans des populations établies de la région qui sont connues du Centre de Données sur le Patrimoine Naturel du Québec (CDPNQ).

De plus, certains semis d'espèce d'arbres furent rencontrés dans des quantités faibles dans les immeubles excédentaires du MTQ. C'est notamment le cas du caryer ovale (*Carya ovata*) et du chêne bicolore (*Quercus bicolor*). Cependant, pour ces espèces, des fruits (noix et glands) ont pu être récoltés sur le terrain afin de les faire germer et croître de façon *ex-situ* (serres ou pépinières), en vue d'une plantation éventuelle. L'ensemencement direct en milieu *in situ* est aussi envisagé, toutefois une stratégie de protection et entretien conséquente devra être développée s'il est réalisé (section 6.1). Cette approche permettrait non seulement de maintenir la présence de ces espèces à statut dans le secteur, mais aussi de conserver la génétique locale des espèces et d'optimiser ainsi le succès et la résilience de la forêt créée.

Pour les espèces manquantes ou difficiles à trouver, l'acquisition de spécimens issus de croissance en milieux *ex-situ* est aussi envisagée afin d'augmenter le nombre d'espèces rares et à statut sur le projet de compensation.

3.2.2. Accessibilité aux sites

Puisque le projet de compensation est situé sur des terrains enclavés par l'autoroute, l'accessibilité aux sites de plantations s'est avérée problématique à l'automne 2020, car à ce moment ces terres étaient encore cultivées par des agriculteurs. Ceci a fait en sorte que l'accès par voie terrestre était considérablement limité vers les milieux récepteurs (Figure 1). Une logistique de transport a alors dû être mise en place pour remédier à l'absence d'accès routier et l'utilisation d'une embarcation à moteur de type chaloupe a été retenue pour traverser la rivière aux Brochets et atteindre la rive est vers les milieux récepteurs sélectionnés pour les transplantations (Figure 18).

Cette contrainte a fait en sorte que nous avons dû déplacer non seulement les plants, mais aussi l'ensemble du matériel nécessaire et toute l'équipe de

plantation d'une rive à l'autre, et ce, autant de fois que nécessaire afin de réaliser toutes nos transplantations. Plus de détails à cet effet concernant les impacts de cette problématique sont inclus à l'Annexe A, mais en somme, les manipulations et les déplacements nécessaires pour accéder aux sites ont entraîné une prolongation dans les délais de transplantation prévus. Pour les années à suivre, de nouveaux accès pourraient nous être octroyés via les terres enclavées, mais dans tous les cas, une fenêtre de temps plus généreuse sera conférée au transport en lien avec les travaux à réaliser sur la rive est de la rivière aux Brochets dans le cas où l'embarcation moteur soit notre meilleure option.

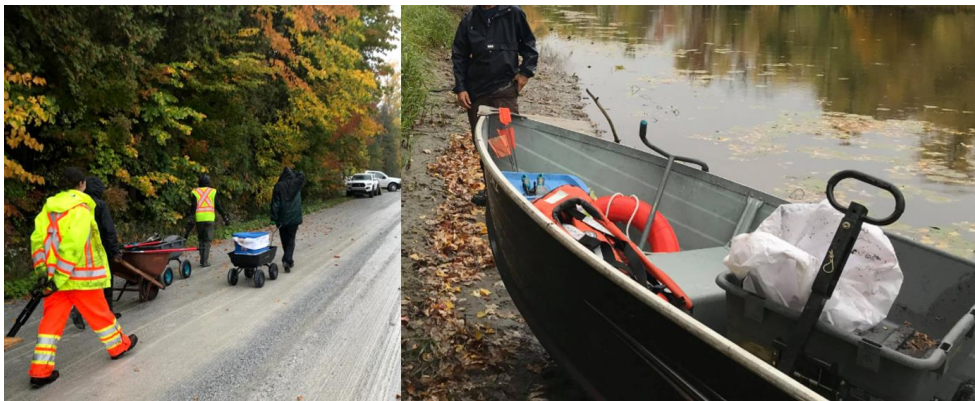


Figure 18. Transport des plants, de la matière organique et du matériel de transplantation, à la suite de la récolte, vers les milieux récepteurs

3.2.3. *Météo et conditions du sol*

Les conditions météorologiques en automne ont fait en sorte que certains travaux dans le MR8A ont dû être décalés de plusieurs semaines (Figure 13). Puisque les transplantations prévues dans les parcelles de MR8A nécessitaient un accès sur les terres avec des véhicules et de la machinerie lourde, le sol devait être sec au moment des travaux. Or, les conditions de pluie, de neige et la température fluctuante ont fait en sorte que le sol a longtemps été saturé en eau, offrant des conditions trop difficiles pour circuler aisément sur cette terre agricole sans risque de s'embourber. Il fallut donc attendre que le sol soit suffisamment gelé, et donc solide, afin de poursuivre les travaux de transplantations des gros arbres, ce qui retarda de quelques semaines les délais fixés.

3.2.4. *Coordination des travaux MTQ et UQAM*

La création d'un nouveau fossé routier sur le chemin Molleur s'est faite de façon simultanée à nos opérations dans le MR8 concernant la transplantation des gros arbres avec de la machinerie lourde. Nous avons donc dû ajuster notre séquence de logistique des travaux en fonction des accès disponibles. Ainsi, la séquence de plantation des parcelles a dû être

modifiée dans le temps pour assurer un accès à la transplanteuse afin de ne pas repasser sur des parcelles déjà plantées ou de traverser la zone de chantier du fossé (Figure 11 et Figure 12).

3.3. Recommandations pour les futurs projets de transplantation

Certaines recommandations seraient pertinentes à considérer au sujet des transplantations, comme : les recommandations spécifiques pour certaines des espèces floristiques rares et à statut précaire, le matériel utilisé, ainsi que pour l'orchestration des travaux incluant les déplacements et les aménagements à prévoir.

3.3.1. Logistique et matériel à prévoir

L'expérience gagnée en 2020 concernant le temps et les contraintes de transplantation (déplacements, obstacles, etc.) aidera à planifier un échéancier plus réaliste pour s'assurer une efficacité accrue lors des travaux de 2021. Une plage horaire conçue pour chaque jour peut permettre de minimiser les déplacements, coordonner la récolte de certaines espèces spécifiques en fonction de leur emplacement initial et du lieu désigné pour leur transplantation. En 2020, cette organisation a permis de déterminer un nombre réaliste d'espèces (deux à trois) pouvant être récolté et transplanté par jour afin que tous les spécimens se retrouvent dans leur nouveau milieu récepteur dans les heures suivant leur récolte. Pour le futur, une planification réaliste et exhaustive est recommandée pour procéder à une transplantation efficace, incluant : le nombre d'individus à transplanter, leur localisation actuelle et future, les modes de transports à employer et le nombre de personnes disponibles.

Concernant le matériel à prévoir, un équipement de qualité, léger et favorisant des déplacements tout terrain est indispensable. Par exemple, les chariots possédant quatre roues et une bonne mobilité sont recommandés, car ils offrent une stabilité notable et appréciable, comparativement à une brouette qui ne possède qu'une roue située à l'avant (*voir Annexe A*). Du matériel est aussi nécessaire pour surmonter les contraintes en lien avec l'accessibilité aux sites. Notamment, lorsqu'un passage à gué était impossible (profondeur trop importante), nous avons déployé des feuilles de contreplaqués pour créer un pont temporaire (Figure 19). Cette méthode s'est avérée efficace et nous la recommandons là où la végétation le permet (certains ruisseaux comportaient une végétation aquatique dense qui empêchait la création de ponts). De surcroît, dans le futur, des planches de type 2" x 4" pourraient être pratiques à poser sous le contreplaqué pour créer une structure plus stable et aussi éviter de voir dériver les planches avec la montée des courants (*voir Annexe A* au besoin).



Figure 19. Pont temporaire créé pour traverser le ruisseau Louis-Rochelleau
L'endroit pour effectuer la traversée avec le matériel fut choisi en fonction de la profondeur et de la largeur du ruisseau, mais également en fonction de la densité de végétation. Malgré qu'il fût occasionnellement inmanquable d'écraser quelques quenouilles dans les ruisseaux, nous avons choisi un lieu visant à limiter au maximum notre impact considérant toutes les contraintes.

Une autre considération concerne la sécurité du matériel laissé temporairement sur le terrain. En effet, en 2020, nous avons laissé nos chariots sur le site de transplantation du MR8A et, malgré que ceux-ci étaient attachés et sécurisés, nous avons été victimes de vol. Puisque l'équipement ne pourra pas être déplacé quotidiennement durant les activités futures, un conteneur sera mis à notre disponibilité pour y confiner notre matériel de manière plus sécuritaire et hors vue de malfaiteurs.

3.3.2. Recommandations spécifiques pour certaines espèces

Puisque certaines espèces végétales rares et à statut précaire ont présenté quelques défis à relever lors de leur récolte et de leur transplantation, des recommandations spécifiques sont émises pour le futur. Notamment :

- *Le caryer ovale* : La racine pivot du caryer ovale a été problématique au moment de la récolte manuelle des semis. La racine de cette espèce est reconnue pour s'enfoncer très profondément dans le sol, ce qui a rendu la récolte manuelle des semis ardue et compliquée pour ne pas endommager l'intégrité physique du plant.
- *L'iris de Virginie* : L'identification de l'iris de Virginie a posé un léger problème au moment de sa récolte, puisque les plantes avaient perdu leurs fleurs distinctives et que d'autres espèces d'Iris étaient présentes dans les mêmes secteurs (*Iris versicolor* et *Iris pseudacorus*). L'identification lors de la floraison et le marquage (ruban fluorescent) sont donc recommandés. Dans les faits, nous

recommandons aussi d'appliquer cette technique de façon générale pour les espèces herbacées lorsque les fleurs sont présentes au printemps ou en été afin de faciliter leur identification aux moments des transplantations en automne.

- *La sanguinaire du Canada* : Le rhizome de cette espèce est très cassant et se trouve souvent enfoui entre des roches. Les manipulations doivent se faire de manière délicate et graduelle afin d'éviter tout bris physique qui menacerait la survie du plant.
- *Le trille blanc* : À l'exception de la couleur des fleurs, le trille blanc peut facilement être confondu avec le trille rouge (*Trillium erectum*) et donc une identification au moment de la floraison et un marquage sont nécessaires.
- *Le chêne bicolore* : Les recommandations pour cette espèce sont sommairement les mêmes que pour le caryer ovale.

4. DÉTAILS SUR LE BILAN DU CARBONE

Dans son plan d'action de développement durable en 2020, le MTQ s'est engagé à devenir carboneutre et à mettre en place des actions d'évitement et de réduction à la source des émissions de GES générées par ses activités, ainsi que de compensation celles qui n'auront pas pu être évitées (MTMDET, 2017). À cet effet, le MTQ a adopté, en juillet 2019, une *Directive pour la gestion du carbone lié aux projets routiers de 100 M\$ et plus*. Cette directive rend obligatoire l'approche carboneutre pour tout nouveau projet routier de cette ampleur. Le Plan stratégique 2019-2023 du MTQ vient aussi fixer un objectif de carboneutralité pour ce type de projets routiers.

Le projet de prolongement de l'A35 étant déjà commencé avant l'adoption de cette directive, le Ministère n'a donc pas d'obligation de rencontrer la carboneutralité. Il cherche plutôt à réaliser le bilan du carbone du projet de compensation de façon à pouvoir obtenir des informations sur des stratégies qui pourraient être intéressantes à reproduire lorsqu'un objectif de carboneutralité doit être appliqué.

La construction de l'autoroute et le reboisement des immeubles excédentaires du MTQ modifieront le bilan de carbone du secteur. Ainsi, le bilan carbone sera évalué avant, pendant et après les travaux à l'intérieur de différents milieux, soit : dans les milieux hydriques (rivière aux Brochets, ruisseaux et le futur habitat du poisson qui sera créé), dans les milieux humides qui seront aménagés et dans les différents milieux terrestres (zones de reboisement et forêt adjacente). Les protocoles exhaustifs concernant le

suivi du carbone aquatique et du carbone terrestre seront abordés au Chapitre 7.

4.1. Milieux hydriques

Les milieux hydriques sont extrêmement dynamiques et changeants, car ils impliquent des ajouts fréquents d'éléments organiques, en particulier lors d'averses, de périodes d'inondations et par le ruissellement (Prairie, 2008). À l'intérieur des immeubles excédentaires du MTQ se trouvent des milieux hydriques déjà existants, soit la rivière aux Brochets, ainsi que les ruisseaux Bellefroid-Archambault, Edwin et Louis-Rochelleau. Des échantillonnages ont ainsi été pris dans ces cours d'eau à l'année 2020 par l'équipe du Dr Prairie, soit avant traitements (aménagements et plantations), afin de suivre l'évolution du carbone aquatique dans le temps (Figure 20). Accessoirement, un nouveau milieu hydrique sera créé par le Groupe DDM, à la demande du MTQ, en bordure du prolongement de l'autoroute sur la rive Est de la rivière aux Brochets pour en faire un habitat du poisson.

Il est à noter que, malgré la définition de milieu hydrique du MELCC incluant tout ce qui est sous la LHE et les plaines inondables, nous ne tiendrons compte ici que de l'analyse spécifique aux ruisseaux, rivière et futur habitat du poisson dans le bilan carbone du projet.

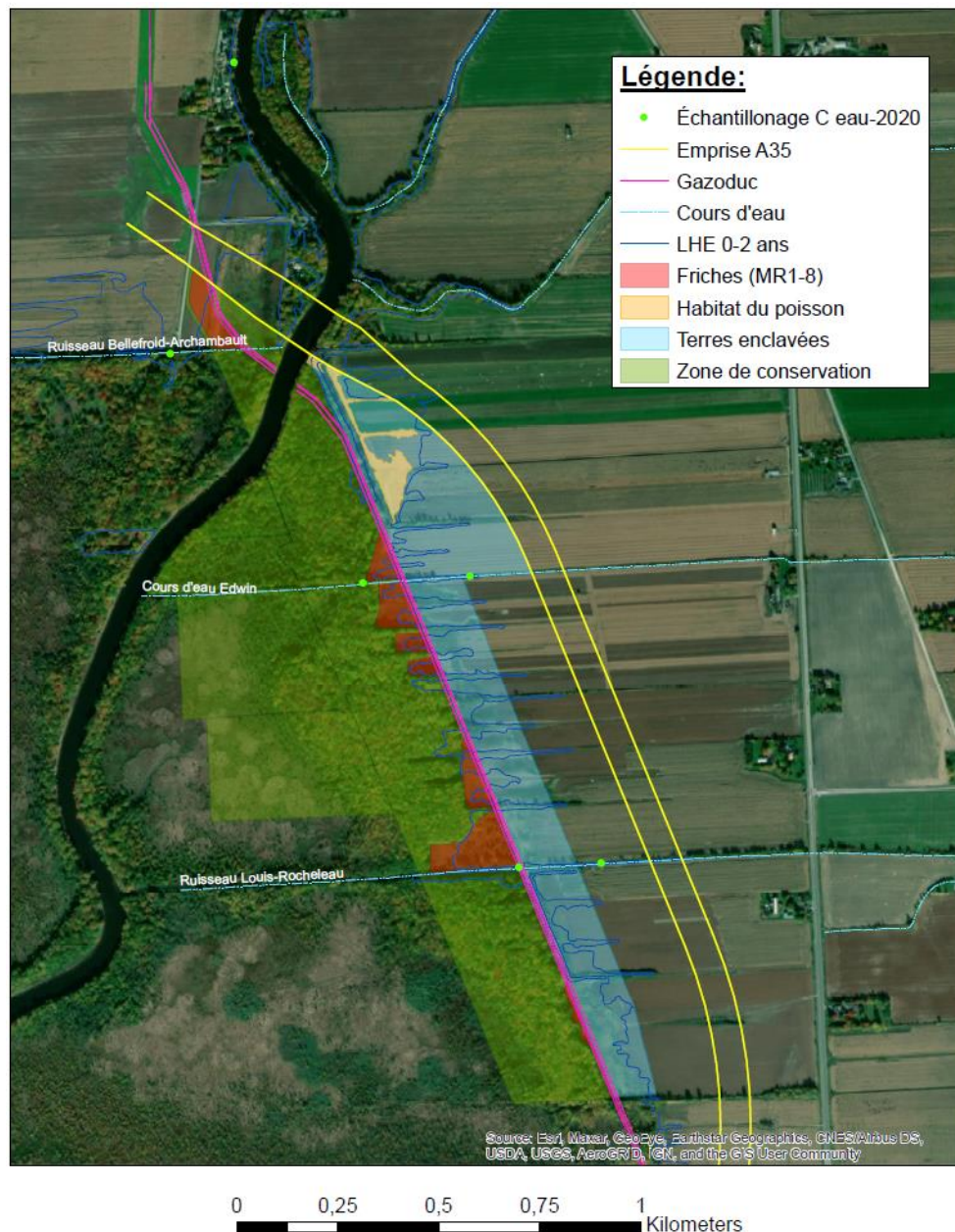


Figure 20. Cartographie avec les points d'échantillonnages pour le carbone aquatique (amont et aval)

À noter qu'aucun point d'échantillonnage n'a été pris en aval du ruisseau Bellefroid-Archambault, puisque la construction du nouveau fossé au niveau du chemin Molleur était déjà complétée et qu'il était donc impossible d'avoir un échantillonnage au temps 0. De plus, des collègues du Dr Yves Prairie ont déjà en leur possession des données des conditions physiques et biochimiques de l'eau à l'exutoire de la rivière aux Brochets.

Les écosystèmes aquatiques ont un rôle influent sur le climat régional (échange de chaleur et d'eau) en plus de participer au cycle du carbone qui agit sur le climat global (Tranvik *et al.*, 2009). Il est donc connu que ces

écosystèmes émettent naturellement des GES et la création d'un nouvel habitat du poisson dans les terres enclavées (Figure 20) risque d'être une nouvelle source d'émissions dans le bilan carbone du projet. Ainsi, nos travaux évalueront si le bilan de carbone après les interventions (autoroute, plantations et création de l'habitat du poisson) sera équivalent à celui de départ.

De plus, puisque les écosystèmes aquatiques et leurs plantes sont reconnus pour libérer du méthane (CH_4), un autre gaz à effet de serre, des analyses en ce sens seront également considérées pour les milieux hydriques et humides. Nos analyses tiendront donc compte de plusieurs GES émis.

Finalement, de sorte à maintenir et augmenter le couvert d'arbres en plus de protéger les habitats, une bande riveraine (largeur de 10-15 m) sera aménagée par le groupe DDM en marge des milieux humides aménagés (terrasses alluviales) et des plantations seront réalisées autour de l'habitat du poisson pour restaurer les lieux, ce qui aura pour effet d'influencer le bilan de carbone. Il est à noter que l'équipe de l'UQAM ne prend pas part à l'élaboration des travaux qui seront réalisés par le groupe DDM. Ainsi, la composition et les dimensions de la bande riveraine restent à être élaborées et déterminées par le groupe DDM, engagé par le MTQ.

4.2. Milieux humides

Les milieux humides sont des écosystèmes ayant un rôle important dans la dynamique du carbone puisqu'ils agissent comme réservoir (Pellerin & Poulin, 2013). Les milieux humides naturellement présents sur le site comprennent la forêt marécageuse dans les zones conservées, mais plus particulièrement des marais de quenouille au sud. D'autres milieux humides artificiels de type terrasses alluviales doivent être aménagés aux abords des ruisseaux Edwin et Louis-Rochelleau (Figure 20) par le groupe DDM, à la demande du MTQ. Pour l'instant, ces ruisseaux correspondent à des lits mineurs, mais cette modification topographique vise à entraîner un changement vers des lits moyens et permettre le débordement des cours d'eau durant les périodes d'inondations.

4.3. Milieux terrestres

Les différents types de milieux terrestres qui sont compris sur les immeubles excédentaires du MTQ sont : les milieux récepteurs (friches et anciennes terres agricoles), les terres enclavées (milieu de compensation) et la forêt adjacente (zone de conservation) (Figure 3 et Figure 20). Ces milieux seront échantillonnés dans le temps pour évaluer leur séquestration du carbone. Il

sera ainsi possible de mesurer l'effet des différents aménagements et des plantations sur le bilan.

Les sols forestiers sont d'importants réservoirs de carbone et séquestrent beaucoup plus de carbone par unité de surface que d'autres écosystèmes terrestres, à l'exception des tourbières (MFFP, 2001). Nous porterons donc une attention particulière à la modification du bilan du carbone des sols lors de leurs transitions de caractère agricole à forestier. Selon le Dr Bélanger, une transition de cette envergure sera considérablement longue, soit entre 20 à 30 ans, alors qu'un podzol, par exemple, peut prendre plusieurs centaines d'années avant de se former complètement. Cette transition à la suite d'un reboisement sera beaucoup plus rapide à observer au niveau de l'accumulation et de la redistribution du carbone dans le sol, soit à l'intérieur de 10 ans (Paul *et al.*, 2002).

La séquestration du carbone dans le sol devrait normalement augmenter dans le temps après un reboisement. Néanmoins, les résultats qui seront observés dépendent de certains facteurs, comme : l'usage et type de sol initial, du climat et du type de peuplement forestier qui y sera planté (Li *et al.*, 2012). Par exemple, le sol agricole initial, qui est présent le MR8 et dans les terres enclavées, peut contenir des quantités substantielles de carbone qui sont susceptibles d'être dégradées après un reboisement. Également, il faut noter qu'aux premiers stades de développement des semis d'arbre, un faible apport de carbone est généralement observé, dû à une faible productivité. Il peut alors s'écouler trois ans avant de percevoir une augmentation de carbone dans le sol (Pinno & Bélanger, 2008). Il demeure donc possible que la quantité de carbone observée à la suite d'un reboisement soit inférieure à celle observée initialement dans les terres agricoles, puisque l'application de fertilisant contribue à l'accumulation de nutriments et, par conséquent, à la productivité de carbone par les plants (Nilsson & Schopfhauser, 1995).

Nous comparerons donc la séquestration du carbone en fonction des différents milieux initiaux. D'autre part, le type d'arbres plantés (Tableau 4) influence aussi la dynamique du carbone dans le sol, et donc nos patrons de plantations, selon leur composition, dimension et leur densité, auront possiblement un effet différent sur la modification du bilan (Paul *et al.*, 2002). Également, le bilan du carbone des sols où de la matière organique a été ajoutée et de ceux demeurant sans ajout sera mesuré, car l'ajout de legs pourrait entraîner des variations dans le bilan carbone aux endroits où ils sont employés.

Tableau 4 : Catégorisation des différentes essences en fonction de leur rôle au sein de la succession végétale et de leur caractère hydrophile

Type d'espèce	Essences pionnières	Essences intermédiaires	Essences de fin de succession
Essences de milieux humides	<i>Alnus rugosa</i> <i>Populus deltoides</i> <i>Salix sp.</i> <i>Sambucus canadensis</i>	<i>Acer rubrum</i> <i>Acer saccharinum</i> <i>Fraxinus nigra</i> <i>Fraxinus pennsylvanica</i> <u>Quercus bicolor</u> <i>Ulmus americana</i>	<i>Thuja occidentalis</i>
Essences de milieux forestiers	<i>Betula papyrifera</i> <u>Crataegus crus-galli</u> <i>Juniperus virginiana</i> <u>Pinus rigida</u> <i>Populus tremuloides</i> <i>Prunus serotina</i>	<i>Acer saccharum</i> <i>Betula alleghaniensis</i> <u>Carpinus caroliniana</u> <i>Carya cordiformis</i> <u>Carya ovata</u> <u>Celtis occidentalis</u> <i>Fraxinus americana</i> <i>Juglans cinerea</i> <i>Pinus strobus</i> <u>Quercus alba</u> <i>Quercus macrocarpa</i> <i>Quercus rubra</i> <i>Ulmus rubra</i> <i>Ulmus thomasi</i>	<i>Abies balsamea</i> <u>Acer nigrum</u> <i>Fagus grandifolia</i> <i>Ostrya virginiana</i> <i>Tilia americana</i> <i>Tsuga canadensis</i>

Légende : Les espèces **soulignées** sont les espèces rares au Québec ou ayant un statut précaire

De plus, la diversité présente dans le sol participe au cycle du carbone et peut donc influencer le bilan carbone qui sera observé. Ainsi, la colonisation par les espèces associées à la décomposition dans le sol (pédofaune) sera aussi influente sur le bilan en fonction des différents patrons de plantation et de la recolonisation par ce type de faune. C'est pourquoi le suivi de l'évolution de la pédofaune et de la séquestration du carbone dans le sol sera également réalisé en ce sens. Qui plus est, la présence de pédofaune est un indicateur important de biodiversité et de restauration des fonctions écologiques des sites (section 7.4).

Comme pour le carbone aquatique, une caractérisation du carbone dans les sols fut effectuée en 2020 par l'équipe du Dr Nicolas Bélanger, soit avant traitement, de façon à pouvoir suivre l'évolution du carbone terrestre dans le temps. L'échantillonnage a été divisé de la façon suivante : cultures agricoles « régulières » (maïs-soja) ; cultures fourragères (foin) ; milieux forestiers ; milieux en friches. Dans les Figure 21 et Figure 22, il est possible de voir la localisation des points d'échantillonnages pour le carbone terrestre.

En soi, les terres enclavées n'ont pas été échantillonnées de façon exhaustive, puisqu'il n'y a pas assez de variations possibles dans le bilan

carbone des différents champs agricoles. Les données prises dans MR8 (champ de maïs) seront donc appliquées pour le restant des zones agricoles.

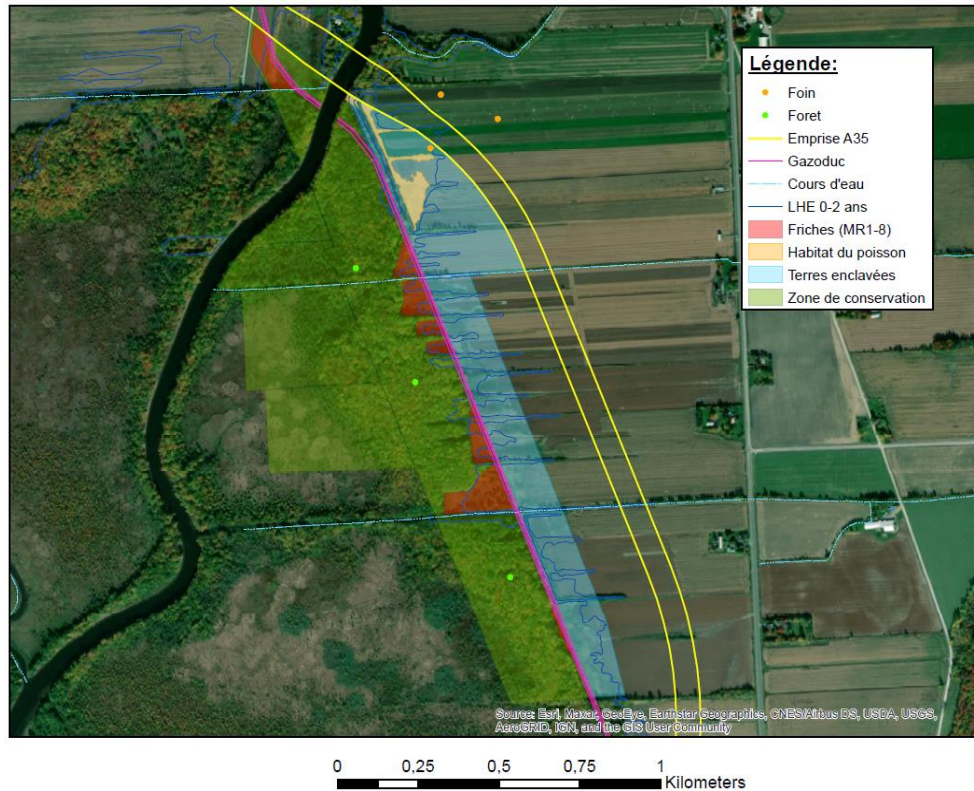


Figure 21. Cartographie des points d'échantillonnage pour le carbone terrestre dans les milieux forestiers et les cultures fourragères



Figure 22. Cartographie des points d'échantillonnage pour le carbone terrestre dans les milieux en friches (MR1-7) et dans les cultures « régulières » (MR8)

5. PATRONS D'AMÉNAGEMENT ÉCOSYSTÉMIQUE

L'application de divers patrons d'aménagement permettra de créer une composition d'espèces et une structure, comparables à celles de la forêt marécageuse adjacente (actuelle ou historique), sans toutefois en être identiques. Les différents patrons d'aménagements et de plantations envisagés visent principalement à conserver et à augmenter la biodiversité du secteur, tant floristique que faunique, et de recréer les services offerts par les écosystèmes forestiers, comme la séquestration du carbone (Chapitre 4). Ainsi, la restauration en forêt de ce milieu perturbé (anciennes

terres agricoles exploitées et friches) devrait pouvoir se faire de manière adaptative et dynamique, de façon à créer une forêt résiliente face aux changements climatiques et limiter la fragmentation d'habitats (Chazdon, 2008).

L'application de divers patrons d'aménagement écosystémique pourrait permettre d'accélérer la vitesse de succession forestière. Afin d'assurer le succès de cette approche, des méthodes de suivis (Chapitre 7) s'appliquant aux différents volets, incluant la survie et la croissance des arbres, l'évolution de la canopée, le suivi faunique et le bilan carbone seront effectués jusqu'en 2033.

Pour 2021, les arbres inclus dans les patrons de plantations du MR8 (+/- 500 individus) seront principalement des semis mesurant au minimum 1 m de hauteur, mais étant de différentes essences et calibres. Pour les plantations dans les terres enclavées (à partir de 2022), le nombre d'arbres sera substantiellement plus important (20 000 à 30 000) et il est probable que des semis de plus petits gabarits soient privilégiés compte tenu des contraintes que cela implique (accessibilité, logistique, coûts, disponibilité pépinières).

5.1. Justification de l'utilisation d'une approche écosystémique

5.1.1. L'approche écosystémique selon la littérature

Une approche de restauration forestière écosystémique permet de fournir des éléments nécessaires pour créer des habitats naturels et permet de restaurer les fonctions des écosystèmes (Prach *et al.*, 2001). Selon la littérature, l'application d'une approche écosystémique, traduite par un aménagement forestier ayant pour objectif de maintenir la diversité biologique et la viabilité de l'écosystème en préservant ses fonctions, favoriserait une conservation de la biodiversité de manière durable (Aerts & Honney, 2011 ; MFFP, 2015). L'utilisation d'une approche écosystémique peut également fournir un concept concernant la gestion de ressources forestières et offrir des suggestions pour leur intégration au sein de projets de restauration, puisque les bénéfices attendus par ces aménagements coïncident (Loyche *et al.*, 2003).

Dans le cadre de projet de restauration forestière, cette approche permet de réduire les écarts entre la forêt aménagée et la forêt naturelle adjacente, ou historique, en termes de structures et de fonctions, en plus de connecter ces deux habitats (Loyche *et al.*, 2003). Ainsi, une succession écologique peut être possible dans la composition des espèces présentes dans le secteur à différentes échelles. Il s'agit d'un processus d'évolution naturel des écosystèmes à travers le temps et l'espace qui résulte de variations

abiotiques et biotiques (Aerts & Honney, 2011 ; Cain *et al.*, 2014 ; Leboeuf, 2016), mais qui peut se retrouver accéléré lors de projet de reboisement. Ces variations permettent une facilitation de la survie et de la croissance de certaines essences, ainsi que de la recolonisation naturelle des espèces, en plus de favoriser certaines fonctions des écosystèmes comme la décomposition de la matière organique, la fixation du carbone, la disponibilité des nutriments, le cycle de l'eau et la dégradation de composés toxiques (Aerts & Honney, 2011 ; St-Denis *et al.*, 2017). Accessoirement, afin d'optimiser le taux de réussite du plan du reboisement, il est important d'utiliser des techniques de contrôle appropriées pour minimiser les problèmes de végétation envahissante, comme les EVEC, pouvant nuire aux jeunes peuplements (Wagner & Zasada, 1991).

Qui plus est, l'ensemble des stratégies déployées dans le cadre de ce projet de compensation sont des plus importantes, car le sud du Québec abrite la plus grande diversité faunique et floristique de la province et subit aussi parmi les plus grandes pressions de modification d'habitats (Maisonnette & Rioux, 2001). Plus particulièrement, les milieux naturels du secteur (milieux humides, marécages, cours d'eau et boisés) constituent des habitats de grande valeur pour de multiples espèces de poissons, d'oiseaux, de mammifères (incluant les chiroptères), de reptiles et d'amphibiens (herpétofaune).

5.1.2. Autres projets scientifiques explorant ces traitements

Par le passé, il a été démontré que la diversité fonctionnelle de l'assemblage des espèces, qu'il s'agisse d'arbres, d'herbacées, de faune, de champignons et/ou de microorganismes, permet d'optimiser la restauration en accélérant la succession des communautés et ultimement de rendre fonctionnel l'écosystème (Aerts & Honney, 2011 ; Cain *et al.*, 2014). D'ailleurs, l'ajout de nouvelles essences et individus d'arbres amène des changements dans les cycles biochimiques et les paramètres du sol (Cateau *et al.*, 2015). Également, l'apport de legs biologiques et d'éléments en provenance du site initial tel que du bois mort mature présentant des dendromicrohabitats dans son écorce peut permettre d'apporter une qualité intrinsèque de l'écosystème initial vers l'habitat d'accueil, de manière à venir accélérer des changements de composition, de structure et de maturité dans le sol (Cateau *et al.*, 2015 ; Benetková *et al.*, 2020).

De plus, deux de nos experts ont déjà réalisé un projet scientifique présentant des concepts d'approche écosystémiques. En 2017, les Drs Kneeshaw et Bélanger ont publié une étude portant sur le succès de croissance et de survie de feuillus au sein d'un projet de restauration d'une terre agricole, correspondant à l'apport de matière organique du milieu forestier, en plus d'évaluer le taux de colonisation par les mycorhizes dans

le temps. Pour la majorité des espèces plantées, une réponse positive a été observée concernant la survie et la croissance des arbres ainsi que pour la colonisation par les mycorhizes (St-Denis *et al.*, 2017).

5.1.3. Contexte du projet

Le secteur concerné par le projet est situé à l'extrémité sud du Québec en Montérégie et est inclus dans la région climatique la plus chaude de la province. Les essences destinées au reboisement ont donc été principalement sélectionnées pour leur tolérance à l'humidité (secteur inondable, section 2.2.2), mais aussi en fonction de leur acclimatation au climat chaud afin de prospérer malgré les changements climatiques à venir. En ce sens, les essences et les patrons de plantations n'ont pas été considérés en fonction d'une exploitation potentielle des ressources, mais plutôt afin de viser une conservation des écosystèmes et une augmentation de la biodiversité à long terme. Les choix ont donc été faits en fonction du contexte du projet et se dirigent davantage sur des essences indigènes que des essences de production. Également, l'édification des patrons, des aménagements et des traitements ont été conçus de sorte à être appliqués en synergie avec une approche écosystémique et ultimement offrir des structures pertinentes pour la création d'habitats pour la faune, favoriser une succession rapide du nouvel écosystème et aussi d'encourager ses fonctions.

5.2. Aménagements particuliers en secteurs inondables

Comme mentionné dans le Rapport 3 (*Annexe D*) concernant les plans d'aménagement, une création de monticules préalable aux plantations en secteurs inondables pourrait s'avérer utile pour minimiser le stress hydrique chez les plants. Jusqu'à présent, ce type d'aménagement serait effectué dans le MR8B en 2021 et potentiellement dans une portion des terres enclavées (si l'accès à la machinerie y est possible).

Cet aménagement particulier nécessitera un léger raclage du sol au pourtour du milieu dans lequel les monticules seront érigés (Figure 23). Par la suite, une fois les arbres plantés sur les monticules, un ensemencement de semences indigènes (ex. : trèfle vert mélangé) sera réalisé en vue de prévenir une érosion de surface des monticules en cas de pluies abondantes ou d'inondation. L'ensemencement permettra donc à la fois de protéger la surface du sol en le stabilisant grâce au développement racinaire, en plus de favoriser le maintien des monticules en place. Également, la colonisation du sol par ces ensemencements pourrait aussi augmenter les quantités d'azote dans le sol et favoriser ainsi l'établissement des arbres et également permettre une protection sommaire contre la propagation des EVEC au sein du MR8B.



Figure 23. Exemple de création de monticules par la compagnie forestière Domtar.

Les monticules se veulent de petites buttes de terre formées à l'aide d'une pelle mécanique et en utilisant le substrat du sol qui est actuellement présent (donc sans ajout de terre provenant d'un autre milieu).

L'aménagement de monticules est une approche ayant déjà fait ses preuves au sein d'un projet de restauration forestière, au Boisé des Terres Noires à l'Assomption, et qui est employée par la compagnie forestière Domtar pour réaliser des plantations (Figure 23). L'édification des monticules permet de surélever les arbres et de conserver leur tige principale au sec, prévenant ainsi le pourrissement de leurs racines causé par les submersions occasionnelles. Finalement, afin d'optimiser le succès des plantations et la fermeture rapide de la canopée, il est important que les essences sélectionnées pour être plantées à l'intérieur du secteur inondable soient tolérantes à l'humidité, soit des espèces facultatives (FACH) ou obligées des milieux humides (OBL).

5.3. Aménagements particuliers en présence d'EVEE

Les aménagements envisagés pour contrôler les EVEE ont été abordés dans le rapport 3 (voir *Annexe D*) et, comme mentionné ci-haut, seront appliqués surtout pour le roseau commun qui est l'espèce la plus répandue et la plus menaçante des EVEE retrouvées sur le site. En somme, les méthodes de lutte employées prennent en considération la ou les espèces d'EVEE présentes et la superficie recouverte par milieu (Tableau 1), ainsi que le traitement prévu pour le site (conservation de friches ou plantation d'arbres). Ils incluent les méthodes suivantes, ou parfois une combinaison de celles-ci : un pliage, une coupe sous l'eau, un débroussaillage à répétition, un scarifiage (labourage) mécanique du sol à différentes profondeurs, une pose de membrane géotextile (bâchage) et finalement une création d'un couvert forestier par la plantation de végétaux. Afin de lutter contre les autres EVEE que le roseau commun, les aménagements proposés seront principalement

liés à une plantation d'arbres afin de favoriser la fermeture de la canopée et ainsi créer un ombrage et une compétition pour la lumière qui leur seraient défavorables. Un suivi sera mis en place pour s'assurer que les EVEC ne prolifèrent pas et ne s'échappent pas des colonies déjà existantes (section 7.1.4).

Au sein du MR8B, la présence du roseau commun couvre une superficie d'environ 220 m² (densité de 138 tiges/m²). Puisque les talles de roseau commun sont localisées dans un secteur qui est submergé la majorité de l'année, des traitements de coupe sous l'eau sont présentement envisagés à l'été 2021 afin de lutter contre la prolifération de l'espèce. Pour faciliter les opérations de coupe, un débroussaillage des tiges prévoit d'être préalablement effectué. Ensuite, si au moment de la coupe des tiges comportent des inflorescences, celles-ci devront être disposées de manière à éviter que le roseau commun ne se propage ailleurs. Les modes de disposition envisageables pour la gestion des tiges avec inflorescences comportent : un enfouissement dans un site autorisé ou un compostage industriel par une entreprise spécialisée. À l'heure actuelle, la méthode envisagée est plutôt l'enfouissement à l'écocentre de Cowansville.

Pour le MR7 et les terres enclavées, nous expérimenterons plusieurs techniques. Les traitements suivants sont actuellement considérés pour être répartis sur une superficie totale de 27 525 m² (2,75 ha) : un traitement de coupe standard à répétition (témoin), un labourage du sol (30-50 cm), un scarifiage plus en profondeur (50-100 cm), un pliage simple, un pliage répétitif (3-4 passages durant l'été) et finalement, une coupe et une pose de membrane de géotextile. De manière complémentaire à ces traitements, incluant les témoins, toutes les zones comprenant des EEE seront plantées.

5.4. Coordination des travaux UQAM, MTQ et Groupe DDM

L'aménagement du secteur des terres enclavées pourrait dans les prochaines années représenter une logistique additionnelle dans la gestion de travaux. Entre autres, la continuité des travaux visant le nouveau tronçon routier par le MTQ, ainsi que les aménagements prévus par le groupe DDM (habitat du poisson et milieux humides), pourraient entrer en interférence avec nos travaux. C'est pourquoi une communication et une coordination des travaux seront mises en place dès que les échéanciers du MTQ et du groupe DDM seront connus afin d'éviter les contraintes pouvant être occasionnées par les déplacements de la machinerie à l'intérieur des zones de reboisement et les accès à celles-ci.

Étant donné que la majorité des travaux pour l'aménagement de l'habitat du poisson et des milieux humides par le groupe DDM seront compris

principalement dans la sous-zone 1 et au niveau des deux ruisseaux compris à l'intérieur des terres enclavées, l'aménagement de la sous-zone 3 et 4 est prioritairement envisagé par l'équipe de l'UQAM pour y effectuer des plantations. Par la suite, des chemins d'accès permanents ou semi-permanents sont projetés à l'extrémité est des sous-zones afin d'éviter le passage de machinerie dans les parcelles aménagées (Figure 24).

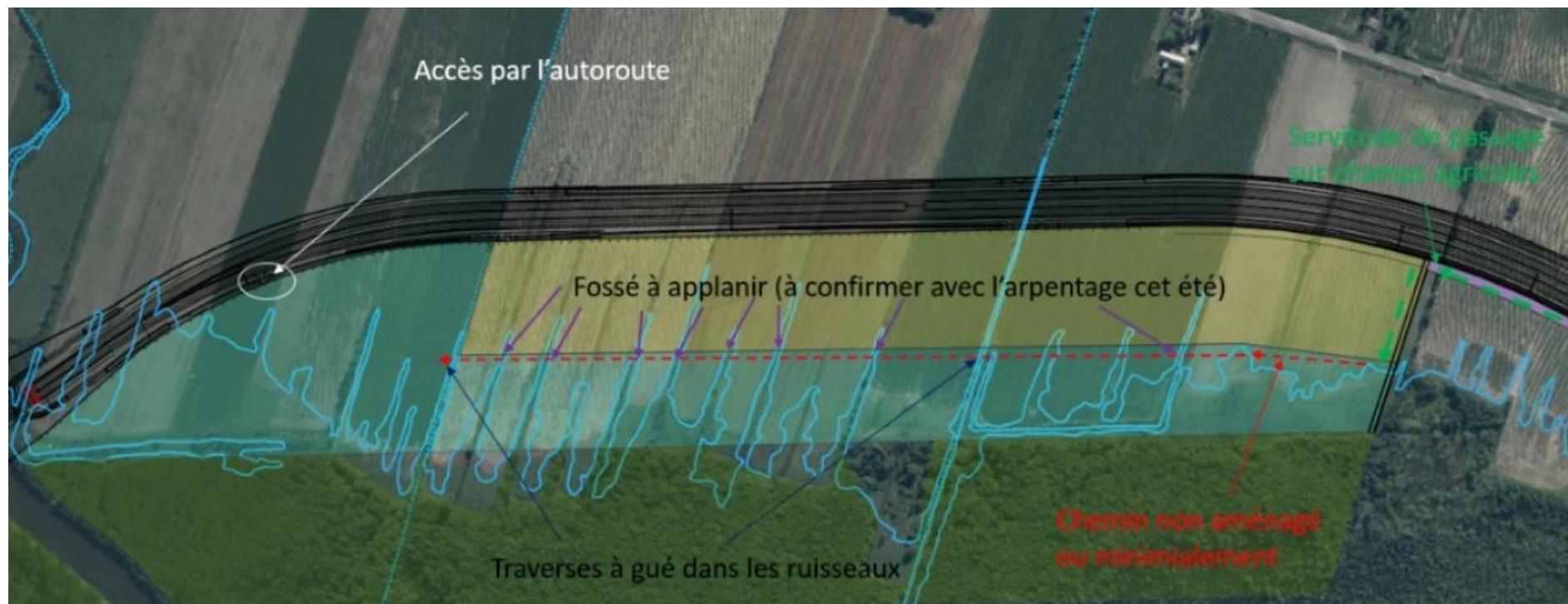


Figure 24. Carte préliminaire illustrant les accès prévus pour les différents sites

5.5. Calendrier général jusqu'en 2033

Il est possible d'observer à la Figure 25 la séquence des activités en lien avec le reboisement qui aura lieu durant les 10 prochaines années. Sommairement, le traitement contre les EVEC devra être suivi tous les ans et répété au besoin en fonction de la méthode choisie (ex. pliage répété). L'aménagement de legs biologiques sera effectué dans la mesure du possible (en fonction de l'acquisition de ceux-ci) à la suite de chaque période de plantation (ou de transplantation) ayant été complétée. Une plantation dans le MR8 est prévue à l'année 2021, de même qu'une deuxième phase de transplantation d'espèces végétales rares ou à statut précaire dans les milieux récepteurs. Par la suite, les plantations pour les terres enclavées sont prévues en 2022, 2023 et, 2024. En 2027, des arbres additionnels seront ajoutés aux plantations des patrons temporaux (Rapport 3 - *Annexe D*). Des arbres morts seront remplacés au besoin jusqu'à la fermeture de la canopée ou lorsque le coefficient de distribution³ (*stocking*) sera au-delà de 80 %. Les différents suivis seront échelonnés sur toute la durée du projet, mais les distinctions entre chacun de ceux-ci sont décrites en détail au chapitre 7. L'entretien, quant à lui, pourra s'arrêter en 2030 vu la période d'arrosage des grands arbres qui se terminera (section 6.2). Quant aux périodes de croissance *ex-situ* (pépinière et/ou serre), celles-ci se termineront en 2027 puisqu'il s'agira de la dernière année de plantation. Finalement, des rapports de suivis portant sur l'évolution du projet de compensation par le reboisement seront fournis au MTQ aux années 2021, 2023, 2025, 2028, 2030 et 2033.

³ Le coefficient de distribution (*stocking*) correspond à la répartition des individus évalué à une échelle définie et offre le pourcentage de la superficie que les individus occupent, sans prendre en compte leur densité.

REBOISEMENT DES TERRES ENCLAVÉES À PIKE-RIVER ET SAINT-ARMAND
R850.1

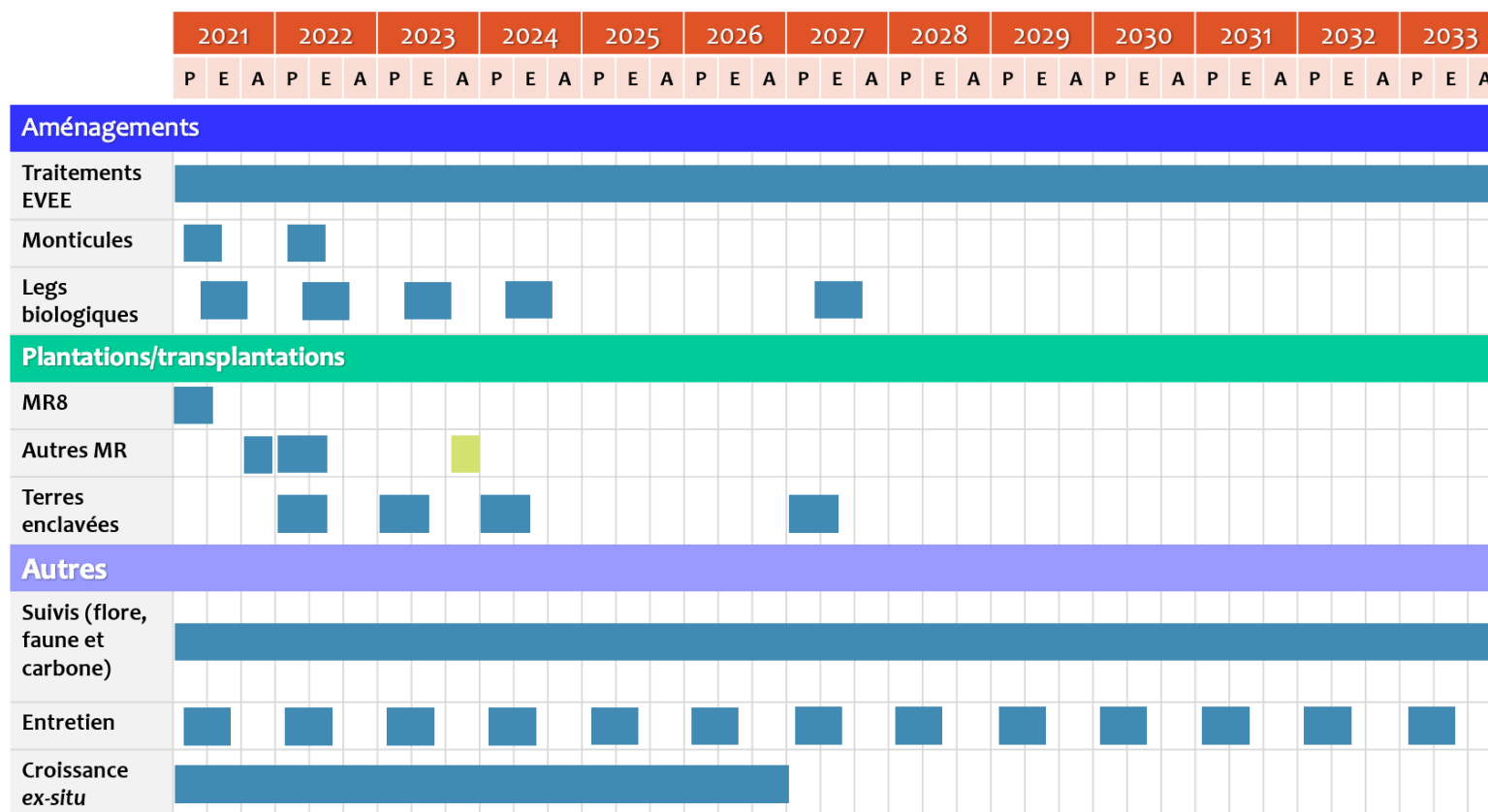


Figure 25. Durée et répartition des différents travaux qui seront effectués jusqu'en 2033.

Légende : (P) signifie printemps, (E) été et (A) automne. La couleur verte représente des travaux qui sont conditionnels à la phase IV du projet (seconde phase de transplantation d'arbres de grands volumes).

5.6. Patrons de plantation

Les patrons de plantations ont été conçus en tenant compte des recommandations du MFFP, et des questions scientifiques du projet de recherche, afin de créer des plantations mixtes qui offrent une meilleure résilience face aux stress associés aux changements globaux. Les plantations contribueront certainement à la connectivité entre les écosystèmes à une échelle locale. Toutefois, le projet n'étant qu'à l'échelle d'une trentaine d'hectares, celle-ci sera limitée à relier les sites de reboisement aux forêts adjacentes et à favoriser la migration par espèces. Ultimement, l'inclusion d'une variété d'espèces, inspirées des écosystèmes adjacents et historiquement présents, devrait permettre que les forêts issues de ce projet contribuent à la connectivité de la région et possiblement d'offrir une résilience appréciable face aux changements climatiques à venir (Tableau 5). Qui plus est, puisque les changements climatiques modifient graduellement les écosystèmes forestiers, certaines essences visées pour la plantation seront de différentes provenances (ex. sud, nord, est et ouest) de sorte à pouvoir analyser leur réponse écophysologique (section 7.1.6). Les espèces visées à cet effet restent à confirmer en temps et lieu selon leur disponibilité en pépinière, mais feront partie de celles inscrites au Tableau 5.

Les patrons de plantation envisagés visent à répondre à plusieurs objectifs relatifs aux mandats et aux questions de recherches, soit :

- La réalisation de plantations résilientes aux potentiels stress et perturbations futurs qui soient liés à l'évolution du climat. En ce sens, nous allons expérimenter différentes compositions et provenances d'arbres ;
- La création de structures forestières horizontales et verticales pour la création d'habitats fauniques. Ceci inclura d'une part la plantation d'arbres, et d'une autre, l'apport de legs biologiques avec du bois mort de différentes dimensions (billots, branches, paillis) disposé au sol ;
- La création rapide d'une forêt de stade successional avancé. Pour ce faire, nous prévoyons réaliser des patrons temporaux comprenant une variation de moments (« timings différents ») de plantation selon l'espèce et le stade de succession ;
- L'identification de patrons et types de plantations ayant un meilleur effet sur l'atténuation du bruit et des vibrations influençant la faune. En ce sens, nous proposerons divers patrons de plus hautes densités comprenant des strates de végétation de différentes hauteurs et des essences aux caractéristiques particulières permettant de disperser le son.

Les expériences spécifiques pour répondre à chacun de ces objectifs sont décrites ci-dessous. Aussi, l'ensemble des différents patrons répartis sur les parcelles de plantation permettront de créer une forêt diversifiée à l'échelle du paysage (Figure 26). En d'autres mots, l'expérience sera menée à de multiples échelles et la réplication des traitements, à l'échelle des quadrats et à travers le site, offrira un assemblage diversifié à l'échelle du paysage.

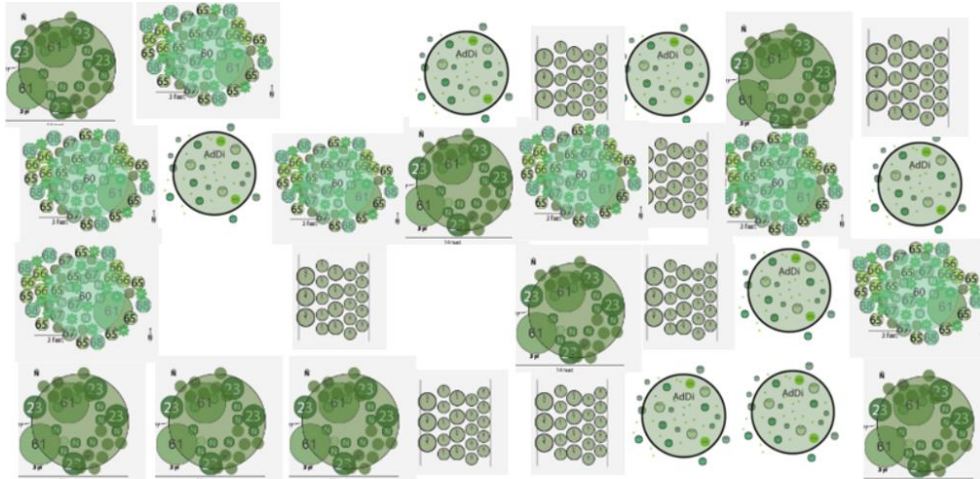


Figure 26. Exemple de variation multiéchelle par l'ensemble des patrons de plantation

Les espaces vides sont les quadrats témoins sans traitement ni intervention, permettant d'offrir une référence sur la régénération naturelle des lieux.

Tableau 5 : Liste d'espèces arborescentes et arbustives considérées pour les plantations en fonction de leur rôle au sein de la succession végétale et de leur rapidité de croissance

Taux de croissance	Stade successional		
	Pionnières	Intermédiaires	Fin de succession
Croissance rapide	<i>Alnus rugosa</i> <i>Betula papyrifera</i> <i>Populus deltoides</i> <i>Populus tremuloides</i> <i>Populus hybride (*)</i> <i>Salix sp.</i> <i>Sambucus canadensis</i>	<i>Acer saccharinum</i> <i>Fraxinus americana</i> <i>Fraxinus pennsylvanica</i> <i>Pinus strobus</i> <i>Ulmus americana</i> <i>Ulmus rubra</i>	<i>Tilia americana</i>
Croissance moyenne	<i>Juniperus virginiana</i> <i>Pinus rigida</i> <i>Prunus serotina</i>	<i>Acer rubrum</i> <i>Betula alleghaniensis</i> <i>Carya cordiformis</i> <i>Celtis occidentalis</i> <i>Fraxinus nigra</i> <i>Quercus rubra</i> <i>Ulmus thomasii</i>	<i>Tsuga canadensis</i> <i>Abies balsamea</i>
Croissance lente	<i>Crataegus crus-galli</i>	<i>Acer saccharum</i> <i>Carpinus caroliniana</i> <i>Carya ovata</i> <i>Juglans cinerea</i> <i>Quercus alba</i> <i>Quercus bicolor</i> <i>Quercus macrocarpa</i>	<i>Acer nigrum</i> <i>Fagus grandifolia</i> <i>Ostrya virginiana</i> <i>Thuja occidentalis</i>

Légende : Les espèces **soulignées** sont les espèces rares au Québec ou ayant un statut de précarité. Certaines des espèces présentes dans ce tableau seront de différentes provenances, mais celles-ci restent à confirmer selon leur disponibilité en pépinière. Les espèces avec un **astérisque (*)** sont des hybrides dont l'utilisation pourrait permettre une croissance plus rapide et une fermeture de canopée plus rapidement.

5.6.1. Patrons temporeux

Les patrons temporeux sont définis selon deux principes différents et les travaux seront effectués en 2022, 2024 et 2027 dans les sous-zones 3 et 4 (Figure 27). Les sous-zones ont été sélectionnées pour leur accessibilité par rapport aux différents travaux (habitat du poisson, milieux humides) qui auront lieu à l'intérieur des zones de reboisement au fil du temps. Les patrons incluront des espèces de trois types de succession différents, soit : des espèces pionnières, des espèces intermédiaires et des espèces de fins de succession. Le Tableau 6 ci-dessous montre les deux séquences de patrons temporeux qui sont actuellement envisagées. Respectivement, ces deux patrons seront variables en composition et en nombre d'espèces par quadrats. Ainsi, deux densités différentes seront utilisées dans les patrons temporeux soit de trois ou de six espèces (donc une ou deux espèces différentes par type de succession) par quadrat de 20 m². Nous atteindrons ainsi la densité visée dans les parcelles à la fin de la séquence temporelle

de plantation. En considération des essences sélectionnées, des arbres de différentes dimensions et gabarits seront utilisés pour la plantation pour offrir des structures forestières variées.

Tableau 6 : Séquence temporelle de deux patrons de plantation des terres enclavées

Patrons	2022	2024	2027
Patron #1	Espèces de fin de succession	Espèces intermédiaires	Espèces pionnières
Patron #2	Espèces pionnières	Espèces intermédiaires	Espèces de fin de succession

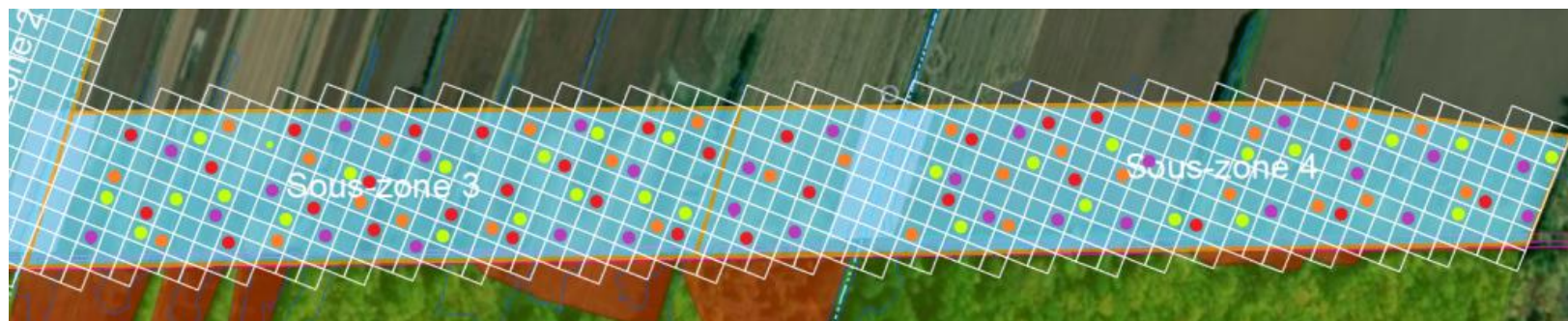


Figure 27. Exemple de la répartition des patrons temporeux dans les sous-zones 3 et 4

Les points rouges représentent le patron #1 à trois espèces, les orange le patron #1 à six espèces, les jaunes le patron #2 à trois espèces et finalement, les points mauves représentent le patron #2 à six espèces (Tableau 6). Les quadrats sans points représentent d'autres patrons de plantation.

Cette stratégie de plantation incluant différentes séquences temporelles est plutôt inhabituelle, mais elle pourrait permettre le développement d'une forêt ayant des caractéristiques d'une forêt de stade mature (climax) plus rapidement. En effet, puisque les processus de succession naturels peuvent prendre énormément du temps si les espèces tolérantes à l'ombre poussent lentement dans le sous-bois, le fait de les laisser pousser à leur plein potentiel en pleine lumière pendant plusieurs années pourrait leur permettre de se développer plus vite et donc de créer une forêt diversifiée plus rapidement. Cette expérience permettra donc d'étudier la création de structures verticales dans le temps.

Cette comparaison des processus naturels avec une approche inversée (Patron #1), dont les espèces intolérantes à l'ombre dominant et les espèces plus tolérantes n'atteignent que lentement la canopée, pourra également mettre en évidence si la considération temporelle devait être une nouvelle stratégie mise de l'avant en restauration afin d'accélérer la succession et atteindre le but d'une forêt mature diversifiée plus rapidement.

Pour ce qui est de la plantation d'espèces intolérantes à l'ombre (Patron #2), celle-ci exige la planification de puits de lumière pour accueillir ces essences et leur permettre de survivre et pousser, malgré que les autres espèces poussent depuis quelques années. Ceci peut aussi demander un entretien de désherbage (section 6.3). Si les conditions de luminosité diminuent à cause de la croissance latérale des semis plantés en 2022, nous pourrions adapter la gestion du plan de plantation pour ne pas nuire aux plantations subséquentes.

Qui plus est, il est aussi possible que cette stratégie permette une séquestration plus rapide de carbone qu'à la suite d'une succession naturelle. L'idée de base de l'application de ces patrons temporaires est issue d'une suggestion du Dr Nicolas Bélanger, le spécialiste en carbone terrestre attiré au projet et qui est aussi leader du Réseau Reboisement et Ligniculture Québec (2RLQ). Les espèces pionnières ont tendance à croître et séquestrer rapidement du carbone à court terme, mais sont généralement des essences de courte durée de vie. Alors même si celles-ci séquestrent rapidement le carbone, ces plantations n'équivalent pas les stocks pouvant être séquestrés par des arbres de succession intermédiaire ou de fin de succession vivant pendant de plus longues périodes (Körner, 2017). Ainsi, en plantant des essences intermédiaires et de fin de succession qui prennent plus de temps à s'établir ou de pousser, cela leur offre une longueur d'avance avant que les espèces pionnières ne les rattrapent considérant leur croissance généralement rapide. De cette façon, nous serons en mesure d'évaluer les deux stratégies, tant pour leur viabilité, que pour l'aspect de séquestration du carbone.

Finalement, cette approche, offrant différents stades de développement et plusieurs âges de peuplement à la nouvelle forêt, permettra de créer des structures forestières avec des étages complexifiés et offrant aux animaux qui la peuplent des habitats propices (Leboeuf, 2016).

5.6.2. *Patrons de composition*

Deux patrons de compositions seront réalisés, soit les polycultures et les monocultures. À l'intérieur de quadrats de 400 m², un gradient d'espèce sera réalisé, allant d'une jusqu'à cinq espèces par quadrat (Tableau 7).

Comme mentionné précédemment à la section 1, l'assemblage varié des quadrats fera en sorte que même les quadrats de monocultures participeront à la diversité d'espèces à grande échelle (Figure 26). L'application de différentes densités (625, 850 et 1200 tiges/ha) et composition d'essences (1 à 5 espèces) pour ces patrons participeront également à créer une diversité de structures à multiples échelles. Ceci nous permettra ultimement de tester les hypothèses en regard de la diversité sur l'effet de la résilience. En termes de composition, nous testerons aussi différentes provenances des essences sélectionnées qui seront ainsi adaptées à des conditions variées, soit : plus chaudes (Sud), plus sèches (Ouest), plus humides (Est) ou à des conditions plus extrêmes (Nord). Selon le Dr Kneeshaw, les projets de migration assistée se basent souvent sur l'idée que les provenances plus du Sud seront mieux adaptées au climat plus chaud prévu avec les changements globaux à venir, alors que d'autres experts suggèrent que les conditions plus sèches (Ouest) seront à considérer. Les provenances d'essences du Nord pourraient, quant à elles, être plus adaptées aux conditions extrêmes (ex. gels tardifs ou hâtifs) et donc posséder une meilleure résilience aux conditions plus extrêmes à venir.

Des tests concernant la plasticité aux conditions climatiques des différentes espèces et de leurs provenances pourront aussi être réalisés (section 7.1.6). Ainsi, certains quadrats de monoculture pourront inclure une espèce ayant une provenance locale, en plus d'au moins trois autres provenances. Le choix ultime des espèces dépendra donc de la disponibilité de celles-ci en pépinières pour la provenance locale (ex. Montérégie), du Sud (ex. New Hampshire), de l'Ouest (ex. Outaouais), de l'Est (ex. Québec) et du Nord (ex. Laurentides).

5.6.3. *Patrons de densité*

Selon le MFFP, les densités recommandées dans le cadre d'une approche de reboisement varient selon les essences en secteur forestier. Notamment, pour les feuillus nobles, une densité de 800 tiges/ha et plus devrait être considérée en fonction des essences et de la qualité du milieu. Pour les plantations mixtes, comprenant des essences de feuillus et de conifères, un

minimum de 1000 tiges/ha est recommandé, alors que pour les résineux méridionaux, une densité de 1200 tiges/ha est recommandée.

Les patrons employés à l'intérieur des sous-zones 1 à 4 incluent diverses densités définies en fonction des recommandations et ensemble créeront diverses structures forestières plus ou moins denses permettant une production de matière ligneuse :

- Plantations de 625, 850 et 1200 tiges/ha à l'échelle des quadrats :
 - Certains quadrats plantés à faible densité (ex. : 625 tiges/ha) ;
 - Certains quadrats plantés à forte densité (ex. : 1200 tiges/ha).

Par ailleurs, il est important de noter que les patrons de composition et de densité sont présentés ici séparément à des fins pratiques de compréhension. Néanmoins, leur application s'effectuera de façon combinée afin que l'on applique les différentes densités en fonction des différentes compositions envisagées. La représentation combinée de ces patrons est ainsi illustrée à la Figure 28, ainsi qu'au Tableau 7.

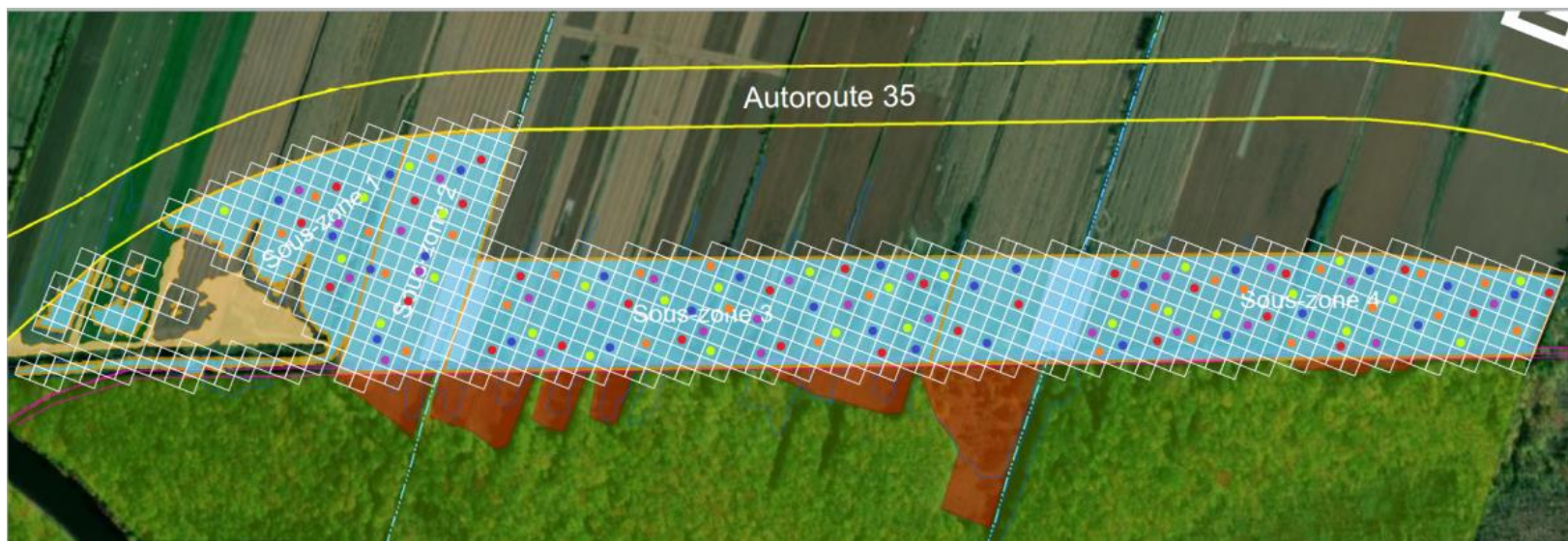


Figure 28. Exemple de patrons de densité et de composition à 625 tiges/ha. Cet exemple serait répété à la fois pour les densités de 850 et 1200 tiges/ha.

En rouge sont les quadrats de monocultures, en orange ceux à deux espèces, en jaune ceux à trois espèces, en bleu ceux à quatre espèces et en mauve ceux à cinq espèces. Les quadrats sans points représentent d'autres patrons de plantation.

Tableau 7 : Représentation des différentes combinaisons de patrons qui seront effectués dans les sous-zones 1 à 4

Densités	Composition				
625 tiges/ha	1 espèce	2 espèces	3 espèces	4 espèces	5 espèces
850 tiges/ha	1 espèce	2 espèces	3 espèces	4 espèces	5 espèces
1200 tiges/ha	1 espèce	2 espèces	3 espèces	4 espèces	5 espèces

5.6.4. Patrons d'atténuation du bruit

Le bruit a le potentiel de perturber la faune à plusieurs niveaux, notamment en affectant la communication de l'avifaune, de l'herpétofaune et des chiroptères lors des périodes d'appariement et de reproduction (Vehrencamp & Bradbury, 1998 ; Rheindt, 2003 ; Dutilleux, 2012), ainsi qu'en réduisant l'efficacité de communication de certains mammifères et en leur causant un stress additionnel (Slabbekoorn & Ripmeester, 2008). C'est pourquoi l'application de mesures d'atténuation du bruit pour la faune pourrait être favorable pour préserver les habitats déjà existants et favoriser la colonisation de ceux qui vont être créés.

Selon la littérature, un talus ou un mur aurait le potentiel de bloquer davantage les répercussions sonores en provenance d'une autoroute qu'un écran végétal, mais l'application de cette technique n'est pas possible partout considérant qu'une partie des milieux se situent en zones inondables, où l'ajout de remblai est proscrit. Également, comme l'un des buts premiers du projet est de procéder à un reboisement et à la création d'habitats pour la faune, une plantation de végétation variée sera privilégiée pour parvenir à l'atténuation du bruit, mais aussi pour créer des habitats fauniques.

Généralement, la plupart des mesures d'atténuation mises en pratique sont pour les humains, mais notre projet vise plutôt l'atténuation du bruit et des vibrations pour la faune. La différence est que, pour les humains, une même intensité sonore (en dB), perçue durant la nuit (L_n), est beaucoup plus dérangeante que celle produite durant le jour (L_d) (MELCC, 2006). Alors que pour l'avifaune, on peut supposer que le bruit tôt le matin, lors de la période de chant, pourrait être davantage dérangeant. Il en va de même pour différents groupes taxonomiques dont les fréquences pourraient aussi les affecter différemment (Brouček, 2014). En ce sens, pour les animaux, une atténuation du bruit sur l'effet de la perception de la qualité d'habitat pourrait permettre à certaines espèces de coloniser et s'établir, mais ces effets ne sont pas encore connus.

Comme mesure d'atténuation du bruit, une végétation dense incluant de grandes feuilles pourrait permettre d'absorber plus de bruit qu'une végétation moins dense avec de petites feuilles (Maleki & Hosseini, 2011). De la même façon, une barrière de végétation faite de plusieurs strates devrait atténuer plus de bruit qu'une végétation avec que des arbres.

Les patrons de plantations élaborés afin de maximiser l'atténuation des répercussions sonores et des vibrations comprennent :

- Plantations de 6, 15 et 30 m de large à forte densité de 1500, 2000 et 3000 tiges/ha (et/ou plus) incluant :
 - Des essences d'arbres et d'arbustes à grosses feuilles (érables, chênes, tilleuls, caryers, etc.) et des essences à forte densité de branches et de feuilles (saules, peupliers, cornouillers, etc.) ;
 - Des conifères (sapins, épinettes, thuyas, pins) ;
 - Des herbes et herbacées de différentes hauteurs.

En plus de tester différentes densités, nous testerons aussi différentes configurations de strates en rangées (ex. rangées de 2 m ou 5 m d'herbes, rangées de 2 m ou 5 m d'arbustes et rangées de 2 m, 5 m et 10 m d'arbres vs les trois strates mélangées sur 6 m, 15 m et 30 m).

Les plantations seront réalisées à proximité du tronçon routier, soit dans les sous-zones 1 et 2 (Figure 29). Lors des suivis fauniques, nous évaluerons l'effet des plantations sur différents groupes taxonomiques de la faune en termes de leur utilisation du territoire. Nous évaluerons aussi l'intensité de bruit à différentes distances de l'autoroute en fonction des différents traitements.

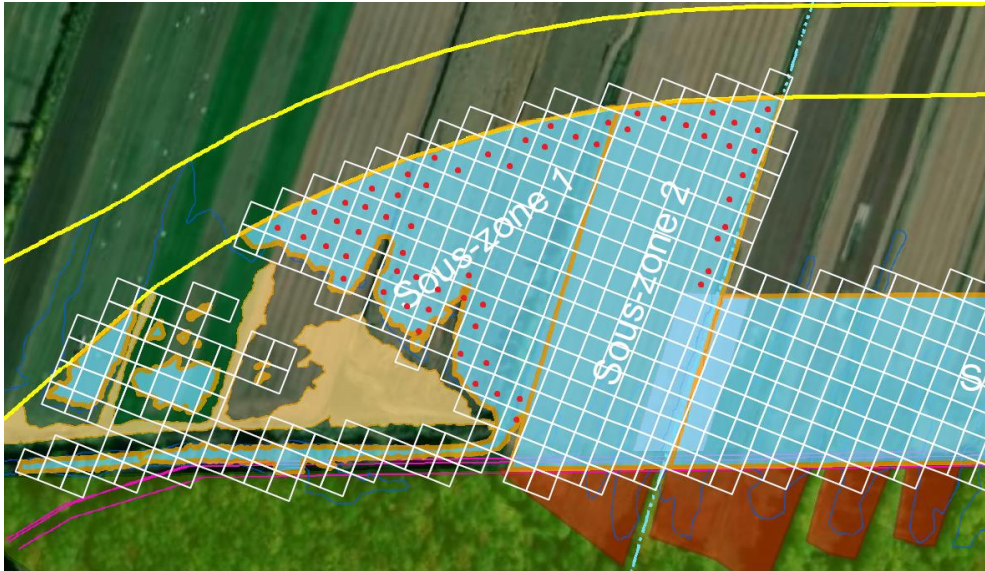


Figure 29. Patrons d'atténuation du bruit répartis en périphérie de l'habitat du poisson et du tronçon routier.

Les points rouges représentent les quadrats dans lesquels les plantations auront lieu afin de réaliser l'écran végétal d'une largeur et densité variable entre 6, 15 et 30 m de large à forte densité de 1500, 2000 et 3000 tiges/ha (et/ou plus). Les quadrats sans points représentent d'autres patrons de plantation.

5.6.5. Patrons d'aménagement des legs biologiques

Selon Leboeuf (2016), la présence de matière ligneuse en forêt est un gage de biodiversité. Ainsi, l'apport de legs biologiques, à différents stades de décomposition, étalés sur le sol permettrait de créer des habitats de première qualité pour tout un cortège d'espèces, en plus de pouvoir servir de lit de germination pour de jeunes semis. Pour le moment, les patrons d'aménagements des legs biologiques seront principalement concentrés dans la sous-zone 4 en raison de défis logistiques (section 3.2.2). Puisque tout au long du projet cette sous-zone sera accessible via une servitude de passage, celle-ci sera privilégiée pour l'apport de legs biologiques étant donné l'accès à un chemin à proximité de celle-ci. L'approvisionnement en différents legs biologiques représente aussi une contrainte d'envergure pour la réalisation de ces patrons. La principale source d'approvisionnement actuellement envisagée sera constituée des zones qui seront éventuellement déboisées en marge de la route 133 lors des phases ultérieures du projet de prolongement routier. En effet, lors de l'opération de déboisement, des débris ligneux de différents gabarits pourront être récupérés et apportés sur le site. Dans une moindre mesure, et si les conditions le permettent, le prélèvement d'autre matière organique telle que des feuilles mortes pourra également être effectué. Les volumes de legs biologiques auxquels l'équipe de recherche pourra avoir accès sont encore incertains, et donc, les patrons dans la sous-zone 4 seront à préciser dans le temps lorsque plus d'informations seront confirmées.

Mis à part les terres enclavées, certains milieux récepteurs ont déjà bénéficié de l'apport en legs biologiques. Par exemple, le MR8A avait déjà fait l'objet à l'automne 2020 de récolte en legs de différents genres et tailles (section 3.1.6).

5.6.6. *Patrons de plantation aménagés pour le MR8*

Le MR8 est subdivisé en deux sous-zones (A et B), et comme décrit dans le rapport 2 (*voir Annexe C,*) la subdivision des deux zones est établie en fonction de la LHE qui traverse le milieu. Le but des différents patrons établis dans le MR8 est de créer rapidement une structure verticale.

À cet effet, il est prévu de compléter la transplantation d'arbres en MR8A par une plantation d'espèces de milieux terrestres jusqu'à une densité totale d'environ 1000 tiges/ha. C'est donc approximativement 200 arbres de différentes dimensions et gabarits qui seront rajoutés à ce milieu. La répartition des arbres suivra celle initialement utilisée pour la transplantation des arbres, soit selon un modèle de coupe de rétention variable (Figure 12). Pour rappel, le MR8A était composé de six parcelles ayant une superficie de 400 m² chacune (Rapport 3 - *voir Annexe D*).

Quant au MR8B, à la suite de l'aménagement préalable de monticules (section 5.1), le milieu sera divisé en six parcelles d'une superficie de 600 m² (Figure 30). De ces six parcelles, trois auront une densité de 36 individus/parcelle et les trois autres de 65 individus/parcelle. Au total, la densité sera la même que pour le MR8A (1000 tiges/ha). Dans ce milieu, les arbres plantés seront pour la grande majorité des semis de forte dimension (au mieux de ce que peuvent nous offrir les pépinières). La sélection des essences sera répartie en fonction de leur rapidité de croissance, de façon à partager le plus égalitairement possible les trois groupes (croissance rapide, moyenne, lente) (Tableau 4).

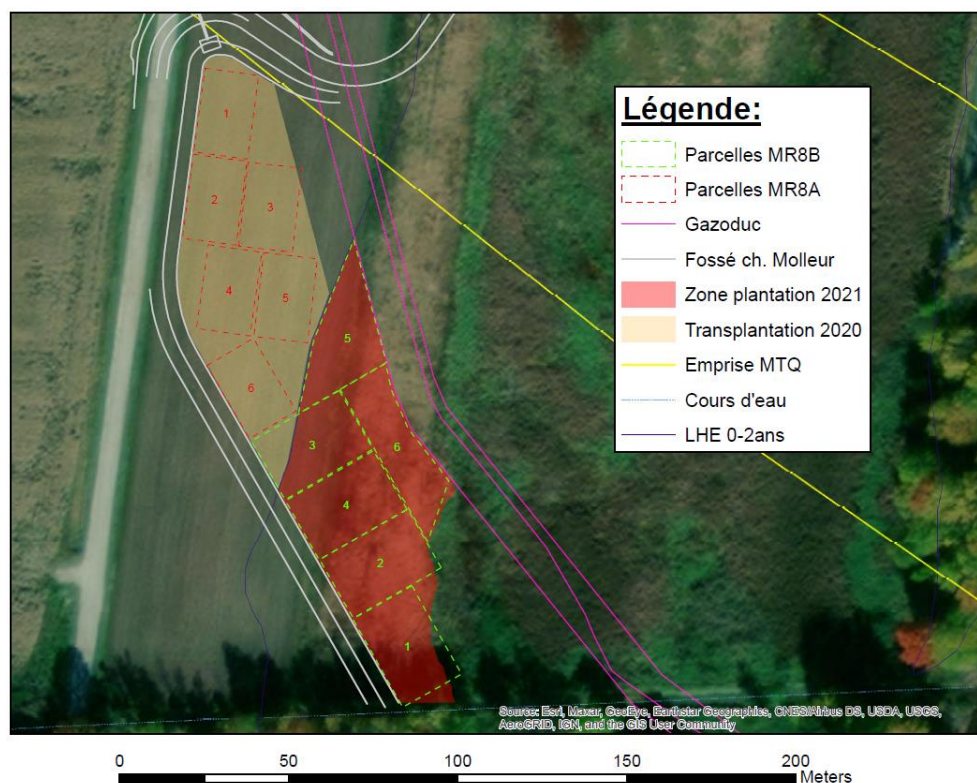


Figure 30. Répartition envisagée des six différentes parcelles du MR8B.

Ainsi, il sera donc possible de comparer l'aménagement de deux milieux (MR8A et MR8B) cherchant à offrir une fermeture rapide de la canopée et de la structure verticale, soit par une transplantation d'arbres de grand volume (section 3.1.5) ou par la plantation de semis de forte dimension.

5.7. Justification des choix pour les patrons de plantation

5.7.1. Choix des essences végétales

Le choix des premières essences végétales du projet de compensation portait sur les espèces rares et à statut précaire à transplanter. Les essences présentes sur les immeubles excédentaires du MTQ furent identifiées, afin de remplir l'objectif ministériel à cet effet. Par la suite, la sélection des espèces a porté sur leur rareté, leur rôle d'espèce accompagnatrices, leur stade de succession, leur caractère hydrophile ainsi que la disponibilité des individus.

Après quoi, les choix des espèces végétales varient en fonction du milieu de plantation ainsi que pour le type de patron employé. À cet effet, les tableaux Tableau 4 et Tableau 5 (Chapitre 5) serviront de repère pour former les groupements d'arbres pour les patrons. D'abord, le Tableau 4 servira de référence afin d'établir une sélection d'essences en fonction de leur

caractère hydrophile et du lieu de chaque quadrat quant au type de milieux, soit terrestre ou humide. Ensuite, pour les patrons temporaux le Tableau 5 pourra être consulté afin de sélectionner des essences en fonction de leur stade de succession. Quant aux patrons de densités et de composition, ceux-ci offriront l'opportunité de tenter plusieurs expériences et mélanges d'espèces, incluant leur provenance, tant par rapport au stade successional que par rapport à la rapidité de croissance, que leurs traits fonctionnels en termes de résistance et résilience (isohydrie vs anisohydrie) (Tableau 5). Pour les patrons d'atténuation du bruit, bien qu'un mélange de différents types soit effectué, les essences à grandes feuilles, à feuillage dense et à croissance rapide seront privilégiées dans le but de former un écran végétal rapidement.

Finalement, lorsque des essences de la famille des juglandacées seront plantées, une attention particulière sera portée dans le but de ne pas nuire aux autres essences étant affectées par la toxine (juglone) émise par ces dernières (Rietveld, 1983) (Tableau 8). Cette attention s'avérera d'autant plus importante dans les zones plus humides où une accumulation d'eau pourrait avoir lieu, puisque l'effet de la juglone sera plus important considérant le drainage imparfait (MAAARO, 2021).

Tableau 8 : Sélection des essences végétales classifiées en fonction de leur tolérance à la juglone

Espèces tolérantes	Espèces sensibles	Tolérance inconnue
<u>Acer nigrum</u> <i>Acer saccharum</i> <i>Acer rubrum</i> <i>Betula alleghaniensis</i> <u>Carpinus caroliniana</u> <i>Carya cordiformis</i> <u>Carya ovata</u> <u>Crataegus crus-galli</u> <i>Fagus grandifolia</i> <i>Fraxinus americana</i> <u>Juglans cinerea</u> <i>Juniperus virginiana</i> <i>Populus deltoides</i> <i>Populus tremuloides</i> <i>Prunus serotina</i> <u>Quercus alba</u> <u>Quercus bicolor</u> <i>Quercus macrocarpa</i> <i>Quercus rubra</i> <i>Salix sp.</i> <i>Sambucus canadensis</i> <i>Thuja occidentalis</i> <i>Tsuga canadensis</i> <i>Ulmus americana</i> <i>Ulmus rubra</i> <u>Ulmus thomasi*</u>	<i>Acer saccharinum</i> <i>Alnus rugosa</i> <i>Betula papyrifera</i> <u>Celtis occidentalis</u> <u>Pinus rigida*</u> <i>Pinus strobus</i> <i>Tilia americana</i>	<i>Abies balsamea</i> <i>Fraxinus nigra</i> <i>Fraxinus pennsylvanica</i> <i>Ostrya virginiana</i>

Légende : Les espèces **soulignées** sont les espèces rares au Québec ou ayant un statut de précarité. Les espèces avec un astérisque (*) requièrent de plus amples informations quant à leur tolérance ou sensibilité à la juglone. Elles ont été classifiées selon des règles générales selon leur genre taxonomique. Quant à la colonne « Tolérance inconnue », les espèces listées ont des habitats différents et ne poussent habituellement pas dans des milieux qui soient similaires.

5.7.2. Choix des patrons de plantation

Les choix de patrons de plantations ont été considérés pour tester des stratégies de restauration dans le but d'augmenter la résilience des nouveaux écosystèmes et la rapidité de leur utilisation par la faune. Une approche écosystémique a été choisie pour émuler les structures naturelles forestières. Plusieurs espèces fauniques requièrent une diversité de structures forestières pour leurs besoins d'habitats tandis que d'autres nécessitent davantage une diversité spécifique. Ces structures qui composent un écosystème font rarement partie des projets de compensation, car elles sont difficiles à manipuler et à reproduire. Cependant, elles sont des plus importantes et font office d'éléments clés à maintenir en vue d'assurer la résistance de la plantation, la création d'habitats pour la faune, la restauration des processus du sol, ainsi que les services rendus par l'écosystème qui fut perturbé, en plus de favoriser

l'établissement, la survie, la croissance et la reproduction des individus plantés. Tel que mentionné précédemment, le but est donc de recréer une forêt comparable aux écosystèmes naturels adjacents, en termes de structure et de composition, mais également de fonctions.

5.8. Progression des interventions

L'ordre concernant la progression des travaux qui est actuellement envisagée est propre à être modifié dans le temps selon les différents accès et contraintes qui pourraient survenir. Dû aux accès limités vers les différents sites, les aménagements seront effectués en ordre de logistique pour être en mesure de : pouvoir transporter le matériel de plantation, assurer l'accès à la machinerie et éviter de repasser dans un site ayant déjà été aménagé afin d'éviter les perturbations. Pour ce faire, l'ordre de priorité concernant les aménagements débutera par le secteur comportant les sous-zones 3 et 4 et se terminera par les sous-zones 1 et 2. L'établissement d'un ordre est aussi indispensable pour s'assurer de la faisabilité des suivis au cours des années (section 5.4). La durée et la séquence des travaux prévus sont d'ailleurs présentées à la Figure 25.

5.9. Résultats globaux attendus

Les résultats attendus face aux interventions de reboisement sont :

- Un recouvrement rapide de la canopée ;
- Le développement d'un écosystème forestier diversifié en espèces et en structures ;
- Une augmentation des fonctions de l'écosystème, ainsi qu'une utilisation du territoire par certains groupes taxonomiques et fonctionnels de la pédofaune, de l'avifaune, de l'herpétofaune et des mammifères.

De plus, nous pourrions obtenir des résultats quant à la croissance, la survie et le recouvrement des divers patrons de plantation. Des recommandations pourront ainsi être élaborées dans le cadre d'une conversion d'anciennes terres agricoles en milieu forestier afin de partager les réussites, de même que les défis, qui seront survenus lors du projet de reboisement.

Finalement, nous obtiendrons des conclusions sur les divers suivis qui faisaient partie des sous-objectifs du projet de compensation du MTQ, tels que les suivis des transplantations et plantations, suivis fauniques et le suivi du carbone (Chapitre 7). Nous espérons d'ailleurs que les conclusions qui seront liées au bilan du carbone seront utiles au Ministère et pourront aider le ministère à bonifier leurs approches dans leurs projets de compensation futurs.

6. PLAN D'ENTRETIEN ANNUEL

Il sera essentiel d'entretenir les individus plantés et transplantés, via l'arrosage, la pose de protecteurs, ainsi que par la gestion des espèces compétitrices et envahissantes, afin d'optimiser le succès du reboisement. L'entretien se fera à récurrence annuelle durant toute la période du projet et un rapport sera rédigé chaque année (jusqu'en 2033) pour faire le compte rendu de celui-ci.

6.1. Protection contre l'herbivorie

Pour contrer l'effet néfaste que peuvent avoir les herbivores sur nos semis d'arbres, une protection sera réalisée en considération des différentes densités de plantations et de la topographie présente au sein des parcelles. Les deux alternatives de protection sont : une pose de protecteurs individuels et la création d'exclos. L'alternative la plus avantageuse sera sélectionnée en considération de la superficie de plants à protéger et des patrons de plantation. Par exemple, un espace de 1 ha de superficie (comme dans MR8) sera plus facilement aménageable avec un exclos qu'une vingtaine d'hectares (comme dans les terres enclavées).

Pour les patrons de faible densité et ayant une distance notable entre chaque plant, ou alors se trouvant sur une topographie particulière, des protecteurs individuels seront priorisés. En termes d'entretien, les protecteurs doivent être ajustés de sorte à ne pas brimer la croissance et le développement de l'arbre. Ils doivent aussi être retirés lorsque les semis atteignent une hauteur de plus de 2-3 m. Au moment du retrait de ceux-ci, il faudra aussi faire attention de ne pas endommager les branches d'arbres qui auraient pu se faufiler entre les mailles des protecteurs. Ainsi, les protecteurs individuels sont intéressants comme option, car ils agissent comme tuteur individuel en plus de protéger les arbres contre l'herbivorie, mais peuvent cependant gêner le développement de l'arbre et nécessitent plus d'entretien.

Lorsque possible (par exemple dans le MR8 ou pour des parcelles de plantations denses à venir dans les terres enclavées), la protection des arbres consistera plutôt à l'établissement d'exclos, qu'à la pose de protecteurs individuels. Les exclos seront construits de manière à entourer les plantations pour empêcher l'entrée des herbivores à l'intérieur, incluant les chevreuils et autres rongeurs du secteur. Les exclos permettront également d'offrir une liberté de croissance et de développement optimale aux arbres. De plus, l'utilisation d'exclos contre l'herbivorie pourrait permettre de réaliser des économies d'échelle (moins de matériel à acheter, moins de temps d'installation, d'entretien et d'honoraires), comparativement à la mise en place de protecteurs individuels à la grandeur des plantations. Dans les

endroits où plusieurs exclos pourraient être construits, comme dans les terres enclavées, nous prendrons en considération la libre circulation de la faune entre les exclos en évitant des passages trop étroits.

6.2. Arrosage

Les arbres de gros calibres ayant été transplantés dans le MR8A devront être arrosés pour au moins 10 ans suivant leur transplantation. Leur arrosage permettra d'augmenter les chances de survie de ces individus. Lors de canicules ou de périodes de sécheresse durant les cinq premières années, la fréquence d'arrosage sera plus rapprochée. Alors qu'après 5 ans, cette fréquence pourrait être diminuée à une à deux fois par an lors de canicules, si nécessaire.

Pour ce faire, un système d'arrosage à partir de camions-citernes sera mis en place à proximité du MR8 afin de réduire le stress hydrique des arbres. Selon plusieurs spécialistes, vu la grosseur des arbres transplantés, l'arrosage devrait avoir lieu durant presque toute la période du suivi (2020 à 2030). Sinon, pour ce qui est des autres plantations à venir dans le MR8 et les terres enclavées, l'arrosage aura lieu au moment de la mise en terre des arbres et seulement lors des périodes de canicules, considérant la difficulté logistique pour transporter de grands volumes d'eau sur le site.

6.3. Contrôle d'espèces compétitrices

Outre le plan de lutte contre les EVEE, un contrôle des espèces compétitrices est aussi prévu. Certaines espèces de plantes herbacées transplantées tolèrent peu la compétition et doivent donc être prises en charge pour limiter l'impact de celle-ci sur leur survie et leur croissance respective. La végétation limitant la croissance des plants devra être contrôlée via des désherbages pour éliminer les espèces compétitrices indésirables autour, ou à l'intérieur, des plantations. Si de telles interventions doivent avoir lieu, les espèces qui entrent en compétition avec celles transplantées seront localisées et suivies dans le temps, afin de voir si un milieu précis semble être problématique. Pour les arbres et les arbustes, si une espèce indésirable ou une EVEE apparaît de façon spontanée et perturbe les plantations, une stratégie de contrôle sera développée. Plus spécifiquement, en ce qui concerne la protection des herbacées contre l'envahissement des espèces nuisibles, l'utilisation d'un paillis pourrait également être considéré dans l'intention de favoriser le succès des plantations.

6.4. Remplacement des plants morts

Chaque année post-plantation, un suivi sera effectué dans le but d'évaluer la vigueur et la survie des arbres plantés l'année précédente. Ce suivi permettra d'entretenir les plantations en remplaçant 100 % des arbres morts avec des spécimens de pépinières ou de croissance *ex-situ*. De plus, cette étape permettra de favoriser une création et une fermeture rapide de la canopée et participera aussi à atteindre une connectivité écologique entre les plantations et les écosystèmes avoisinants.

Les secteurs et les essences ayant le plus de mortalité seront pris en notes dans le but de pouvoir ajuster l'entretien et le suivi au fil des ans, et ainsi, apporter des corrections au besoin (modification des essences au taux de mortalité élevé, optimisation des patrons, réplifications de patrons à succès, optimisation des protections, etc.). Un dernier remplacement des arbres morts pourra avoir lieu à la dernière année de suivi du projet, afin d'optimiser la pérennité des plantations.

6.4.1. Suivi extensif

Les protocoles de suivi extensif sont rapides, ils comprennent dans un premier temps le suivi « scan » qui consiste à relever l'état (mort, vivant ou déperit) de tous les plants selon leur essence. Ce suivi sera effectué dans toutes les sous-zones afin de pouvoir effectuer l'entretien au même moment (ex. entretien des protecteurs) et de procéder au remplacement des arbres morts l'année suivant les plantations. Dans un deuxième temps, des mesures quant à la richesse et à l'abondance relative des différentes communautés végétales seront effectuées dans le but de les utiliser à titre d'indicateurs de diversité. Ceci inclut les différentes strates végétales transplantées et plantées, incluant les herbacées et les arbres.

7. PLAN DE SUIVI JUSQU'EN 2033

Le plan de suivi prévu pour 13 ans comprend l'implication de divers spécialistes impliqués dans le projet (Figure 31). Des rapports d'avancement des travaux seront fournis chaque année et des rapports de suivis plus exhaustifs, tenant compte du succès de reboisement et des autres volets, seront fournis en 2024, 2027 et 2033.

Les protocoles de suivis et leur fréquence ont été déterminés par chacun des chercheurs afin de quantifier le succès du projet dans l'espace et dans le temps.

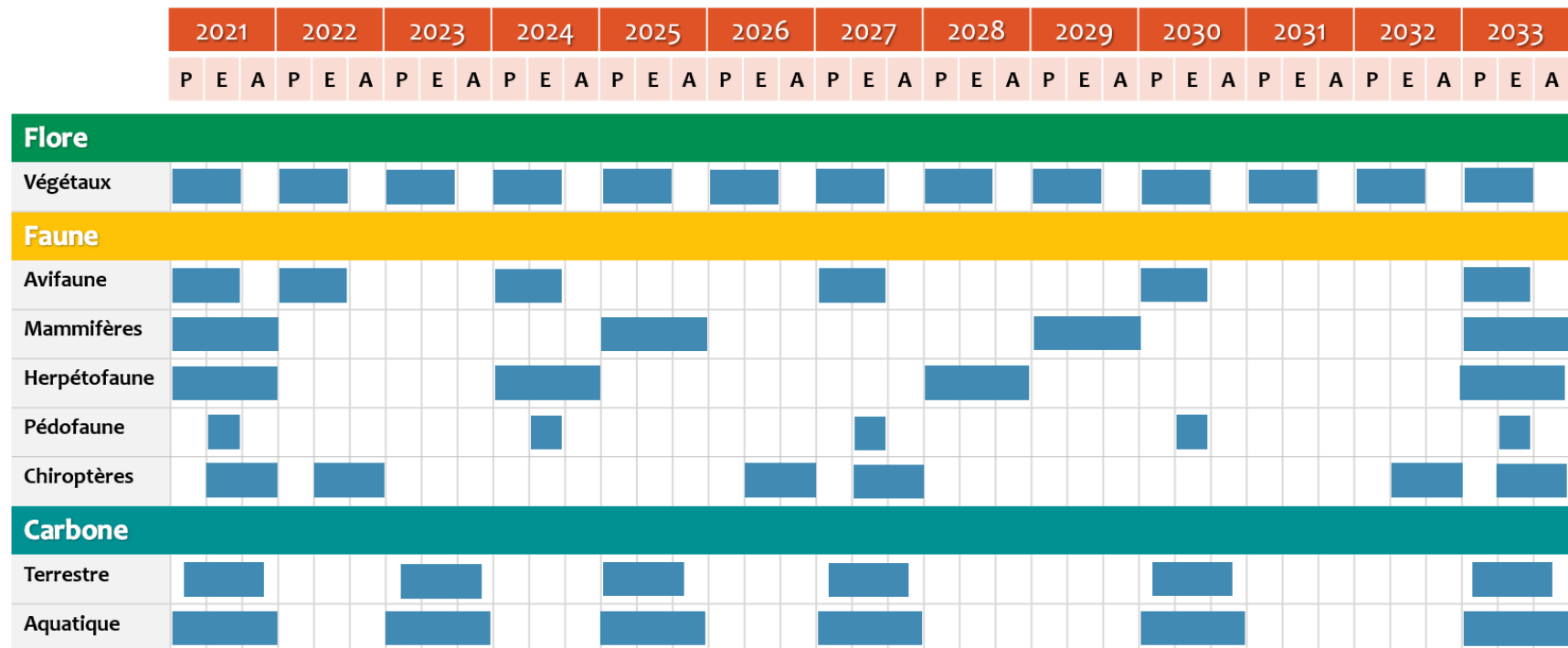


Figure 31. Durée et répartition des différents suivis qui seront effectués dans le cadre du projet de recherche sur une période de 13 ans.
 Légende : (P) signifie printemps, (E) été et (A) automne.

En 2020, un portrait des écosystèmes et de leurs communautés présentes dans les immeubles excédentaires du MTQ a été dressé afin d'offrir une base de référence aux suivis. De sorte à valider l'atteinte de nos objectifs dans le temps, plusieurs indicateurs de suivis ont ainsi été développés pour suivre l'évolution des différents volets dont il est question (Tableau 9). Le suivi des différents groupes fauniques servira entre autres à évaluer si les fonctions de l'écosystème sont rétablies et que les habitats sont propices pour ces divers groupes. Des groupes mobiles, comme l'avifaune, pourraient aussi nous indiquer si nos plantations servent un rôle fonctionnel dans la connectivité des habitats dans cette partie de la Montérégie.

Tableau 9 : Indicateurs d'atteinte des objectifs pour les différents volets (suivis jusqu'en 2033)

Objectifs	Indicateurs	Changements attendus (cibles)	Mesures quantitatives (suivis)
Maintien et augmentation de la diversité végétale du sous-bois	Taux de survie des espèces végétales rares et à statut précaire transplantées et plantées Diversité des espèces floristiques	Établissement des populations viables de toutes les espèces transplantées <u>Cible</u> : 100 % du succès Augmentation d'espèces non plantée ou ensemencée <u>Cible</u> : Augmentation de l'an 0 à l'an 10 de l'abondance et diversité floristique	<u>Suivi extensif</u> : Mesure de survie des espèces transplantées et plantées (herbacées et arbres) Abondance par espèce de la régénération forestière et implantation de nouveaux individus (par point d'échantillonnage ou nombre de quadrats)
Développement d'habitats pour la faune	Diversité structurale des forêts comme habitat pour les communautés d'avifaune, mammifères, pédofaune, herpétofaune	<u>Cible</u> : Augmentation de l'an 0 à l'an 10 de l'abondance et diversité faunique (pédofaune, herpétofaune, avifaune et mammifères)	<u>Suivi de l'avifaune</u> : Observation de la présence d'individus par point d'écoute ; Analyse des changements dans la composition des espèces ; Mesures des jeunes oiseaux comme indicateur du succès de reproduction <u>Suivi des mammifères et chiroptères</u> : Observation de la présence d'espèces

	Augmentation de l'abondance des détritivores Diversité horizontale structurale (richesse et abondance des arbres et plantes herbacées) Quantité et répartition du bois mort (volume et taille/ha)	<u>Cible</u> : Augmentation de l'an 0 à l'an 10 de l'abondance et diversité faunique (pédofaune détritivore) <u>Cible</u> : Diversité arborescente par ha similaire aux forêts matures de la région actuelle ou historique ; Indice de diversité des plantations (herbacées, arbres et végétation générale <u>Cible</u> : Augmentation des volumes du bois mort dans le temps ; Augmentation de la pédofaune détritivore, avifaune, herpétofaune, etc. dépendant du bois mort	de chiroptère, mammifères par photos ; Analyse des changements dans la composition des communautés <u>Suivi de l'herpétofaune</u> : Observation de la présence d'espèces par écoute ; Analyse des changements dans la composition des populations dans le temps <u>Suivi de la pédofaune</u> : Analyse de présence d'individus dans les échantillons Abondance par espèces d'arbres, arbustes et d'herbacées ; Évolution de la régénération forestière et implantation de nouveaux individus (par point d'échantillonnage ou nombre de quadrats) ; Indice de richesse et de Shannon Volume et densité de bois morts m³/ha et par stade de dégradation selon les clés de dégradation
--	--	--	--

Objectifs	Indicateurs	Changements attendus (cibles)	Mesures quantitatives (suivis)
Développement d'une forêt résiliente	Survie des espèces arborescentes transplantées et plantées ; Croissance du peuplement Établissement des espèces végétales par dispersion Fermeture de la canopée	<u>Cible</u> : Augmentation et par la suite maintien du couvert forestier à travers le temps <u>Cible</u> : Augmentation de l'abondance des espèces forestières indigènes non plantées <u>Cible</u> : Augmentation et par la suite maintien du couvert forestier à travers le temps	Coefficient de distribution ; suivi extensif et expérimental intensif ; Mesure de la croissance des espèces plantées Abondance par espèces ; Évolution de la régénération forestière et implantation de nouveaux individus (par point d'échantillonnage ou nombre de quadrats) Pourcentage (%) de fermeture de la canopée, incluant les sous-étages
Contrôle des EVEC	Abondance et recouvrement des EVEC Réduction de la densité des populations des EVEC	<u>Cible</u> : Élimination des EVEC du territoire (présence maximale < 2 % de la superficie) Densité des populations où les EVEC sont présentes à moins de 10 % de recouvrement d'une parcelle	Suivi des superficies et densités recouvertes par les EVEC dans les proportions du territoire avec leur présence Abondance des EVEC par m² dans les secteurs où elles sont présentes
Production des espèces d'arbres rares et à statut (<i>ex-situ</i>)	Semis atteignant une hauteur fixe après 2 ans Semis germés Taux de réussite des plantations des semis	<u>Cible</u> : Taux de croissance des semis de 20 % <u>Cible</u> : Taux de germination de 50 % <u>Cible</u> : Taux de survie minimal de 70 %	Suivi <i>ex-situ</i> (pépinière ou serre) du taux de germination et de survie des semences
Bilan carbone	Quantification de carbone séquestré et dégagé dans les différents milieux (aquatiques et terrestres)	<u>Cible</u> : Le ratio de tonnes de carbone/an produit vs carbone séquestré diminue dans le temps	Suivi de l'évolution du bilan carbone terrestre et aquatique aux points d'échantillonnages déterminés en tonnes de C par an

7.1. Protocole de suivi pour la flore

Le succès d'établissement des herbacées et des arbres à statut ainsi que des plantations de semis d'arbres sera suivi dans le temps. Spécifiquement, nous évaluerons la survie et la croissance des plants et le recouvrement du site par une canopée forestière (dans les premières années, par le « *stocking* » et par la suite par le % du recouvrement). Pour ce faire, des suivis de la flore seront réalisés jusqu'en 2033.

Étant donné qu'en 2020, seules des transplantations ont eu lieu, le suivi de la flore au printemps 2021 se limitera aux zones concernées ([*Information sensible*]). Le suivi des plantations débutera seulement en 2022, soit l'année suivant les premières plantations et se poursuivra jusqu'en 2033. Les résultats récoltés via ces suivis permettront dans un premier temps l'ajustement de l'aménagement en fonction des patrons performants, le remplacement au besoin des plants morts afin d'atteindre les buts du projet, ainsi qu'un apport à la littérature scientifique de restauration écosystémique. Différents protocoles de suivi végétal ont été établis pour le projet de recherche afin de réaliser ces objectifs, soit le :

1. Suivi extensif (état : vivant, dépérit, mort) ;
2. Suivi expérimental intensif (état et croissance) ;
3. Suivi du coefficient de distribution (*stocking*) ;
4. Suivi des espèces végétales exotiques envahissantes ;
5. Suivi de l'établissement de la flore non plantée.

7.1.1. Suivi extensif

Ce suivi sera effectué dans le cadre du plan d'entretien et est détaillé à la section 6.4.1. Il sera complémentaire aux analyses collectées avec le suivi expérimental intensif de la section suivante.

7.1.2. Suivi expérimental intensif

Le protocole de suivi intensif mesure l'état, la vigueur, la croissance et les défauts chez un nombre limité d'individus. La croissance se mesure par la hauteur pour les semis (avant la pousse annuelle), et par leur diamètre pour les gaules. Ce suivi sera réalisé en prenant compte de tous les individus présents à l'intérieur des répliquats pour chacun des traitements, ce qui représente approximativement 25 % de l'ensemble des quadrats, toutes zones confondues.

De manière accessoire, les mesures ponctuelles obtenues pour les quadrats de suivi extensif serviront à alimenter ces informations avec une analyse ponctuelle des réponses à un temps donné. Cette double approche incluant

un « *case-crossover* » et une analyse longitudinale prospective offrira une plus grande justesse aux interprétations.

Également, avec la collaboration possible du Dre Handa (section 7.4), un suivi additionnel pourra aussi être réalisé de manière ponctuelle dans les différents secteurs de sorte à faciliter l'interprétation de la réponse de différents groupes taxonomiques (ex. xylophages) au reboisement.

7.1.3. Suivi du coefficient de distribution

Afin de suivre l'évolution de la restauration forestière des milieux, un protocole de suivi de la régénération sera effectué chaque année. Le calcul du coefficient de distribution (*stocking*) est une mesure quantitative de la surface occupée par les arbres, mesurée en termes d'arbres bien espacés par rapport à un niveau de densité optimal ou souhaité. Le coefficient de distribution est donc une méthode utilisée afin d'évaluer le potentiel d'un site à atteindre des objectifs d'aménagement et consiste à dénombrer le nombre d'arbres vivants présents par unité de surface. Les mesures d'échantillonnages seront prises à l'intérieur de quadrats de 4 m² pour correspondre aux standards utilisés de l'industrie forestière québécoise.

Ce suivi prévoit être effectué annuellement au début des plantations, et par la suite aux 2 ans, ce qui permettra le suivi de l'évolution de la densité et de la répartition des individus. En foresterie de production, un coefficient de distribution de 60 % est utilisé, mais pour les fins de restauration et d'habitats comme dans le cadre de ce projet, nous proposons de cibler 70 % ou plus.

7.1.4. Suivi des espèces envahissantes

L'évolution de l'envahissement des zones de plantations sera suivie via un protocole de suivi des espèces envahissantes à multiples échelles. À grande échelle, nous évaluerons les superficies recouvertes (%) par les EVEC sur l'ensemble du territoire. Pour chacune des zones dans lesquelles une présence d'EVEC sera notée, nous mettrons en place des quadrats semi-permanents de suivi afin d'y mesurer : la densité, le pourcentage de recouvrement total, et la superficie par chacune des colonies.

Ce suivi sera répété annuellement jusqu'à ce que le recouvrement des EVEC soit inférieur ou égal à 2 % de recouvrement (Tableau 9) et sera répété aux 2 ans par la suite. Ce double suivi permettra d'évaluer la propagation des EVEC et la réponse de celles-ci aux traitements (section 5.3). Les données obtenues permettront de s'ajuster en cours de route en plus de répliquer la ou les méthodes les plus efficaces au besoin.

7.1.5. Suivi de l'établissement de la flore non plantée

De sorte à suivre la colonisation et l'établissement par la flore non plantée, des tracés (transects) de 100 à 500 m seront établis annuellement dans chacune des zones de plantation. Toutes les plantes croisées par les tracés seront identifiées à l'espèce. Le recouvrement sera mesuré sur un sous échantillonnage de la virée pour donner une mesure de recouvrement et donc de rareté (ou abondance) de chaque espèce. Ceci permettra de réaliser un inventaire global des nouveaux plants et d'introduire une dimension supplémentaire à l'atteinte de l'objectif portant sur le maintien et l'augmentation de la diversité végétale pour le projet.

7.1.6. Suivi de la provenance des essences

Ce volet sera suivi avec l'aide d'un partenaire, le projet *SmartForests Canada*. Ce projet est une initiative pancanadienne menée par le Dr Daniel Kneeshaw incluant d'autres chercheurs tels que le Dr Nicolas Bélanger et le Dr Pierre Drapeau qui y sont associés. Les suivis *SmartForests Canada* entrent dans l'atteinte de l'objectif ministériel concernant la création d'une forêt résiliente aux changements climatiques. Ceux-ci offriront l'opportunité de prévoir les variations à venir dans le futur chez les arbres et les aspects à considérer pour préserver une diversité, fonctions écologiques et couvert forestier à court, moyen et long terme. Les suivis de base sur la survie et la croissance des différentes provenances seront complétés par un suivi des variations de la température et humidité grâce à des stations météorologiques du sol et de l'air. L'installation de ces appareils permettra aussi de corrélérer la survie et la croissance des mélanges et des densités variées avec les données de points sur les conditions environnementales.

De plus, les observations de la phénologie de croissance seront suivies par photos programmées par laps du temps (Phénocam), couvrant le moment de l'ouverture des bourgeons, le déploiement des feuilles ainsi que le moment de leur tombée. L'analyse de ces informations permettra de lier les changements phénologiques des espèces et des individus de différentes provenances en fonction des différents traitements et selon les conditions environnantes, ce qui servira d'indicateur de la performance et de la résilience des arbres. De même, ces plantations pourraient être suivies par le flux de sève et la croissance radiale à l'aide de dendromètres de point lorsque les arbres atteignent un diamètre permettant un tel suivi.

Ces suivis permettront d'acquérir des connaissances face aux différentes réponses écophysiologiques des arbres face aux traitements et aux conditions environnementales (surtout climatiques). De plus, ces résultats pourraient contribuer aux résultats de la réponse des mélanges d'espèces et des provenances qui est réalisée nationalement au sein du réseau des sites *SmartForests Canada*. En effet, le gradient des différents sites de données

permettra des interprétations plus robustes quant à la réponse des arbres aux changements climatiques, comparativement à n'avoir les résultats que d'un seul site. Ainsi, les informations acquises dans le cadre de ce projet pourront être intégrées au réseau *SmartForests Canada*, ce qui offrira un gain important dans la compréhension de la structure et des fonctions des forêts, incluant leur état de santé, leur diversité et leur résilience aux changements climatiques.

7.2. Protocole de suivi pour les mammifères

Le suivi sur les mammifères consistera principalement au suivi des chiroptères et dans une moindre mesure, au suivi des animaux généralistes. Dans le cadre de ce projet, nous entendrons par la faune généraliste les animaux que l'on retrouve généralement en abondance dans les milieux urbains et périurbains et qui sont parfois classés comme est animaux « nuisibles » ou « indésirables ».

Les chiroptères sont des animaux souvent dépréciés, souffrant de mauvaises réputations ce qui participe à ternir leur image et réduit les actions faites en leur faveur (Fenton, 2012). Pourtant leurs rôles dans les écosystèmes sont d'une grande importance. Notamment, ils jouent un rôle important au sein de la chaîne trophique, aident au contrôle d'espèces d'insectes nuisibles, en plus d'être des espèces parapluies⁴ (Jones *et al.*, 2009 ; U.S. Fish and Wildlife Service, 2020). Enfin, leur diversité et leur abondance répondent rapidement aux modifications de l'environnement, ce qui en fait d'excellents bioindicateurs (Jones *et al.*, 2009 ; Park, 2015). Par ailleurs, parmi les huit différentes espèces de chiroptères présentes au Québec, cinq sont susceptibles d'être désignées comme menacées ou vulnérables au niveau provincial (chauvesouris argentée, chauvesouris cendrée, chauvesouris pygmée de l'Est, chauvesouris rousse, pipistrelle de l'Est) (MFFP, 2021) et trois sont classées comme étant en voie de disparition au Canada (chauvesouris nordique, petite chauvesouris brune, pipistrelle de l'Est) (COSEPAC, 2013). Ainsi, l'utilisation d'enregistreurs d'ultrasons permettra de cibler en particulier ce groupe taxonomique d'intérêt appartenant à la classe des mammifères, et d'obtenir des données concrètes sur leur utilisation du territoire et leur diversité (section 7.2.1).

Les mammifères importuns tels que le cerf de Virginie, les canidés (coyotes, renards), les rongeurs (souris, écureuils, tamias, marmottes, castors, rats musqués, porcs-épics), les léporidés (lapins, lièvres), les mustélidés (belettes, martres) et les ratons laveurs sont tous des animaux susceptibles de répondre à la création d'un écosystème forestier (Litvaitis, 2001). Un suivi

⁴ Espèces dont la niche écologique permet la protection de plusieurs autres espèces animales ou végétales.

sera effectué à l'aide de caméras de chasse afin d'identifier les espèces présentes dans le secteur en fonction de l'avancement du projet (section 7.2.2).

7.2.1. Chiroptères

Le suivi des chiroptères implique l'installation d'appareils *Anabats Swift* à différents endroits : d'une part dans les zones de conservation et d'une autre dans des milieux témoins (habitats comparables situés dans un rayon maximum de 20 km), afin de pouvoir dresser un portrait global des espèces présentes à l'an 1. Par la suite, les enregistreurs localisés sur le site seront concentrés dans la zone de reboisement (terres enclavées), tandis que les autres seront conservés dans les milieux témoins. Ceci permettra de générer une base de données sur les espèces déjà présentes (année 1) et de la comparer aux espèces qui pourront être présentes dans les zones de reboisement dans les années subséquentes. Accessoirement, une attention particulière sera portée une fois les zones de milieux humides et d'habitat du poisson créés, puisqu'elles représentent des milieux clés pour la future utilisation des chiroptères, considérant que ce type de milieu sont des sources insectes. L'utilisation de sonomètres est également prévue, de sorte à évaluer si la construction et de la mise en service de l'autoroute à un impact sur l'utilisation des nouveaux habitats par les chauvesouris.

Pour chaque année de suivi, les enregistrements débiteront à la mi-juin et se termineront fin septembre, de façon à capter les espèces présentes dans les périodes de reproduction et de migration. Le suivi est prévu par période de deux années consécutives de façon à couvrir avant la mise en service de l'autoroute, pendant et après sa mise en service, soit en 2021, 2022, 2026, 2027, 2032 et 2033. Ceci permettra d'évaluer les communautés de chiroptères présentes, à la suite du développement de différentes strates végétales. En ce qui a trait aux analyses des données, M. Fabianek travaille à l'aide d'outils d'analyses automatisées de reconnaissances acoustiques. Cette méthode facilite grandement l'identification des espèces à partir des cris enregistrés.

Les chauvesouris nous indiqueront si le milieu reboisé supporte plus d'insectes que le milieu agricole remplacé (et donc si l'empreinte de pesticides agricoles s'est dissipée). Nous mettrons aussi en place des pièges lumineux (achetés par le projet *SmartForests Canada*) pour récolter les insectes volants. L'emphasis sera mise sur la quantité (biomasse) des insectes de différentes tailles comme ressource d'alimentation, mais les échantillons pesés seront conservés pour d'éventuels intérêts futurs sur la diversité des communautés des insectes volants.

7.2.2. Cerfs et mammifères généralistes

Le suivi des différents mammifères s'effectuera à l'aide de caméras de chasse installées sur le site à divers endroits stratégiques, de façon à représenter tous les différents types de milieux présents (friches, boisés, bordures de champs agricoles, bordure des milieux aquatiques). Ce suivi a pour but d'inventorier la faune dite généraliste, et donc, celle qui se retrouve souvent en abondance dans les différents milieux. Toutefois, la méthode n'exclut pas l'inventaire de certaines espèces rares ou à statut précaire, ou encore d'espèces non mammaliennes. Ainsi, la base de données qui sera créée à l'an 1 pourra ensuite être comparée aux prochains suivis qui seront effectués dans les mêmes types de milieux, mais qui vont plutôt être réalisés dans les zones de reboisement ou à proximité de celles-ci.

Le suivi se fera sur une période allant de mai à septembre, avec une récurrence aux quatre ans. Celui-ci sera donc effectué en 2021, 2025, 2029 et 2033. Les données récoltées permettront d'évaluer la recolonisation par les mammifères dans les nouveaux habitats créés, mais aussi de pouvoir adapter nos stratégies d'intervention en lien avec la protection des arbres contre l'herbivorie. L'analyse des images prises sera assurée par des étudiants en biologie supervisés par notre équipe.

7.3. Protocole de suivi pour l'avifaune

Le volet de l'avifaune sera suivi à l'aide de deux méthodes. La première consiste à faire des points d'écoute couplés à de l'observation active sur le terrain, ce qui permet de reconnaître le chant des oiseaux présents sur les sites et éventuellement de faire des observations visuelles des individus (ou indices de nidage). Les observations auditives et visuelles pourront aussi être provoquées en faisant jouer des bandes audios de houspillages. Les chants d'oiseaux inclus à un réseau de points d'écoute permettront de caractériser la communauté des passereaux présents et leur variation dans l'espace selon les caractéristiques des milieux (densité des arbres, surface terrière, chicots, etc.). Ce suivi sera également couplé à l'utilisation de sonomètres afin de mesurer le bruit environnant avant et après les points d'écoute. En ce qui concerne la deuxième méthode, celle-ci consiste en une écoute passive à l'aide d'enregistreurs acoustiques de type SM4 (marque *Wildlife Acoustics*). Afin de dresser le portrait global de l'avifaune déjà présente à l'an 1, les enregistreurs seront positionnés de deux façons, soit : répartis uniformément dans la zone de conservation, de façon à couvrir toutes les portions boisées du site et pour les zones témoins, ils seront positionnés à des endroits stratégiques dans des habitats comparables de la région (également dans un rayon de maximum 20 km du site). Le suivi de l'an 1 permettra d'établir une base de données des espèces présentes sur

le site et les environs, puis de la comparer dans le temps avec les espèces retrouvées dans les milieux de reboisement.

Le suivi pour l'avifaune se fera chaque fois entre la mi-mai et la mi-juillet, de façon à couvrir la période de chants d'appariement et de nidification (période reproductive). La récurrence du suivi aura lieu en 2021, 2022, 2024, 2027, 2030 et 2033. L'analyse de ces données sera effectuée par des étudiants du Dr Pierre Drapeau, ainsi que par l'un de leurs techniciens fauniques à guise de contre-expertise.

7.4. Protocole de suivi pour la pédofaune

La pédofaune joue un rôle crucial dans plusieurs processus du sol tels que la décomposition de la litière, la minéralisation de la matière organique, le recyclage des nutriments, les processus biogéochimiques, le maintien de la structure du sol, notamment par rapport à la porosité de celui-ci (oxygénation et rétention d'eau) et finalement, par son rôle dans la chaîne trophique (Beare *et al.*, 1995 ; Bullock, 2005 ; Domene, 2016). Le suivi de ce groupe taxonomique sera effectué sous la supervision de la Dre Tanya Handa et sera réalisé à l'aide d'une prise d'échantillons de sol. Les échantillons seront prélevés à l'aide de tarières sur une profondeur de 0 à 15 cm et seront ensuite triés dans le but d'extraire la faune contenue dans ces échantillons. L'identification des taxons sera particulièrement axée sur la mésofaune et notamment sur les collemboles, considérant qu'il s'agit d'un des groupes les plus communs et les plus abondants parmi les arthropodes, en plus d'être un bon indicateur de la qualité des sols (Greenslade, 2007). Pour chaque année de suivi, les échantillons seront pris une fois durant la saison de terrain (vers la fin juin) et pour l'année 1, le nombre d'échantillons recueillis sera le même pour tous les milieux, soit : 15 en forêt, 15 dans les friches et 15 dans la zone agricole (terres enclavées). Ceci permettra d'établir une base de données sur la faune déjà présente dans ces milieux qui pourra ensuite être comparée aux données récoltées dans les années subséquentes. À travers le temps, le nombre d'échantillons récoltés sera défini en fonction des différents patrons de plantation et de l'avancement de plantation sur le site, mais la période d'échantillonnage restera la même.

À l'échelle du projet de compensation, le suivi aura lieu en 2021, 2024, 2027, 2030 et 2033. Les données récoltées permettront d'établir l'évolution des différentes espèces parmi la pédofaune dans les milieux nouvellement reboisés, la rapidité de colonisation de celle-ci, et potentiellement, d'établir un lien entre la présence de certains taxons et le recyclage des nutriments et du carbone dans le sol.

7.5. Protocole de suivi pour l'herpétofaune

L'herpétofaune est un regroupement comprenant les amphibiens (anoures et salamandres) et les reptiles (couleuvres et tortues). Il s'agit d'un volet faunique important dans les écosystèmes, puisque les individus le composant agissent à titre de bioindicateurs de l'environnement (Lindenmayer *et al.*, 2000 ; USGS, 2004). En effet, par leur sensibilité à plusieurs stress, tels que les pluies acides, les contaminants, la pollution sonore, les maladies et l'introduction d'espèces exotiques envahissantes, l'herpétofaune permet d'analyser l'état de santé des écosystèmes (USGS, 2004 ; Sun & Narins, 2005 ; Nunes *et al.*, 2019). D'ailleurs ce type de faune est aussi l'un des premiers à recoloniser les milieux nouvellement naturalisés (Palis, 2007) et sert aussi d'indicateur précoce aux divers changements de l'environnement, comme les changements climatiques (Lindenmayer *et al.*, 2000). Les différents groupes qui seront suivis dans le cadre de ce projet sont les anoures, les salamandres et les couleuvres.

Pour les anoures, le suivi se fera à l'aide des mêmes enregistreurs que ceux utilisés pour l'avifaune (SM4 de *Wildlife Acoustics*). En effet, ces appareils ont la capacité de pouvoir capter les chants des deux groupes fauniques, et les appareils placés dans le milieu de conservation (et les milieux de reboisement pour les années suivantes) pourront donc servir au suivi des aux deux taxons. Quelques appareils supplémentaires seront également placés à l'intérieur de milieux témoins (habitats comparables dans un rayon de 20 km du site) afin de pouvoir caractériser la faune des milieux environnants. Lors de chaque année de suivi, celui-ci débutera début avril (ou dès la fonte des neiges) et se terminera à la fin juillet.

Les salamandres et les couleuvres seront quant à elles suivies à l'aide de refuges artificiels, constitués de planches de bois (salamandres) et de contreplaqués (couleuvres). Les espèces visées de salamandres sont principalement : la salamandre cendrée (*Plethodon cinereus*), et possiblement la salamandre à points bleus (*Ambystoma laterale*) et la salamandre à quatre orteils (*Hemidactylium scutatum*). En ce qui concerne les couleuvres, le site se situe dans l'aire de répartition de la couleuvre tachetée (*Lampropeltis triangulum*), mais toutes les espèces susceptibles d'être retrouvées dans ces milieux seront suivies puisque cette méthode n'est pas sélective. Cependant, une attention particulière sera portée lorsqu'une espèce à statut précaire sera inventoriée. Les deux types de refuges seront placés dans la zone de conservation la première année, puis dans les milieux de reboisement les années suivantes. Une visite mensuelle permettra de vérifier et d'inventorier les espèces présentes sous ces refuges au cours de la saison. Pour les deux taxons, le suivi sera effectué à partir de la fin du mois d'avril jusqu'au mois de septembre.

Le suivi de tous les groupes d'herpétofaune aura lieu en 2021, 2024, 2028 et 2033, et sera sous la supervision du Dr Mazerolle. Il permettra d'évaluer la faune déjà présente dans le secteur et la comparer dans le temps après la construction de l'autoroute et la mise en place d'un nouvel écosystème.

7.6. Protocole de suivi pour le carbone terrestre

Afin de pouvoir dresser le bilan du carbone et d'évaluer les potentiels effets des plantations et de l'autoroute, différentes mesures du carbone terrestre seront prises au fil du temps. D'une part, des mesures de carbone total et de différentes formes de carbone seront effectuées à partir d'échantillons de sol. Puis d'une autre, des chambres de respiration et des lysimètres seront installés dans les différents milieux à l'an 1 et 2, respectivement, afin de mesurer le carbone sous forme gazeuse (CO_2/CH_4) et le carbone organique dissous.

Une première caractérisation a eu lieu à l'an 0 (2020) dans le but de connaître le carbone total présent dans le sol, mais aussi les différentes formes organiques de celui-ci, avant que les travaux de reboisement ne débutent. Ces analyses permettront de chiffrer les stocks présents dans le sol, mais aussi de les différencier quant à leur provenance et leur âge (nouveau/vieux carbone). Les échantillons requis pour ces analyses sont des carottes de sols effectués avec une tarière selon deux profondeurs, soit : 0-15 cm et 15-30 cm. Le nombre d'échantillons est variable selon les superficies et le type de milieux. À l'an 0, la caractérisation a tenu compte du milieu initial tel qu'il était, il est donc possible qu'en fonction de l'évolution des travaux le nombre d'échantillons augmente ou diminue à certains endroits. Par exemple, comme la majorité des terres enclavées étaient composées de monocultures, il y avait donc peu de variations de l'environnement et donc, le nombre d'échantillons requis était moindre, malgré que leurs superficies étaient considérables. Cela dit, au fil des ans, le nombre de points d'échantillonnages pourrait augmenter selon les recommandations du Dr Bélanger et de l'avancement des différents travaux de reboisement. Ce suivi sera effectué environ aux 5 ans, soit en 2027 et 2033.

Les chambres de respiration, quant à elles, seront installées à l'année 1 (2021), et la prise de données pourra commencer l'année même. Le suivi sera aussi effectué à raison de 4 à 5 fois par été en 2021, 2023, 2025, 2027, 2030 et 2033. Celles-ci permettront de recueillir des données sur la respiration totale des sols (hétérotrophe et autotrophe), et d'obtenir une mesure du flux de carbone en $\text{m}^2/\text{seconde}$. Les données amassées permettront ainsi de bonifier la compréhension de la dynamique du carbone dans le système.

Les lysimètres, qui permettent de mesurer les fluctuations de carbone organique dissous, seront un outil bénéfique afin de pouvoir faire un lien entre les mesures effectuées dans les sols et dans les milieux aquatiques. Leur installation aura lieu à l'an 2 (2022), et la récolte de données pourra débuter à l'an 3 (2023) après que les appareils soient stabilisés. La prise de données aura lieu 6 à 7 fois par été, aux années 2023, 2025, 2027, 2030 et 2033.

D'un point de vue plus technique, nous mesurerons la concentration du carbone par spectrométrie LIBS ainsi que la densité du sol par déplacement d'eau pour arriver à une estimation précise des pools de carbone. Une mesure des flux de carbone dans le sol, soit les pertes de carbone organique dissous dans les lixiviats (combustion et détection IR) et les pertes de CO₂ et CH₄ (spectrométrie CRD) via l'activité microbienne sera aussi effectuée. Ceci se fera de façon moins exhaustive étant donné le caractère intensif du travail.

Enfin, une estimation de la biomasse des arbres avec les modèles allométriques existants sera effectuée et ces biomasses seront ensuite transformées en réserves de carbone après des mesures de carbone de la tige et des autres compartiments des arbres (branches, par exemple).

Notes : Les protocoles utilisés pour faire l'évaluation du bilan carbone ne seront pas les mêmes que ceux proposés par le MTQ (mais devraient être considérées complémentaires et supplémentaires) étant donné que la méthode qu'ils proposent exclut les zones dites « perturbées » (par exemple là où il y a des EVEC) et les milieux humides dans l'édification du bilan carbone. Puisque le site est composé en grande partie par des milieux comparables, le bilan du carbone serait donc limité à une superficie amoindrie et non représentative du site ou des travaux accomplis dans ce projet de compensation. De même, selon le Dr Bélanger, l'approche qu'il propose pour réaliser un bilan du carbone terrestre ajoutera à la méthode employée par le MTQ, car elle tiendra compte d'un échantillonnage exhaustif des sols à une profondeur à laquelle les arbres et leurs systèmes racinaires peuvent influencer les pools de carbone.

7.7. Protocole de suivi pour le carbone aquatique

Dans le but d'établir un bilan du carbone complet dans un cadre de modification des écosystèmes (construction de l'autoroute) et de reboisement, un suivi dans les différents milieux aquatiques aura lieu. Les milieux visés sont la rivière aux Brochets (portrait global), les ruisseaux (portrait local) adjacents aux plantations (Bellefroid-Archambault, Edwin et

Louis-Rochelleau), l'habitat du poisson et les milieux humides prévus d'être créés. D'autre part, plusieurs mesures de base complémentaires seront aussi évaluées telles que la température (°C), la conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$), le pH, la concentration en oxygène (mg/L) et la saturation oxygène (%) afin d'établir des conditions environnementales de base lors de la prise d'échantillonnage. Ces données seront prises à partir d'une multisonde de type YSI.

Pour ce qui est de la prise d'échantillons, quatre différentes analyses seront effectuées, soit : la quantité totale de phosphore, la quantité totale d'azote, la quantité totale de carbone organique et inorganique et finalement, les concentrations en gaz dissous ainsi que leurs valeurs isotopiques pour le dioxyde de carbone (CO_2) et le méthane (CH_4). Le suivi aura lieu du mois de mai jusqu'au mois de septembre avec une récurrence approximative de 2 à 3 ans, soit aux années 2021, 2023, 2025, 2027, 2030 et 2033. Ces données permettront donc de quantifier les fluctuations de carbone, en plus de donner un indice sur l'évolution de la qualité de l'eau à travers le temps.

Éventuellement, lorsque la création de l'habitat du poisson sera complétée par le Groupe DDM, l'équipe du Dr Yves Prairie prévoit l'installation d'une chambre flottante munie d'un capteur pour mesurer les émissions de méthane provenant de ce milieu. Aussi, un capteur à pression et débit serait pertinent et est envisagé afin de mieux comprendre la dynamique de ce nouvel habitat et de ces flux.

8. ACTIVITÉS ÉDUCATIVES SUR LE PROJET

Dans le but de partager les connaissances et les expériences acquises lors de ce projet, différentes activités auront lieu en vue d'encourager le transfert des connaissances.

8.1. Activités prévues pour 2020

8.1.1. Webinaire

L'activité prévue pour le contrat de 2020, qui aura lieu au début de l'année 2021, consiste en un webinaire dirigé vers différents paliers ministériels, ainsi que les différents organismes (à but lucratif ou non) dédiés à la conservation et à la protection de l'environnement. Celui-ci sera présenté sous la forme d'une présentation dynamique qui aura pour but de résumer les différentes activités ayant eu lieu dans le présent contrat, les réalisations, les contraintes et les recommandations pertinentes à tenir compte lors de projets semblables.

8.2. Activités envisagées pour 2021-2022

Les activités présentées ci-dessous sont des suggestions de l'équipe de recherche de l'UQAM et seront réalisées uniquement avec l'accord et les recommandations du MTQ et des différents membres prenant part au comité de suivi.

8.2.1. Présentation à la mairie et plantation d'arbres par les citoyens

À la suite des différentes interventions sur le terrain durant l'année 2020, l'équipe de recherche a pu remarquer l'intérêt que la population du secteur peut porter à la protection de leur environnement, mais aussi, le manque d'acceptabilité sociale face à la construction du nouveau tronçon de l'A35. Le but de cette activité serait donc d'organiser une présentation à la mairie⁵ des municipalités locales (Pike River ou St-Armand), ainsi qu'une présentation régionale à la mairie de Saint-Jean-sur-Richelieu. Le but de cette présentation serait d'expliquer la nature du projet de compensation, le but de la restauration écosystémique et la bonification de l'environnement à

⁵ L'équipe conçoit qu'avec le contexte de pandémie actuel et les règles sanitaires en vigueur, la réalisation de cette activité pourrait être plus difficile, ou encore retardée dans le temps. Celle-ci pourrait d'ailleurs être effectuée à l'extérieur, en projetant une présentation sur le mur de la mairie un soir d'été, par exemple. Le respect des normes sanitaires sera primordial pour l'équipe de recherche et la sécurité de tous.

laquelle participe ce projet, en plus de sa valeur sur le plan scientifique. Cette présentation comporterait les grandes lignes du projet compensation, avec une emphase sur l'approche écosystémique développée par l'équipe de recherche.

Dans le même élan de participation citoyenne, il nous semble pertinent que la population locale puisse s'approprier le projet à leur façon. C'est pourquoi nous proposons l'organisation d'une ou plusieurs journées de visite des sites de reboisement couplée à la plantation d'arbres par les citoyens³. En la faisant participer directement, cette action rendrait possible le développement d'un sentiment d'appartenance par la communauté locale.

8.2.2. Mise en place de panneaux éducatifs

À proximité des sites des travaux de restauration des milieux (ex. MR8), des panneaux éducatifs pourront être installés pour rendre l'information sur le projet facilement accessible et compréhensible pour la population du secteur. Ces panneaux comprendront notamment des informations relatives aux objectifs du projet, les espèces végétales et fauniques qui sont présentes dans le secteur, incluant des photos, ainsi que des précisions concernant les méthodes de lutte employées contre les EVEC, le tout dans une forme vulgarisée et destinée au grand public.

8.2.3. Diffusion web de capsules informatives

La progression des travaux pourra être filmée sur différents moments afin de témoigner des étapes d'interventions et des défis que représente un projet de restauration de cette envergure. Au travers des multiples étapes de reboisement, des experts impliqués dans le projet pourront être passés en entrevues afin de témoigner de leur vision du projet, de son importance et de leur implication dans celui-ci. Ces capsules permettront de mettre en évidence les différentes dimensions explorées dans ce projet et leur importance au sein d'une restauration forestière de même que pour le fonctionnement des écosystèmes.

9. CONCLUSION

Le projet de compensation des terres enclavées de Pike River et Saint-Armand s'inscrit dans la mouvance actuelle de conservation et de favorisation de la biodiversité en lien avec le développement d'une conscience environnementale des institutions. Qui plus est, le projet de recherche qu'il comprend permettra d'explorer de nombreuses avenues et ainsi acquérir une expérience enrichissante pour d'autres projets futurs de restauration. Plus particulièrement, le développement d'une approche

écosystémique qui est à la base de la philosophie de ce projet cadre adéquatement avec les objectifs et les mandats du projet. Notamment en favorisant la biodiversité faunique et floristique, les structures qui les soutiennent, les fonctions assumées par un sol vivant, une succession rapide de la nouvelle forêt créée, les différents services fournis par les écosystèmes (séquestration du carbone, filtration de l'air et l'eau, habitats fauniques, etc.), en plus de créer une forêt résiliente aux changements climatiques et globaux. Tous ces aspects sont évidemment interreliés et interdépendants à l'image de l'écosystème, c'est pourquoi l'émergence de l'un sollicite celle d'un autre. Par conséquent, l'édification des patrons de reboisement, de la stratégie de disposition des legs biologiques et celle de contrôle des EVEC s'effectueront en ce sens.

Par ailleurs, un autre aspect important de l'approche développée repose sur son caractère évolutif. Les suivis qui sont planifiés à récurrence régulière permettront d'évaluer le succès des diverses méthodes déployées (de transplantations, de contrôle des EVEC, des patrons de plantations, de protections contre l'herbivorie, de suivis fauniques, etc.) et de les corriger en cours de route en sélectionnant les meilleures méthodes et/ou en expérimentant de nouvelles. Ceci participera assurément au succès du projet de restauration forestière et contribuera au développement de méthodes efficaces et reproductibles pour le futur.

Enfin, le volet éducatif est un autre pan important pour le succès du projet. En effet, rappelons que l'origine du projet de recherche découle de la volonté du MTQ à acquérir une expertise en matière de projet de compensation de pertes de milieux boisés et concernant leur objectif de carboneutralité. De ce fait, celui-ci nous encourage à mettre en place des activités de transfert de connaissances pour rendre disponible l'information relative au projet. De ce mandat, plusieurs idées et projets (discutés plus haut dans le rapport) ont été émis, ce qui aura pour effet de toucher différentes communautés de diverses façons. Ceci participera probablement à l'acceptabilité sociale du projet (de compensation, mais aussi de construction de l'autoroute), mais aussi à la propagation des connaissances acquises, et éventuellement à leur bonification.

Ce projet de compensation constitue une opportunité unique d'apprendre à plusieurs niveaux, et en vue d'honorer cette chance nous poserons les actions possibles pour le mener à bien.

RÉFÉRENCES

- Aerts, R. & Honnay, O. (2011). Forest restoration, biodiversity and ecosystem functioning. *BMC ecology*, 11(1), 29.
- Beare, M. H., Coleman, D. C., Crossley, D. A., Hendrix, P. F. & Odum, E. P. (1995). A hierarchical approach to evaluating the significance of soil biodiversity to biogeochemical cycling. *Plant and Soil*, 170(1), 5-22.
- Benetková, P., Tichý, L., Háněl, L., Kukla, J., Vicentini, F. & Frouz, J. (2020). The effect of soil and plant material transplants on vegetation and soil biota during forest restoration in a limestone quarry: A case study. *Ecological Engineering*, 158, 106039.
- Brouček, J. (2014). Effect of noise on performance, stress, and behaviour of animals. *Slovak journal of animal science*, 47(2), 111-123.
- Bullock, P. (2005). Climate change impacts. Dans *Encyclopedia of Soils in the Environment* (Vol. 1, p. 254-262). Amsterdam: Elsevier.
- Cain, M. L., Bowman, W. D. & Hacker, S. D. (2014). *Ecology* (3^e éd.). Sunderland, MA: Sinauer Associates, Inc.
- Cateau, E., Larrieu, L., Vallauri, D., Savoie, J. M., Touroult, J. & Brustel, H. (2015). Ancienneté et maturité : deux qualités complémentaires d'un écosystème forestier. *Comptes rendus biologies*, 338(1), 58-73.
- Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. (CERFO). (2020). *Caractérisation et diagnostic sylvicole de zones dédiées à la séquestration du carbone en contexte routier*. Récupéré de http://cerfo.qc.ca/wp-content/uploads/2020/09/Technote_Carbone_routier_27juillet-FINAL.pdf
- Chazdon, R. L. (2008). Beyond deforestation: restoring forests and ecosystem services on degraded lands. *Science*, 320(5882), 1458-1460.
- Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC). (2013). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur la petite chauvesouris brune (Myotis lucifugus), chauvesouris nordique (Myotis septentrionalis) et la pipistrelle de l'Est (Perimyotis subflavus) au Canada*. Ottawa : Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Récupéré de https://www.registrelep-sararegistry.gc.ca/virtual_sara/files/cosewic/sr_Little%20Brown%20Myotis&Northern%20Myotis&Tri-colored%20Bat_2013_f.pdf

Côté, S. D., Rooney, T. P., Tremblay, J. P., Dussault, C. & Waller, D. M. (2004). Ecological impacts of deer overabundance. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 35, 113-147.

Domene, X. (2016). A critical analysis of meso-and macrofauna effects following biochar supplementation. Dans *Biochar Application : Essential Soil Microbial Ecology* (p. 268-292). Amsterdam: Elsevier.

Dutilleux, G. (2012). Anthropogenic outdoor sound and wildlife: it's not just bioacoustics!. *Proceedings of the Acoustics 2012 Nantes Conference*, 2301–2306.

Fenton, M. B. (2012). Bats and white-nose syndrome. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(18), 6794-6795.

Fischer, J., Lindenmayer, D. B. & Manning, A. D. (2006). Biodiversity, ecosystem function, and resilience: ten guiding principles for commodity production landscapes. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 4(2), 80-86.

Fleurs du Québec. (2020). Lysimaque nummulaire. Dans *Encyclopédie des fleurs*. Récupéré de <http://www.fleursduquebec.com/encyclopedie/1804-lysimaque-nummulaire.html>

Greenslade, P. (2007). The potential of Collembola to act as indicators of landscape stress in Australia. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 47(4), 424-434.

Groupe DDM. (2019). *Prolongement de l'autoroute 35 entre Saint-Jean-sur-Richelieu et la frontière américaine. Phase 3 B entre Saint-Sébastien et Saint-Armand, Montérégie. Mise à jour d'inventaire d'espèces floristiques à statut particulier et caractérisation de milieux humides (18-1316-4)*. Rapport présenté au ministère des Transports du Québec

Info-Sols. (2021). *Carte interactive de la Montérégie-Est*. Récupéré de <http://www.info-sols.ca/carte.php>

Institut de Recherche et de Développement en Agroenvironnement (IRDA). (2008). *Carte pédologique 31H03102*. Échelle : 1 : 20 000. Québec : Institut de Recherche et de Développement en Agroenvironnement. Récupéré de https://irda.blob.core.windows.net/media/3423/pedo_31h03102.pdf

Jones, G., Jacobs, D. S., Kunz, T. H., Willig, M. R. & Racey, P. A. (2009). Carpe noctem: the importance of bats as bioindicators. *Endangered species research*, 8(1), 93-115.

Kellner, K. F. & Swihart, R. K. (2017). Herbivory on planted oak seedlings across a habitat edge created by timber harvest. *Plant Ecology*, 218(2), 213-223.

Körner, C. (2017). A matter of tree longevity. *Science*, 355(6321), 130-131.

Lavoie, C., Guay, G. & Joerin, F. (2014). Une liste des plantes vasculaires exotiques nuisibles du Québec : nouvelle approche pour la sélection des espèces et l'aide à la décision. *Écoscience*, 21(2), 133-156.

Leboeuf, M. (2016). *Arbres et plantes forestières du Québec et des Maritimes* (2^e éd.). Montréal: Éditions Michel Quintin.

Li, D., Niu, S. & Luo, Y. (2012). Global patterns of the dynamics of soil carbon and nitrogen stocks following afforestation: a meta-analysis. *New Phytologist*, 195(1), 172-181.

Lindenmayer, D. B., Margules, C. R. & Botkin, D. B. (2000). Indicators of biodiversity for ecologically sustainable forest management. *Conservation biology*, 14(4), 941-950.

Litvaitis, J. A. (2001). Importance of early successional habitats to mammals in eastern forests. *Wildlife Society Bulletin*, 29(2), 466-473.

Loyche Wilkie, M., Holmgren, P. & Castaneda, F. Forest Management Working Paper (FAO). (2003). *Sustainable forest management and the ecosystem approach: two concepts, one goal*. Récupéré de <http://www.fao.org/forestry/6417-0905522127db12a324c6991d0a53571fa.pdf>.

Maisonnette, C. & Rioux, S. (2001). Importance of riparian habitats for small mammal and herpetofaunal communities in agricultural landscapes of southern Québec. *Agriculture, ecosystems & environment*, 83(1-2), 165-175.

Maleki, K. & Hosseini, S. M. (2011). Investigation of the effects of leaves, branches and canopies of trees on noise pollution reduction. *Annals of Environmental Science*, 5(1), 13-21.

Marquis, D. A. & Brenneman, R. (1981). *The impact of deer on forest vegetation in Pennsylvania*. (General Technical Report NE-65). Broomall, PA: US Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Forest Experimental Station.

Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires Rurales de l'Ontario (MAAARO). (2021). *La toxicité des noyers*. Récupéré de http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/facts/info_walnut_toxicity.htm

Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC). (2006). Traitement des plaintes sur le bruit et exigences aux entreprises qui le génèrent. Récupéré de <https://www.environnement.gouv.qc.ca/publications/note-instructions/98-01/note-bruit.pdf>

Ministère de la Forêt, de la Faune et des Parcs (MFFP). (2001). *Le cycle du carbone et la forêt : de la photosynthèse aux produits forestiers*. Récupéré de <https://mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/rn963106.pdf>

Ministère de la Forêt, de la Faune et des Parcs (MFFP). (2012). *Guide de reconnaissance des types écologiques*. Récupéré de <https://mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/guide-ecologique-1a.pdf>

Ministère de la Forêt, de la Faune et des Parcs (MFFP). (2015). *L'aménagement écosystémique des forêts plus proche de la nature*. Récupéré de <https://mffp.gouv.qc.ca/documents/forets/amenagement/depliant-ecosystemique.pdf>

Ministère de la Forêt, de la Faune et des Parcs (MFFP). (2021). *Espèces fauniques menacées ou vulnérables*. Récupéré de <https://mffp.gouv.qc.ca/la-faune/especes/especes-menacees-vulnerables/#liste>

Ministère des Transports, de la Mobilité Durable et de l'Électrification des Transports (MTMDÉ). (2017). Plan d'action de développement durable 2020. Québec : l'auteur. Récupéré de https://www.transports.gouv.qc.ca/fr/ministere/role_ministere/plan-action-developpement-durable/Documents/plan-action-developpement-durable.pdf

Nilsson, S. & Schopfhauser, W. (1995). The carbon-sequestration potential of a global afforestation program. *Climatic change*, 30(3), 267-293.

Nunes, A. L., Fill, J. M., Davies, S. J., Louw, M., Rebelo, A. D., Thorp, C. J., Vimercati, G. & Measey, J. (2019). A global meta-analysis of the ecological impacts of alien species on native amphibians. *Proceedings of the Royal Society B*, 286(1897), 1-10.

Palis, J. G. (2007). If you build it, they will come: herpetofaunal colonization of constructed wetlands and adjacent terrestrial habitat in the Cache River drainage of southern Illinois. *Transactions of the Illinois State Academy of Science*, 100(2), 177-189.

Park, K. J. (2015). Mitigating the impacts of agriculture on biodiversity: bats and their potential role as bioindicators. *Mammalian Biology*, 80(3), 191-204.

Paul, K. I., Polglase, P. J., Nyakuengama, J. G. & Khanna, P. K. (2002). Change in soil carbon following afforestation. *Forest ecology and management*, 168(1-3), 241-257.

Pellerin, S. & Poulin, M. (2013). *Analyse de la situation des milieux humides au Québec et recommandations à des fins de conservation et de gestion durable*. Récupéré de http://belsp.uqtr.ca/id/eprint/1135/1/Pellerin_2013_Analyse-situation-milieux-humides_A.pdf

Pinno, B. D. & Bélanger, N. (2008). Ecosystem carbon gains from afforestation in the Boreal Transition ecozone of Saskatchewan (Canada) are coupled with the devolution of Black Chernozems. *Agriculture, ecosystems & environment*, 123(1-3), 56-62.

Prach, K., Barthä, S., Joyce, C. B., Pyšek, P., Van Diggelen, R. & Wiegleb, G. (2001). The role of spontaneous vegetation succession in ecosystem restoration: a perspective. *Applied Vegetation Science*, 4(1), 111-114.

Prairie, Y. T. (2008). Carbocentric limnology: looking back, looking forward. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 65(3), 543-548.

Rheindt, F. E. (2003). The impact of roads on birds: does song frequency play a role in determining susceptibility to noise pollution?. *Journal für Ornithologie*, 144(3), 295–306.

Rietveld, W. J. (1983). Allelopathic effects of juglone on germination and growth of several herbaceous and woody species. *Journal of Chemical Ecology*, 9(2), 295-308.

Roy, G. (2019). La technologie pour s'adapter aux changements climatiques : Savoir écouter la forêt qui murmure. *Vecteur Environnement*, 52(1), 22-23.

Simoneau, M. (2019). *Qualité de l'eau des tributaires de la baie Missisquoi : évolution temporelle 1999-2017 et portrait récent 2015-2017*. Québec : ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement. Récupéré de <http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/bassinversant/bassins/missisquoi/evolution1999-2017-portrait2015-2017/index.htm>

Slabbekoorn, H. & Ripmeester, E. A. P. (2008). Birdsong and anthropogenic noise: implications and applications for conservation. *Molecular ecology*, 17(1), 72–83.

St-Denis, A., Kneeshaw, D., Bélanger, N., Simard, S., Laforest-Lapointe, I. & Messier, C. (2017). Species-specific responses to forest soil inoculum in planted trees in an abandoned agricultural field. *Applied Soil Ecology*, 112, 1–10.

Sun, J. W. & Narins, P. M. (2005). Anthropogenic sounds differentially affect amphibian call rate. *Biological conservation*, 121(3), 419–427.

Tranvik, L. J., Downing, J. A., Cotner, J. B., Loiselle, S. A., Striegl, R. G., Ballatore, T. J., ... & Weyhenmeyer, G. A. (2009). Lakes and reservoirs as regulators of carbon cycling and climate. *Limnology and oceanography*, 54(6 partie 2), 2298–2314.

U.S. Fish and Wildlife Service. (2020). *Bats are one of the most important misunderstood animals*. Récupéré de <https://www.fws.gov/midwest/news/ImportanceOfBats.html>

U.S. Geological Survey (USGS). (2004). *Use of Amphibians as Indicators of Ecosystem Restoration Success*. Récupéré de <https://pubs.usgs.gov/fs/2004/3106/>

Vehrencamp, S. L. & Bradbury, J. W. (1998). *Principles of animal communication*. Sunderland, MA: Sinauer Associates Inc.

Voelker, B. W. & Dooley Jr, J. L. (2008). Impact by North American beaver (*Castor canadensis*) on forest plant composition in the wilds, a surface-mined landscape in southeastern Ohio. *Ohio Journal of Science*, 108(2), 9–15.

Wagner, R. G., & Zasada, J. C. (1991). Integrating plant autecology and silvicultural activities to prevent forest vegetation management problems. *The Forestry Chronicle*, 67(5), 506–513

ANNEXE A
INFORMATIONS ADDITIONNELLES RELATIVES AUX
TRANSPLANTATIONS

Accessibilité aux sites (Chapitre 3)

Puisque les sites visés pour réaliser les travaux de reboisement sont traversés par des ruisseaux et canaux de drainage, l'achat d'une planche de bois (de style contreplaqué) a permis d'accéder plus aisément à certains sites de transplantations, comme [*Information sensible*], en facilitant la traverse d'un bord à l'autre du ruisseau avec le matériel et les chariots (section 3.3.1). Il est cependant à considérer qu'au moment où les travaux ont été réalisés en automne le niveau de l'eau était bas ce qui réduisait la difficulté à traverser les ruisseaux. Ainsi, l'accessibilité aux sites est une contrainte variable en intensité selon les saisons.

Détails concernant la récolte d'herbacées et semis (section 3.1.2)

Pour les petites herbacées, telles que *Sanguinaria canadensis*, *Asarum canadense* et *Trillium grandiflorum*, les outils utilisés pour la récolte comprenaient des truelles de jardinage, un cultivateur et un transpositeur et les rhizomes furent récoltés de façon individuelle (soit un par un). Pour les plus grosses herbacées, telles que *Matteuccia struthiopteris*, *Carex typhina* et *Iris virginica*, des pelles rondes ont permis d'extraire les plants en motte comprenant plusieurs rhizomes (rhizomes plus rapprochés, sol moins rocailleux). Une division ultérieure des rhizomes fut effectuée à la main une fois rendu aux sites de transplantation. Enfin pour les semis de *Quercus bicolor* et de *Carya ovata*, des pelles rondes ont servi à les extraire de leur milieu d'origine. Toutefois leur extraction s'est avérée un véritable défi (par exemple, un semis de 1 m de hauteur peut facilement avoir des racines de 2 m de profondeur). Le plus souvent, deux personnes participaient ainsi à l'extraction d'un même semis (section 3.3.2).

Une fois récoltés, les plants étaient disposés dans des sacs de plantation (à base de polypropylène tissé) préalablement placés dans des bacs en plastique refermables. Les sacs étaient ensuite refermés ainsi que les couvercles (lorsque ça n'écrasait pas les plantes) de façon à préserver l'humidité et limiter les atteintes physiques lors des déplacements.

La matière organique, prélevée du milieu d'origine pour faciliter notamment l'établissement et l'acclimatation des plants transplantés, fut accumulée dans des chariots de jardinage et des brouettes afin d'être facilement déplacée. Une fois que tous les spécimens des espèces visées par les transplantations de la journée et que la matière organique ait été récoltée, les bacs et les chariots étaient transportés à la main jusqu'aux véhicules (de type pick-up) où ils furent disposés avec précaution pour éviter qu'ils ne se renversent durant le trajet.

Pour la plupart des milieux récepteurs (autres que [Information sensible]), l'unique accès se faisait par la rivière aux Brochets, c'est pourquoi l'équipe devait se rendre du côté de la rive ouest par le chemin du Bois afin de traverser la rivière à l'aide d'une embarcation à moteur (section 2.2.7). Une équipe d'un minimum de quatre personnes était alors requise afin d'être en mesure de lever et de placer les lourds chariots dans le véhicule puis dans la chaloupe sans se blesser.

Détails concernant la transplantation d'herbacées et semis (section 3.1.3)

Sur les lieux des transplantations, un ameublement du sol a été fait dans les quadrats à l'aide de pelles rondes et de râpeaux rigides pour faciliter les transplantations subséquentes. Les trous prévus pour chaque individu furent creusés au préalable afin d'y insérer de la matière organique provenant du milieu de récolte et de la mélanger au sol du milieu récepteur, contribuant ainsi à l'application de l'approche écosystémique déployée.

Pour les herbacées, les quadrats mesuraient et ont été délimités avec du ruban fluorescent et des piquets. Chaque quadrat fut identifié à l'aide d'un symbole lui correspondant inscrit sur un drapeau au feutre indélébile et un point GPS du même nom a été pris pour chacun. Pour chacune des espèces herbacées récoltées, différentes densités ont été testées, soit 1, 2, 5 ou 10 individus par quadrat de 1 m². De même, au sein de [Information sensible], des quadrats expérimentaux de 2 m² ont été créés en y incluant deux espèces d'herbacées (*I. virginica* + *M. struthiopteris* et *S. canadensis* + *A. canadense*)

Détails concernant la récolte des gros arbres (section 3.1.4)

Concernant les arbustes et les gaules d'espèces arborescentes, une portion d'entre eux fut récoltée à l'aide de la transplanteuse, notamment ceux situés sur le chemin d'accès aux grands arbres pour une question de facilité logistique. D'autres gaules et semis de grandes tailles ont été récoltés à l'aide d'une excavatrice (la même qui servit à effectuer le remblai) pour une question de coût, puis enveloppés individuellement dans des sacs de jutes puis disposés sur une remorque pour être directement transportés vers le [Information sensible] (Figure 32).



Figure 32. Construction du remblai dans la zone 8 et récolte des gaules arborescents

Détails concernant la problématique d'accessibilité aux sites (section 3.2.2)

Le chargement et déchargement des brouettes et chariots (remplis de matière organique) dans l'embarcation s'est avéré l'exercice le plus difficile tant ceux-ci étaient lourds et qu'il était facile de les renverser. Après quoi, une fois la rive atteinte, il fallait traverser la forêt marécageuse pour accéder aux milieux récepteurs qui étaient situés entre 1 à 4 km de la rive environ, dépendamment des sites. À cet effet, les chariots de jardinage « tout terrain » (de type Gorilla cart) se sont révélés extrêmement pratiques pour surmonter tous les obstacles que comporte la forêt (racines, branches, souches, fossés, etc.) et transporter tout le matériel (biologique et de travail) jusqu'aux sites de transplantation.

De plus, cette logistique de transport impliquant un détour conséquent (traversée de la rivière + forêt au lieu de passer par les champs agricoles) eut pour effet de rallonger le temps pris pour effectuer les transplantations des espèces à l'automne 2020. Évidemment, cette contrainte a prolongé le délai dédié aux transplantations de manière considérable à l'automne.

Détails techniques concernant le matériel à prévoir (section 3.3.1).

Les brouettes à roue unique sont absolument déconseillées pour procéder aux opérations de terrain, car elles sont trop instables et menacent fréquemment de basculer. Ceci s'est révélé être une problématique incontournable lors du transport de l'équipement d'une rive à l'autre (section 3.2.2) et ensuite à travers la forêt marécageuse. De plus, leur roue s'enlise facilement dans la boue et les sols humides, et il est plus difficile de

manœuvrer ensuite tant il faut donner un coup pour dégager la brouette. Les chariots tout terrain ont quant à eux permis des déplacements plus sécuritaires et efficaces pour tous milieux confondus.

Concernant l'accessibilité pour traverser les ruisseaux ou canaux de drainage, il est important d'identifier préalablement les endroits où le pont est prévu d'être installé pour y mesurer la largeur du ruisseau et s'assurer de disposer de suffisamment de feuilles de contreplaqués. De surcroît, il apparaît indispensable que les feuilles touchent le fond ou soient soutenues sur quelque chose de stable et solide pour qu'elles ne dérivent pas avec le courant ou ne s'enfoncent dans l'eau lorsqu'on marche dessus (qui plus est avec du matériel lourd). N'ayant pas pensé à ce détail, nous nous sommes servis de branches mortes trouvées sur place. Ceci dit, des poutres de type 2" x 4" pourraient être plus pratiques à cet effet. Enfin, la distance à parcourir en transportant les feuilles de contreplaqués à la main peut être une limitation considérant qu'elles sont pesantes. Dans les cas où le cours d'eau à traverser était situé trop loin pour apporter les feuilles de contreplaqué, nous avons dû faire des détours, parfois longs, et nous sommes allés jusqu'à surélever les chariots et le matériel avec de l'eau jusqu'aux hanches. En ce sens, l'étude préliminaire des passages de cours d'eau est incontournable afin de s'équiper adéquatement et de développer une stratégie efficace.

Pour les transplantations, un équipement adapté et une séquence spécifique sont aussi recommandés pour faciliter les manipulations. Par exemple, pour les herbacées : un dégagement de la litière de la surface du sol des quadrats est d'abord exécuté à l'aide d'un râteau, l'ameublement du sol à l'aide d'une pelle ronde en soulevant la terre à l'endroit où les plants préoyaient d'être plantés, la transplantation avec des truelles pour les herbacées, puis, un mélange de matière organique du milieu initial et du milieu récepteur.

Enfin, l'équipement individuel des transplanteurs ne doit pas être négligé. Des pantalons de pêche imperméable avec bottes intégrées (type waders) sont fortement recommandés lors de l'utilisation d'embarcation nautique et de traversées de ruisseaux pour charger et décharger le matériel avec les pieds dans l'eau. Des gants de plantations correspondant aux températures saisonnières sont également recommandés.

ANNEXE B
RAPPORT 1. PROTOCOLES DE TRANSPLANTATIONS

Rapport 1 : Protocoles de transplantation

**Projet de compensation, phase I
Caractérisation et transplantation
Reboisement des terres enclavées à Pike-River et Saint-Armand
R850.1**

Conception et rédaction

**Dominique Tardif, Biologiste
Laboratoire du Dr Kneeshaw, UQAM**

Collaboration

**Laurie Auclair, Assistante de recherche ;
César Gabillot, Agent de recherche ;
Natacha Jetha, Agente de recherche**

Laboratoire du Dr Kneeshaw, UQAM

**Daniel Kneeshaw, Chercheur principal
Centre d'étude de la forêt
Département des sciences biologiques
Faculté des sciences
Université du Québec à Montréal
Téléphone : 514-987-3000, poste 4480
Courriel : kneeshaw.daniel@uqam.ca**

Janvier 2021

TABLE DES MATIÈRES

1. CHAPITRE 1: MISE EN CONTEXTE	123
1.1. PÉRIODE DES TRAVAUX	124
1.2. MÉTHODOLOGIE DES TRANSPLANTATIONS	124
2. CHAPITRE 2: CARACTÉRISATION DES ZONES DE PRÉLÈVEMENT	125
2.1. ZONE 5	126
2.2. ZONE 6	127
2.3. ZONE 7	127
2.4. ZONE 8	128
3. CHAPITRE 3: CARACTÉRISATION DES MILIEUX OCTROYÉS À LA TRANSPLANTATION	128
3.1. MILIEU RÉCEPTEUR 1 (MR1).....	131
3.2. MILIEU RÉCEPTEUR 2 (MR2).....	132
3.3. MILIEU RÉCEPTEUR 3 (MR3).....	134
3.4. MILIEU RÉCEPTEUR 4 (MR4).....	135
3.5. MILIEU RÉCEPTEUR 5 (MR5).....	136
3.6. MILIEU RÉCEPTEUR 6 (MR6).....	137
3.7. MILIEU RÉCEPTEUR 7 (MR7).....	139
3.8. MILIEU RÉCEPTEUR 8 (MR8).....	140
4. CHAPITRE 4: SOMMAIRE DES STRUCTURES PROPOSÉES POUR LA TRANSPLANTATION	142
5. CHAPITRE 5 : PROTOCOLE DE TRANSPLANTATION: <i>ACER</i> <i>NIGRUM</i>	144
5.1. INFORMATION SUR L'ESPÈCE.....	145
5.1.1. CONTEXTE ET PROBLÉMATIQUE.....	145
5.1.2. NOMBRE DE SEMIS IDENTIFIÉS IN SITU POUR LE MOMENT	145
5.1.3. IDENTIFICATION DE <i>ACER NIGRUM</i>	147
5.1.4. CARACTÉRISTIQUES IMPORTANTES SUR <i>ACER</i> <i>NIGRUM</i>	148
5.1.5. MODES DE REPRODUCTION	148
5.2. PROTOCOLE DE TRANSPLANTATION POUR <i>ACER NIGRUM</i>	149
5.2.1. CARACTÉRISATION DU MILIEU RÉCEPTEUR.....	149
5.2.2. MOYENS DE TRANSPLANTATION POUR <i>ACER NIGRUM</i>	150
5.3. MENACES À CONSIDÉRER POUR <i>ACER NIGRUM</i>	152
5.3.1. INSECTES	152
5.3.2. MALADIES.....	152
5.3.3. ÉRABLE À SUCRE	153
5.3.4. HERBIVORIE	153
6. CHAPITRE 6 : PROTOCOLE DE TRANSPLANTATION: <i>ALLIUM</i> <i>TRICOCCUM</i>	154
6.1. INFORMATION SUR L'ESPÈCE.....	155
6.1.1. CONTEXTE ET PROBLÉMATIQUE.....	155

6.1.2. NOMBRE DE SEMIS IDENTIFIÉS IN SITU POUR LE MOMENT	155
6.1.3. IDENTIFICATION DE <i>ALLIUM TRICOCCUM</i>	156
6.1.4. CARACTÉRISTIQUES IMPORTANTES SUR <i>ALLIUM</i> <i>TRICOCCUM</i>	157
6.1.5. MODES DE REPRODUCTION	157
6.2. PROTOCOLE DE TRANSPLANTATION POUR <i>ALLIUM</i> <i>TRICOCCUM</i>	157
6.2.1. CARACTÉRISATION DU MILIEU RÉCEPTEUR.....	157
6.2.2 MOYENS DE TRANSPLANTATION POUR <i>ALLIUM</i> <i>TRICOCCUM</i>	159
5.3. MENACES À CONSIDÉRER POUR <i>ALLIUM TRICOCCUM</i>	162
5.3.1 RÉCOLTE HUMAINE.....	162
5.3.2 URBANISATION ET DESTRUCTION DES HABITATS....	162
7. CHAPITRE 7: PROTOCOLE DE TRANSPLANTATION: <i>ASARUM</i> <i>CANADENSE</i>	163
7.1. INFORMATION SUR L'ESPÈCE.....	164
7.1.1. CONTEXTE ET PROBLÉMATIQUE.....	164
7.1.2. NOMBRE DE SEMIS IDENTIFIÉS IN SITU POUR LE MOMENT	164
7.1.3. IDENTIFICATION D' <i>ASARUM CANADENSE</i>	165
7.1.4. CARACTÉRISTIQUES IMPORTANTES SUR <i>ASARUM</i> <i>CANADENSE</i>	166
7.1.5. MODES DE REPRODUCTION	166
7.2. PROTOCOLE DE TRANSPLANTATION POUR <i>ASARUM</i> <i>CANADENSE</i>	166
7.2.1. CARACTÉRISATION DU MILIEU RÉCEPTEUR.....	166
7.2.2. MOYENS DE TRANSPLANTATION POUR <i>ASARUM</i> <i>CANADENSE</i>	167
7.3. MENACES À CONSIDÉRER POUR <i>ASARUM CANADENSE</i>	168
7.3.1. CERF DE VIRGINIE.....	168
7.3.2 RÉCOLTE HUMAINE.....	169
8. CHAPITRE 8 : PROTOCOLE DE TRANSPLANTATION: <i>CARDAMINE</i> <i>DIPHYLLA</i>	170
8.1. INFORMATION SUR L'ESPÈCE.....	171
8.1.1 CONTEXTE ET PROBLÉMATIQUE.....	171
8.1.2 NOMBRE DE SEMIS IDENTIFIÉS IN SITU POUR LE MOMENT	171
8.1.3. IDENTIFICATION DE <i>CARDAMINE DIPHYLLA</i>	172
8.1.4. CARACTÉRISTIQUES IMPORTANTES SUR <i>CARDAMINE</i> <i>DIPHYLLA</i>	173
8.1.5. MODES DE REPRODUCTION.....	173
8.2. PROTOCOLE DE TRANSPLANTATION POUR <i>CARDAMINE</i> <i>DIPHYLLA</i>	173
8.2.1 CARACTÉRISATION DU MILIEU RÉCEPTEUR.....	173

8.2.2. MOYENS DE TRANSPLANTATION POUR <i>CARDAMINE</i>	
<i>DIPHYLLA</i>	174
8.3. MENACES À CONSIDÉRER POUR <i>CARDAMINE DIPHYLLA</i>	175
8.3.1 CERF DE VIRGINIE	175
8.3.2 RÉCOLTE HUMAINE	175
9. CHAPITRE 9 : PROTOCOLE DE TRANSPLANTATION: <i>CAREX</i>	
<i>TYPHINA</i>	176
9.1. INFORMATION SUR L'ESPÈCE	177
9.1.1. CONTEXTE ET PROBLÉMATIQUE	177
9.1.2 LE NOMBRE DE SEMIS IDENTIFIÉS IN SITU POUR LE	
MOMENT	177
9.1.3. IDENTIFICATION DE <i>CAREX TYPHINA</i>	178
9.1.4 CARACTÉRISTIQUES IMPORTANTES SUR <i>CAREX</i>	
<i>TYPHINA</i>	179
9.1.5. MODES DE REPRODUCTION	179
9.2. PROTOCOLE DE TRANSPLANTATION POUR <i>CAREX TYPHINA</i>	
179	
9.2.1. CARACTÉRISATION DU MILIEU RÉCEPTEUR	179
9.2.2. MOYENS DE TRANSPLANTATION DE <i>CAREX TYPHINA</i>	
.....	180
9.3. MENACES À CONSIDÉRER POUR <i>CAREX TYPHINA</i>	182
9.3.1 COMPÉTITION (CONIFÈRES)	182
10. CHAPITRE 10 : PROTOCOLE DE TRANSPLANTATION: <i>CARYA</i>	
<i>OVATA</i>	183
10.1. INFORMATION SUR L'ESPÈCE	184
10.1.1. CONTEXTE ET PROBLÉMATIQUE	184
10.1.2. NOMBRE DE SEMIS IDENTIFIÉS IN SITU POUR LE	
MOMENT	184
10.1.3. IDENTIFICATION DE <i>CARYA OVATA</i>	185
10.1.4. CARACTÉRISTIQUES IMPORTANTES SUR <i>CARYA</i>	
<i>OVATA</i>	186
10.1.5. MODES DE REPRODUCTION	186
10.2. PROTOCOLE DE TRANSPLANTATION POUR <i>CARYA OVATA</i>	
187	
10.2.1. CARACTÉRISATION DU MILIEU RÉCEPTEUR	187
10.2.2 MOYENS DE TRANSPLANTATION POUR <i>CARYA OVATA</i>	
.....	188
10.3. MENACES À CONSIDÉRER POUR <i>CARYA OVATA</i>	189
10.3.1 MALADIES	189
10.3.2 INSECTES	190
10.3.3 ANIMAUX	191
11. CHAPITRE 11 : PROTOCOLE DE TRANSPLANTATION: <i>IRIS</i>	
<i>VIRGINICA</i>	192
11.1. INFORMATION SUR L'ESPÈCE	193
11.1.1. CONTEXTE ET PROBLÉMATIQUE	193

11.1.2 NOMBRE DE SEMIS IDENTIFIÉS IN SITU POUR LE MOMENT	193
11.1.3. IDENTIFICATION DE IRIS VIRGINICA	194
11.1.4. CARACTÉRISTIQUES IMPORTANTES SUR IRIS VIRGINICA	195
11.1.5. MODES DE REPRODUCTION	195
11.2. PROTOCOLE DE TRANSPLANTATION POUR <i>IRIS VIRGINICA</i> 195	
11.2.1. CARACTÉRISATION DU MILIEU RÉCEPTEUR	195
11.2.2 MOYENS DE TRANSPLANTATION DE IRIS VIRGINICA	196
11.3. MENACES À CONSIDÉRER POUR <i>IRIS VIRGINICA</i>	197
11.3.1. RÉCOLTE HUMAINE	197
11.3.2. ÉROSION DES RIVES	198
12. CHAPITRE 12 : PROTOCOLE DE TRANSPLANTATION: <i>JUGLANS</i> <i>CINEREA</i>	199
12.1. INFORMATION SUR L'ESPÈCE	200
12.1.1 CONTEXTE ET PROBLÉMATIQUE	200
12.1.2. NOMBRE DE SEMIS IDENTIFIÉS IN SITU POUR LE MOMENT	201
12.1.3. IDENTIFICATION DE JUGLANS CINEREA	202
12.1.4. CARACTÉRISTIQUES IMPORTANTES SUR JUGLANS CINEREA	203
12.1.5. MODES DE REPRODUCTION	203
12.2. PROTOCOLE DE TRANSPLANTATION POUR <i>JUGLANS</i> <i>CINEREA</i>	204
12.2.1. CARACTÉRISATION DU MILIEU RÉCEPTEUR	204
12.2.2 MOYENS DE TRANSPLANTATION POUR JUGLANS CINEREA	205
12.3. MENACES À CONSIDÉRER POUR <i>JUGLANS CINEREA</i>	207
12.3.1. CHANCRE DU NOYER CENDRÉ	207
12.3.2. HERBIVORES ET GRANIVORES	208
12.3.3. CLIMAT	208
13. CHAPITRE 13 : PROTOCOLE DE TRANSPLANTATION: <i>MATTEUCCIA STRUTHIOPTERIS</i>	209
13.1. INFORMATION SUR L'ESPÈCE	210
13.1.1. CONTEXTE ET PROBLÉMATIQUE	210
13.1.2. LE NOMBRE DE SEMIS IDENTIFIÉS IN SITU POUR LE MOMENT	210
13.1.3. IDENTIFICATION DE MATTEUCCIA STRUTHIOPTERIS	211
13.1.4. CARACTÉRISTIQUES IMPORTANTES SUR MATTEUCCIA STRUTHIOPTERIS	212
13.1.5. MODES DE REPRODUCTION	212
13.2. PROTOCOLE DE TRANSPLANTATION POUR <i>MATTEUCCIA</i> <i>STRUTHIOPTERIS</i>	213

13.2.1. CARACTÉRISATION DU MILIEU RÉCEPTEUR.....	213
13.2.2. MOYENS DE TRANSPLANTATION MATTEUCCIA STRUTHIOPTERIS	214
13.3. MENACES À CONSIDÉRER POUR MATTEUCCIA STRUTHIOPTERIS.....	215
13.3.1. RÉCOLTE HUMAINE	215
14. CHAPITRE 14 : PROTOCOLE DE TRANSPLANTATION: QUERCUS BICOLOR.....	216
14.1. INFORMATION SUR L'ESPÈCE.....	217
14.1.1. CONTEXTE ET PROBLÉMATIQUE.....	217
14.1.2. NOMBRE DE SEMIS IDENTIFIÉS IN SITU POUR LE MOMENT	217
14.1.3. IDENTIFICATION DE QUERCUS BICOLOR	218
14.1.4. CARACTÉRISTIQUES IMPORTANTES SUR QUERCUS BICOLOR	219
14.1.5. MODES DE REPRODUCTION	219
14.2. PROTOCOLE DE TRANSPLANTATION POUR QUERCUS BICOLOR.....	220
14.2.1. CARACTÉRISATION DU MILIEU RÉCEPTEUR.....	220
14.2.2. MOYENS DE TRANSPLANTATION POUR QUERCUS BICOLOR	221
14.3. MENACES À CONSIDÉRER POUR QUERCUS BICOLOR	222
14.3.1. INSECTES	222
14.3.2. MALADIES	223
14.3.3. ANIMAUX.....	224
15. CHAPITRE 15 : PROTOCOLE DE TRANSPLANTATION : SANGUINARIA CANADENSIS	225
15.1. INFORMATION SUR L'ESPÈCE.....	226
15.1.1. CONTEXTE ET PROBLÉMATIQUE.....	226
15.1.2. NOMBRE DE SEMIS IDENTIFIÉS IN SITU POUR LE MOMENT	226
15.1.3. IDENTIFICATION DE SANGUINARIA CANADENSIS...	227
15.1.4. CARACTÉRISTIQUES IMPORTANTES SUR SANGUINARIA CANADENSIS.....	228
15.1.5. MODES DE REPRODUCTION	228
15.2. PROTOCOLE DE TRANSPLANTATION DE SANGUINARIA CANADENSIS.....	228
15.2.1. CARACTÉRISATION DU MILIEU RÉCEPTEUR.....	228
15.2.2. MOYENS DE TRANSPLANTATION POUR SANGUINARIA CANADENSIS	229
15.3. MENACES À CONSIDÉRER POUR SANGUINARIA CANADENSIS 230	
15.3.1. CERF DE VIRGINIE	230
15.3.2. PERTE D'HABITAT	231
15.3.3. SURRÉCOLTE HUMAINE	231
15.3.4 MALADIES	231

16. CHAPITRE 16 : PROTOCOLE DE TRANSPLANTATION: <i>TRILLIUM</i>	
<i>GRANDIFLORUM</i>	232
16.1. INFORMATION SUR L'ESPÈCE.....	233
16.1.1. CONTEXTE ET PROBLÉMATIQUE.....	233
16.1.2. NOMBRE DE SEMIS IDENTIFIÉS IN SITU POUR LE	
MOMENT	233
16.1.3. IDENTIFICATION DE <i>TRILLIUM GRANDIFLORUM</i>	234
16.1.4. CARACTÉRISTIQUES IMPORTANTES SUR <i>TRILLIUM</i>	
<i>GRANDIFLORUM</i>	235
16.1.5. MODES DE REPRODUCTION	235
16.2. PROTOCOLE DE TRANSPLANTATION POUR <i>TRILLIUM</i>	
<i>GRANDIFLORUM</i>	236
16.2.1. CARACTÉRISATION DU MILIEU RÉCEPTEUR.....	236
16.2.2. MOYENS DE TRANSPLANTATION POUR <i>TRILLIUM</i>	
<i>GRANDIFLORUM</i>	237
16.3. MENACES À CONSIDÉRER POUR <i>TRILLIUM GRANDIFLORUM</i>	
238	
16.3.1. CERF DE VIRGINIE	238
16.3.2. RÉCOLTE HUMAINE	239
ANNEXES	240
RÉFÉRENCES	251
8.2. PROTOCOLE DE TRANSPLANTATION POUR <i>CARDAMINE</i>	
<i>DIPHYLLA</i>	173
8.2.1 CARACTÉRISATION DU MILIEU RÉCEPTEUR.....	173
8.2.2. MOYENS DE TRANSPLANTATION POUR <i>CARDAMINE</i>	
<i>DIPHYLLA</i>	174
8.3. MENACES À CONSIDÉRER POUR <i>CARDAMINE DIPHYLLA</i>	175
8.3.1 CERF DE VIRGINIE.....	175
8.3.2 RÉCOLTE HUMAINE.....	175
9. CHAPITRE 9 : PROTOCOLE DE TRANSPLANTATION: <i>CAREX</i>	
<i>TYPHINA</i>	176
9.1. INFORMATION SUR L'ESPÈCE.....	177
9.1.1. CONTEXTE ET PROBLÉMATIQUE.....	177
9.1.2 LE NOMBRE DE SEMIS IDENTIFIÉS IN SITU POUR LE	
MOMENT	177
9.1.3. IDENTIFICATION DE <i>CAREX TYPHINA</i>	178
9.1.4 CARACTÉRISTIQUES IMPORTANTES SUR <i>CAREX</i>	
<i>TYPHINA</i>	179
9.1.5. MODES DE REPRODUCTION	179
9.2. PROTOCOLE DE TRANSPLANTATION POUR <i>CAREX TYPHINA</i>	
179	
9.2.1. CARACTÉRISATION DU MILIEU RÉCEPTEUR.....	179
9.2.2. MOYENS DE TRANSPLANTATION DE <i>CAREX TYPHINA</i>	
.....	180
9.3. MENACES À CONSIDÉRER POUR <i>CAREX TYPHINA</i>	182

9.3.1	COMPÉTITION (CONIFÈRES)	182
10.	CHAPITRE 10 : PROTOCOLE DE TRANSPLANTATION: <i>CARYA</i>	
	<i>OVATA</i>	183
10.1.	INFORMATION SUR L'ESPÈCE	184
10.1.1.	CONTEXTE ET PROBLÉMATIQUE	184
10.1.2.	NOMBRE DE SEMIS IDENTIFIÉS IN SITU POUR LE MOMENT	184
10.1.3.	IDENTIFICATION DE <i>CARYA OVATA</i>	185
10.1.4.	CARACTÉRISTIQUES IMPORTANTES SUR <i>CARYA</i> <i>OVATA</i>	186
10.1.5.	MODES DE REPRODUCTION	186
10.2.	PROTOCOLE DE TRANSPLANTATION POUR <i>CARYA OVATA</i>	187
10.2.1.	CARACTÉRISATION DU MILIEU RÉCEPTEUR	187
10.2.2.	MOYENS DE TRANSPLANTATION POUR <i>CARYA OVATA</i>	188
10.3.	MENACES À CONSIDÉRER POUR <i>CARYA OVATA</i>	189
10.3.1.	MALADIES	189
10.3.2.	INSECTES	190
10.3.3.	ANIMAUX	191
11.	CHAPITRE 11 : PROTOCOLE DE TRANSPLANTATION: <i>IRIS</i>	
	<i>VIRGINICA</i>	192
11.1.	INFORMATION SUR L'ESPÈCE	193
11.1.1.	CONTEXTE ET PROBLÉMATIQUE	193
11.1.2.	NOMBRE DE SEMIS IDENTIFIÉS IN SITU POUR LE MOMENT	193
11.1.3.	IDENTIFICATION DE <i>IRIS VIRGINICA</i>	194
11.1.4.	CARACTÉRISTIQUES IMPORTANTES SUR <i>IRIS</i> <i>VIRGINICA</i>	195
11.1.5.	MODES DE REPRODUCTION	195
11.2.	PROTOCOLE DE TRANSPLANTATION POUR <i>IRIS VIRGINICA</i>	195
11.2.1.	CARACTÉRISATION DU MILIEU RÉCEPTEUR	195
11.2.2.	MOYENS DE TRANSPLANTATION DE <i>IRIS VIRGINICA</i>	196
11.3.	MENACES À CONSIDÉRER POUR <i>IRIS VIRGINICA</i>	197
11.3.1.	RÉCOLTE HUMAINE	197
11.3.2.	ÉROSION DES RIVES	198
12.	CHAPITRE 12 : PROTOCOLE DE TRANSPLANTATION: <i>JUGLANS</i>	
	<i>CINEREA</i>	199
12.1.	INFORMATION SUR L'ESPÈCE	200
12.1.1.	CONTEXTE ET PROBLÉMATIQUE	200
12.1.2.	NOMBRE DE SEMIS IDENTIFIÉS IN SITU POUR LE MOMENT	201
12.1.3.	IDENTIFICATION DE <i>JUGLANS CINEREA</i>	202

12.1.4. CARACTÉRISTIQUES IMPORTANTES SUR JUGLANS CINEREA	203
12.1.5. MODES DE REPRODUCTION	203
12.2. PROTOCOLE DE TRANSPLANTATION POUR <i>JUGLANS</i> <i>CINEREA</i>	204
12.2.1. CARACTÉRISATION DU MILIEU RÉCEPTEUR	204
12.2.2 MOYENS DE TRANSPLANTATION POUR JUGLANS CINEREA	205
12.3. MENACES À CONSIDÉRER POUR <i>JUGLANS CINEREA</i>	207
12.3.1. CHANCRE DU NOYER CENDRÉ	207
12.3.2. HERBIVORES ET GRANIVORES	208
12.3.3. CLIMAT	208
13. CHAPITRE 13 : PROTOCOLE DE TRANSPLANTATION: MATTEUCCIA STRUTHIOPTERIS	209
13.1. INFORMATION SUR L'ESPÈCE	210
13.1.1. CONTEXTE ET PROBLÉMATIQUE	210
13.1.2. LE NOMBRE DE SEMIS IDENTIFIÉS IN SITU POUR LE MOMENT	210
13.1.3. IDENTIFICATION DE MATTEUCCIA STRUTHIOPTERIS	211
13.1.4. CARACTÉRISTIQUES IMPORTANTES SUR MATTEUCCIA STRUTHIOPTERIS	212
13.1.5. MODES DE REPRODUCTION	212
13.2. PROTOCOLE DE TRANSPLANTATION POUR <i>MATTEUCCIA</i> <i>STRUTHIOPTERIS</i>	213
13.2.1. CARACTÉRISATION DU MILIEU RÉCEPTEUR	213
13.2.2. MOYENS DE TRANSPLANTATION MATTEUCCIA STRUTHIOPTERIS	214
13.3. MENACES À CONSIDÉRER POUR <i>MATTEUCCIA</i> <i>STRUTHIOPTERIS</i>	215
13.3.1. RÉCOLTE HUMAINE	215
14. CHAPITRE 14 : PROTOCOLE DE TRANSPLANTATION: <i>QUERCUS</i> <i>BICOLOR</i>	216
14.1. INFORMATION SUR L'ESPÈCE	217
14.1.1. CONTEXTE ET PROBLÉMATIQUE	217
14.1.2. NOMBRE DE SEMIS IDENTIFIÉS IN SITU POUR LE MOMENT	217
14.1.3. IDENTIFICATION DE <i>QUERCUS BICOLOR</i>	218
14.1.4. CARACTÉRISTIQUES IMPORTANTES SUR <i>QUERCUS</i> <i>BICOLOR</i>	219
14.1.5. MODES DE REPRODUCTION	219
14.2. PROTOCOLE DE TRANSPLANTATION POUR <i>QUERCUS</i> <i>BICOLOR</i>	220
14.2.1. CARACTÉRISATION DU MILIEU RÉCEPTEUR	220
14.2.2. MOYENS DE TRANSPLANTATION POUR <i>QUERCUS</i> <i>BICOLOR</i>	221

14.3. MENACES À CONSIDÉRER POUR <i>QUERCUS BICOLOR</i>	222
14.3.1. INSECTES	222
14.3.2. MALADIES	223
14.3.3. ANIMAUX	224
15. CHAPITRE 15 : PROTOCOLE DE TRANSPLANTATION :	
<i>SANGUINARIA CANADENSIS</i>	225
15.1. INFORMATION SUR L'ESPÈCE	226
15.1.1. CONTEXTE ET PROBLÉMATIQUE	226
15.1.2. NOMBRE DE SEMIS IDENTIFIÉS IN SITU POUR LE MOMENT	226
15.1.3. IDENTIFICATION DE <i>SANGUINARIA CANADENSIS</i> ...	227
15.1.4. CARACTÉRISTIQUES IMPORTANTES SUR <i>SANGUINARIA CANADENSIS</i>	228
15.1.5. MODES DE REPRODUCTION	228
15.2. PROTOCOLE DE TRANSPLANTATION DE <i>SANGUINARIA CANADENSIS</i>	228
15.2.1. CARACTÉRISATION DU MILIEU RÉCEPTEUR	228
15.2.2. MOYENS DE TRANSPLANTATION POUR <i>SANGUINARIA CANADENSIS</i>	229
15.3. MENACES À CONSIDÉRER POUR <i>SANGUINARIA CANADENSIS</i> 230	
15.3.1. CERF DE VIRGINIE	230
15.3.2. PERTE D'HABITAT	231
15.3.3. SURRÉCOLTE HUMAINE	231
15.3.4. MALADIES	231
16. CHAPITRE 16 : PROTOCOLE DE TRANSPLANTATION: <i>TRILLIUM GRANDIFLORUM</i> 232	
16.1. INFORMATION SUR L'ESPÈCE	233
16.1.1. CONTEXTE ET PROBLÉMATIQUE	233
16.1.2. NOMBRE DE SEMIS IDENTIFIÉS IN SITU POUR LE MOMENT	233
16.1.3. IDENTIFICATION DE <i>TRILLIUM GRANDIFLORUM</i>	234
16.1.4. CARACTÉRISTIQUES IMPORTANTES SUR <i>TRILLIUM GRANDIFLORUM</i>	235
16.1.5. MODES DE REPRODUCTION	235
16.2. PROTOCOLE DE TRANSPLANTATION POUR <i>TRILLIUM GRANDIFLORUM</i>	236
16.2.1. CARACTÉRISATION DU MILIEU RÉCEPTEUR	236
16.2.2. MOYENS DE TRANSPLANTATION POUR <i>TRILLIUM GRANDIFLORUM</i>	237
16.3. MENACES À CONSIDÉRER POUR <i>TRILLIUM GRANDIFLORUM</i> 238	
16.3.1. CERF DE VIRGINIE	238
16.3.2. RÉCOLTE HUMAINE	239
ANNEXES	240
RÉFÉRENCES	251

1. MISE EN CONTEXTE

Dans le cadre du projet de prolongement de l'autoroute 35 par le ministère des Transports du Québec (MTQ) dans le secteur de Pike River et Saint-Armand, le Ministère s'engage (décret gouvernemental 599-2007) à éviter et minimiser ses impacts, notamment par la transplantation d'espèces floristiques rares et à statut précaire⁶. Pour ce faire, certaines de ces espèces végétales d'intérêt se trouvant dans l'aire des travaux seront transplantées vers de nouveaux milieux afin de minimiser les impacts sur la biodiversité environnante. La transplantation de ces espèces s'inscrit également dans un projet de recherche mené par l'Université du Québec à Montréal (UQAM), à la demande du MTQ.

Ce projet de compensation vise entre autres la transplantation de 12 espèces rares et à statut précaire présentes dans le secteur, soit :

1. L'érable noir (*Acer nigrum*) ;
2. L'ail des bois (*Allium tricoccum*) ;
3. L'asaret du Canada (*Asarum canadense*) ;
4. Le carex massette (*Carex typhina*) ;
5. Le caryer ovale (*Carya ovata*) ;
6. La dentaire à deux feuilles (*Dentaria diphylla*) ;
7. L'iris de Virginie (*Iris virginica*) ;
8. Le noyer cendré (*Juglans cinerea*) ;
9. La matteucie fougère-à-l'autruche (*Matteuccia struthiopteris*) ;
10. Le chêne bicolore (*Quercus bicolor*) ;
11. La sanguinaire du Canada (*Sanguinaria canadensis*) ;
12. Le trille blanc (*Trillium grandiflorum*).

La récolte de ces espèces sera réalisée dans la mesure du possible, selon la présence et la disponibilité de celles-ci à l'intérieur des immeubles excédentaires du MTQ. Autrement, une approche de transplantation avec faible prélèvement (ex. : 10 %) à partir de colonies existantes situées en territoire non impacté par la construction routière sera proposée au Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) afin de ne pas perturber les populations présentes. Ainsi, les impacts occasionnés à ces espèces par la perte de superficies boisées seront compensés par leur relocalisation et leur transplantation dans d'autres lots boisés avoisinants qui présentent le potentiel le plus favorable à la transplantation pour chacune d'entre elles. Également, tels que mentionnés dans le **Devis de recherche** du MTQ, les sites de plantation devront prioritairement être situés dans les immeubles excédentaires du Ministère si

⁶ Statut menacé, vulnérable ou susceptible d'être ainsi désigné en vertu de la Loi sur les espèces menacées et vulnérables.

ceux-ci présentent le potentiel optimal pour la transplantation d'une ou plusieurs des espèces visées.

Ce rapport comprend donc une caractérisation sommaire des sites de prélèvements, ainsi qu'une caractérisation des milieux récepteurs potentiels qui sont disponibles dans les immeubles excédentaires du MTQ (une caractérisation plus détaillée des milieux fera l'objet de rapport 2). À la suite de ces sections, une description exhaustive de l'écologie propre à chacune de ces 12 espèces rares et à statut précaire a été réalisée, incluant : le nombre d'individus identifiés in situ (s'il y en a), leurs fiches d'identification respective et caractéristiques importantes, leurs protocoles de transplantation et milieux récepteurs potentiels, ainsi que les menaces à considérer pour elles en général.

1.1. Période des travaux

La transplantation des individus se fera durant la période de dormance des plantes, soit après la mi-septembre, et avant le gel des sols. La semaine du 28 septembre au 2 octobre 2020 est actuellement ciblée pour entreprendre les travaux de transplantation des herbacées et des semis, et celle du 26 octobre au 30 octobre pour les arbres matures et gaules. Ces périodes sont favorables afin de permettre que les végétaux soient en dormance et d'éviter la période de chasse (du 3 au 21 octobre, et du 7 au 22 novembre pour la zone 8 à l'est).

1.2. Méthodologie des transplantations

Les transplantations des espèces seront réalisées durant différents jours, soit selon la zone de prélèvement et les individus qui y sont disponibles. Ainsi, les individus récoltés lors d'une journée seront transplantés le jour même afin d'éviter que les plants dépérissent.

Comparativement aux zones de prélèvement où seront récoltés les plants (chapitre 2), la majorité des milieux récepteurs (chapitre 3) ne sont pas accessibles par la route. Il faudra donc prévoir une logistique de transport permettant d'avoir un accès à ces milieux récepteurs par voie maritime à partir de la rivière aux Brochets. Il faut donc prévoir l'emprunt d'une embarcation à moteur suffisamment grande pour y embarquer le matériel de plantation et l'équipe. En somme, le matériel indispensable à la récolte transplantation des semis et herbacées comprend :

- des truelles et des pelles ;
- des sacs de jute et des bacs de plastique de différentes capacités ;
- des chariots de type tout terrain (ex. *gorilla cart*) ;
- des protecteurs contre l'herbivorie ;
- du flag pour identifier nos individus ; et

- des chaudières et des arrosoirs.

Dès que les plants seront récoltés dans leur zone de prélèvement, ils seront mis dans un sac de jute inséré dans un bac de plastique correspondant à leur espèce. Cette étape permettra non seulement de transporter les plants sans les endommager, mais permettra aussi de conserver l'humidité des racines et de les protéger contre les rayons du soleil. Une quantité de 1 L par plant sera aussi récoltée dans les sites donneurs et transportée avec l'aide des chariots. Par la suite, l'arrosage des plants est prévu à l'aide de chaudières et d'arrosoirs qui seront remplis à partir de la rivière aux Brochets. La pose de protecteurs contre l'herbivorie pourrait ensuite être effectuée.

2. CARACTÉRISATION DES ZONES DE PRÉLÈVEMENT

Les zones de prélèvement sont des zones qui se situent sur l'emprise sur MTQ et qui seront éventuellement déboisées par la construction du nouveau tronçon routier. Lors de la caractérisation effectuée sur les terres du MTQ par l'équipe de l'UQAM et supportée par l'expertise du CNC, les différents secteurs ont été délimités en plusieurs zones, numérotées de 1 à 9. Les zones 5 (une partie) à 8 correspondent aux zones de prélèvement des espèces rares et à statut précaire (Image 1). Il est à noter que les zones 1 à 5, ainsi que la zone 9 correspondent plutôt à ce qui est appelé la zone de conservation (*voir Annexe 1*) et feront l'objet d'une caractérisation détaillée dans le rapport 2.

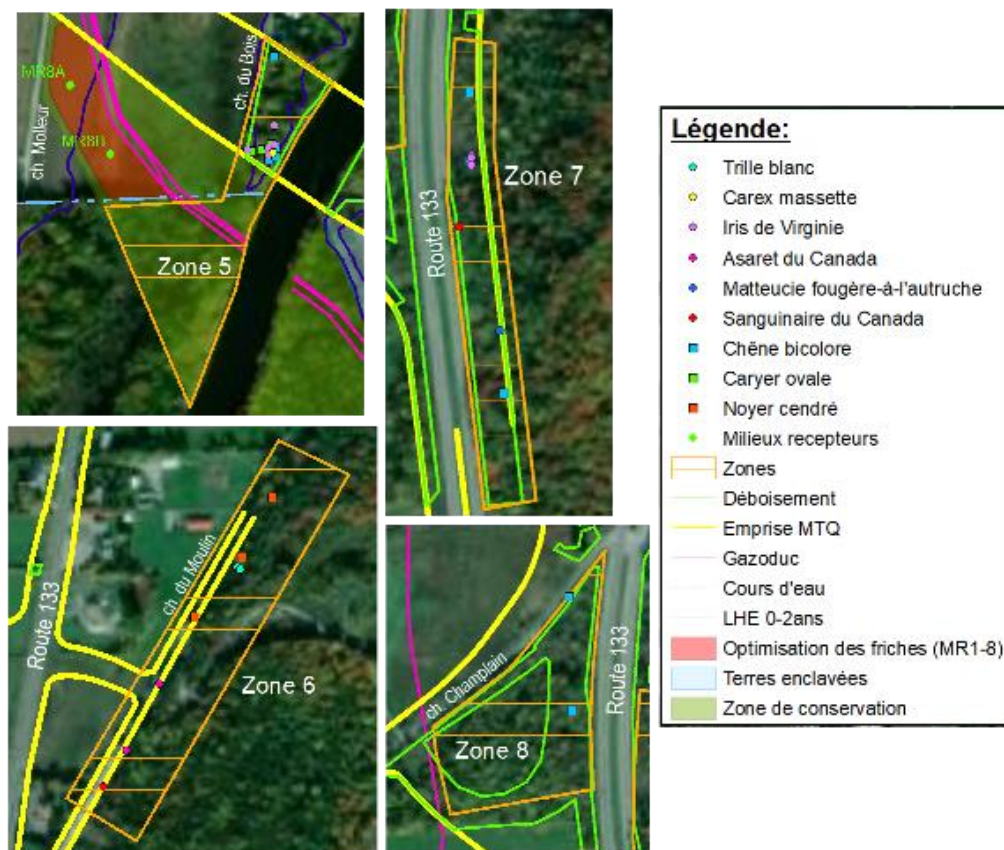


Image 1. Cartographie des zones 5 à 8 représentant les milieux de prélèvement des espèces rares et à statut précaire. Les zones 5 à 8 correspondent donc aux sites qui seront déboisés lors de la construction du nouveau tronçon routier.

2.1. Zone 5

La zone 5 est localisée à l'extrémité du chemin du Bois à Pike River et en bordure de la rivière aux Brochets. Il s'agit d'une zone boisée possédant une densité relativement forte d'arbres avec une composition principalement de feuillus, en plus d'avoir une grande diversité d'espèces herbacées. Au sein de cette zone, un total de 29 espèces végétales a été rencontré, dont les dominantes sont l'érable argenté (*Acer saccharinum*), le frêne rouge (*Fraxinus pennsylvanica*) et l'orme d'Amérique (*Ulmus americana*). De plus, parmi ces espèces se trouvent des espèces d'arbres et d'herbacées rares ou à statut précaire, tel que le caryer ovale, le carex massette, l'iris de Virginie et le chêne bicolore. Une faible portion de la zone 5 présente également des espèces végétales exotiques envahissantes (EVEE), dont le roseau commun (*Phragmites australis* subsp. *australis*) qui y est dispersé en petites sections. La présence, la densité et la superficie occupée par les EVEE seront détaillées dans le rapport 2 portant sur la caractérisation des

immeubles excédentaires du MTQ dans la région de Pike River et St-Armand.

Le sol qui se trouve dans la zone 5 est de type forestier avec une mince couche de matière organique et semble bien drainé. Cette zone servira au prélèvement d'herbacées ainsi que d'arbres de gros calibre par machinerie.

2.2. Zone 6

La zone 6 se trouve à être située le long du chemin du Moulin. Il s'agit d'une zone boisée avec une couverture de la canopée assez complète. Les essences dominantes y sont le thuya occidental (*Thuja occidentalis*), le frêne noir (*Fraxinus nigra*) et le tilleul d'Amérique (*Tilia americana*). Au sol, il est possible de retrouver la présence de pigamon dioïque (*Thalictrum dioicum*) et de waldsteinie faux-fraisier (*Geum fragarioides*). La présence de certaines herbacées d'intérêts tels que la sanguinaire du Canada, l'Asaret du Canada ainsi que le Trille blanc se dénote.

La zone présente un dénivelé important et se trouve en bordure d'un affleurement rocheux. Le sol y est donc assez bien drainé, avec une mince couche de matière organique au-dessus d'un substrat rocailleux. Cette zone ne servira que pour le prélèvement d'espèces d'herbacées rares et à statut précaire.

2.3. Zone 7

Cette zone se retrouve du côté est de la 133 et la zone longe cette route. La zone 7 est boisée, avec une couverture de la canopée bien présente et la présence de milieux humides. Les essences forestières sont dominées par l'érable argenté (*Acer saccharinum*), le frêne blanc (*Fraxinus americana*), le frêne rouge (*Fraxinus pennsylvanica*), l'ostryer de Virginie (*Ostrya virginiana*), ainsi que de peuplier deltoïde (*Populus deltoides*). La végétation au sol y est dominée par différentes variétés de carex (*Carex sp.*), de l'amphicarpe bractéolée (*Amphicarpaea bracteata*), de la vigne vierge à cinq folioles (*Parthenocissus quinquefolia*), de la vigne des rivages (*Vitis riparia*) et du fraisier des bois (*Fragaria vesca*). Il a été possible d'y trouver la présence de l'iris de Virginie, de la matteucie fougère-à-l'autruche, du carex massette, de la sanguinaire du Canada, du caryer ovale, ainsi que du chêne bicolore.

Le sol y est généralement mal drainé et présente une strate limoneuse-argileuse en surface. Considérant la difficulté d'accès avec la machinerie à

cette zone, seulement des espèces d'herbacées trouvées en ces lieux pourront y être prélevées pour être transplantées.

2.4. Zone 8

La zone 8 se trouve à être en bordure de la route 133 et du chemin Champlain dans le secteur de Saint-Armand. Cette zone est composée principalement d'espèces pionnières et intermédiaires, telles que des peupliers deltoïdes (*Populus deltoides*), peupliers faux-trembles (*Populus tremuloides*), ormes rouges (*Ulmus rubra*), frênes de Pennsylvanie (*Fraxinus pennsylvanica*) et de saules (*Salix sp.*). Au sol, la végétation est dominée par des graminées et il est possible de retrouver la présence du roseau commun, une EVEC.

Le sol y est majoritairement mal drainé, avec une strate argileuse en surface. Plusieurs marécages se trouvent à proximité de cette zone. Cette zone a été sélectionnée pour sa facilité d'accès via la machinerie pour procéder à la récolte des arbres de gros calibres pour la transplantation. Jusqu'à présent, aucune espèce herbacée d'intérêt n'y sera prélevée, dû à leur absence dans cette zone (voir Tableau IX), mais des semis et gaules pourront être récoltés avec l'aide de machinerie.

3. CARACTÉRISATION DES MILIEUX OCTROYÉS À LA TRANSPLANTATION

Une cartographie et une description des milieux récepteurs (MR) ont été effectuées aux abords des terres enclavées de l'autoroute 35 (Images 2 et 3). La description des sites inclut une évaluation de la végétation actuellement présente, la quantité de lumière disponible et une description des sols. La mesure du pH a aussi été effectuée, mais les résultats de ceux-ci n'ont pas été reçus avant de procéder aux transplantations et donc, ce paramètre n'a pas été considéré en 2020. Celui-ci sera cependant intégré aux aménagements lors des années suivantes.

Finalement, en ce qui a trait au caractère inondable des lieux, il faut savoir qu'une grande partie du territoire appartenant au MTQ se situe sous la LHE 0-2 ans. Dans les tableaux de caractérisations des sous-chapitres suivants, le terme « zone inondable » est donc en lien avec la LHE. Finalement, tous les milieux octroyés par le MTQ pour des fins de transplantations sont localisés dans la zone de grand courant.

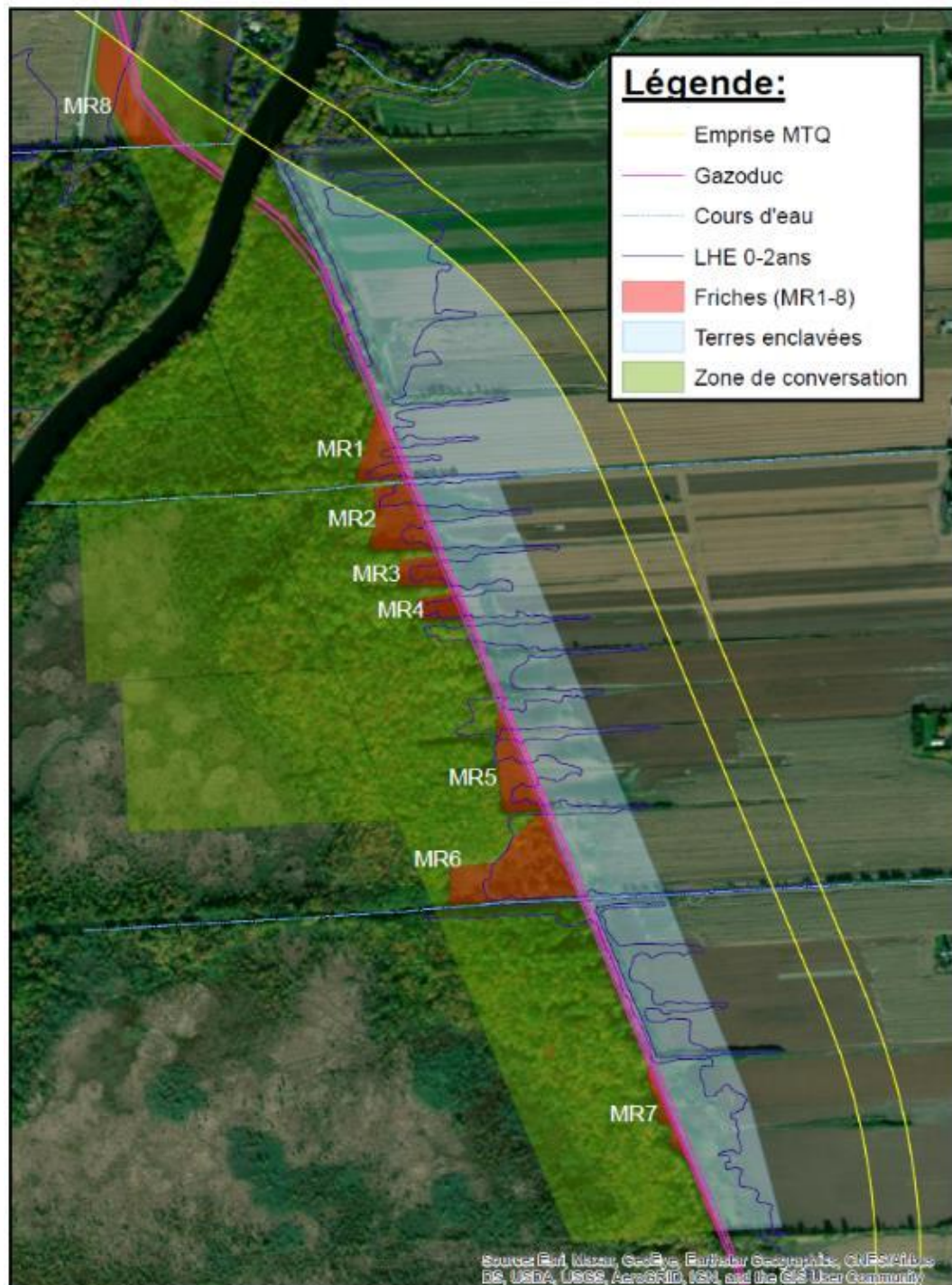


Image 2. Milieux récepteurs pour la transplantation des espèces floristiques à statut précaire. Au centre se trouvent les MR 1 à 6. À l'extrémité nord se trouve le MR8 et plus au sud se trouve le MR7.

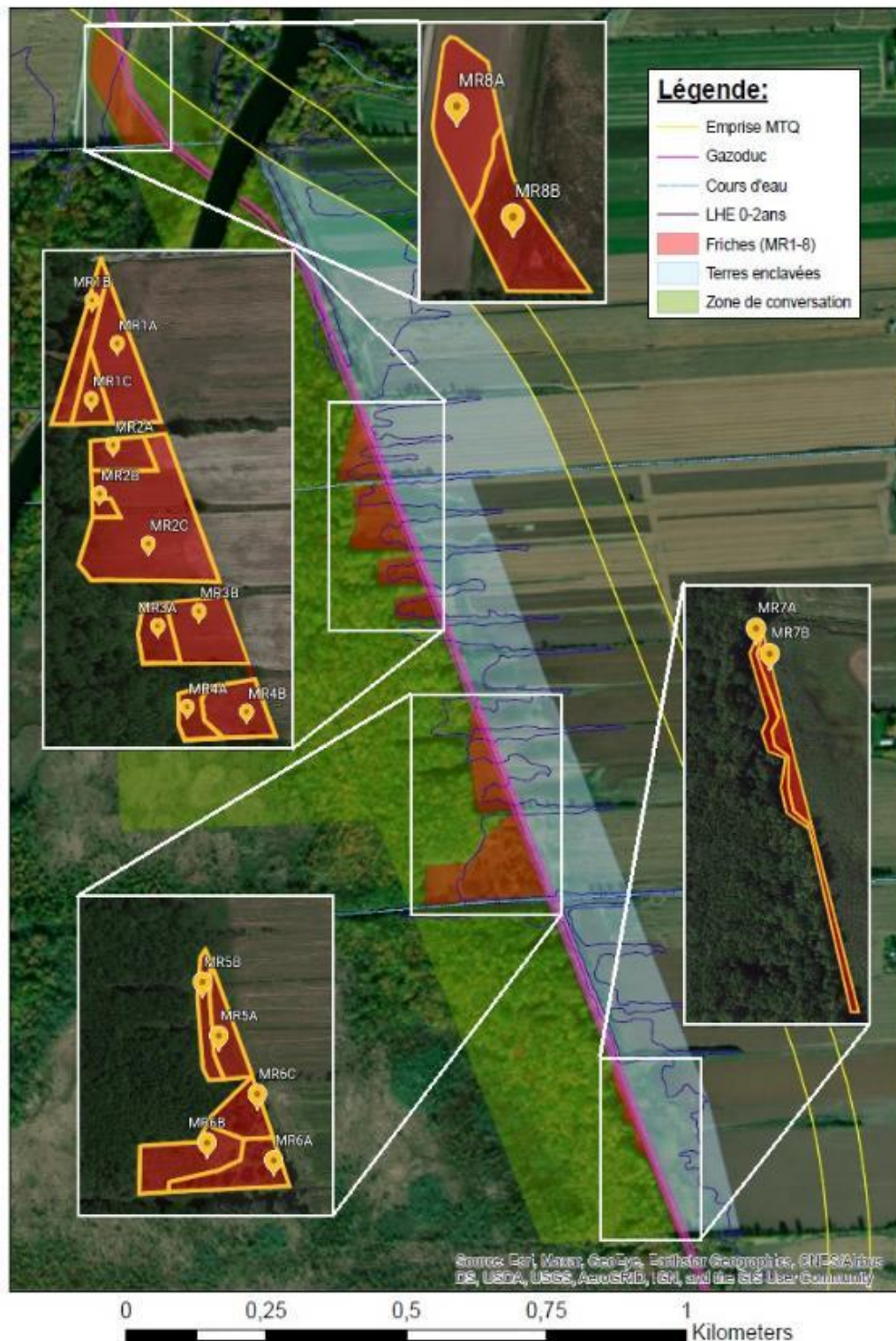


Image 3. Cartographie amplifiée des différents milieux récepteurs et délimitation des sous-MR.

Dans ce présent rapport, une description sommaire des milieux récepteurs permettra d'avoir les outils nécessaires pour procéder à une transplantation au meilleur présentant le meilleur succès de survie et de croissance pour chacune des espèces rares ou à statut qui seront présentées. Une caractérisation plus exhaustive des immeubles excédentaires du MTQ ainsi qu'une présentation de leurs contraintes sera effectuée dans le rapport à suivre, soit le rapport 2.

3.1. Milieu récepteur 1 (MR1)

Le MR1 a été divisé en trois sections, soit MR1A, MR1B et MR1C, en fonction du type de végétation qui y était dominant (Tableau I). La superficie totale du MR1 est de 5431,22 m². Les photos présentes dans le tableau sont visibles en format régulier à l'Annexe 2 du document.

Tableau I. Caractérisation de trois sous-sections du milieu récepteur 1 (MR1)

SITE	MR1A	MR1B	MR1C
Coordonnées	(45.086900, -73.078783)	(45.086967, -73.079067)	(45.086200, -73.079133)
Superficie	3 050,83 m ²	1 466,33 m ²	914,06 m ²
Lieu adjacent	Champ de maïs	Forêt et canal de drainage	Champ de maïs
Zone inondable	Oui	Non	Oui
Principales contraintes	Stress hydrique EVEE	Ombre	Stress hydrique EVEE
Photos			
PEUPLEMENT	MR1A	MR1B	MR1C
Strate végétale présente	Herbacées	Herbacées et arbres	Herbacées
Espèces dominantes	<i>Ambrosia artemisiifolia</i> * <i>Asclepias syriaca</i> <i>Bidens comosa</i>	<i>Bidens frondosa</i> <i>Boehmeria cylindrica</i> <i>Lysimachia nummularia</i> *	<i>Apios americana</i> <i>Lythrum salicaria</i> * <i>Phalaris arundinacea</i> *

Recouvrement canopée	0 %	85 %	0 %
Essences forestières	N/A	<i>Acer saccharinum</i> <i>Fraxinus americana</i> <i>Salix</i> sp.	N/A
SOL	MR1A	MR1B	MR1C
Description	Humide et argileux	Meuble, humide et sablonneux, très argileux avec présence de racines	Compact, sec et limoneux avec présence de racines
Horizon a	0-33 cm. 3/1 (7.5 YR)	0-35 cm 2.5/1 (7.5 YR)	0-23 cm 3/1 (7.5 YR)
Horizon b	33-46 cm 5/3 (10 YR)	35-52 cm 5/2 (5 Y)	23-37 cm 4/4 (10 YR)
Horizon c	46-72 cm 5/2 (5 Y) Mouchetures	52-70+ cm 4/3 (10 YR)	37-70+ cm 5/2 (5 Y)
Photos			

Légende : Les espèces possédant un astérisque (*) sont des espèces végétales exotiques envahissantes (EVEE). Pour la caractérisation des horizons du sol, la première ligne représente l'épaisseur de l'horizon en cm et la seconde ligne représente la couleur de l'horizon, décrite avec la charte de Munsell (voir Annexe 3).

3.2. Milieu récepteur 2 (MR2)

Le MR2 a été divisé en trois sections, soit MR2A, MR2B et MR2C, en fonction du type de végétation qui y était dominant (Tableau II). La superficie totale du MR2 est de 8913 m². Les photos présentes dans le tableau sont visibles en format régulier à l'Annexe 4 du document.

Tableau II. Caractérisation de trois sous-sections du milieu récepteur 2 (MR2)

SITE	MR2A	MR2B	MR2C
Coordonnées	(45.085750, -73.078833)	(45.085417, -73.078967)	(45.085217, -73.078950)
Superficie	1 123 m ²	259 m ²	7 531 m ²
Lieu adjacent	Champ de maïs et haie d'arbres brise-vent	Forêt et canal asséché avec quenouilles	Champ de maïs, haie d'arbres brise-vent et forêt

Zone inondable	Oui	Non	Non
Principales contraintes	Stress hydrique EVEE	Ombre	EVEE
Photos			
PEUPLEMENT	MR2A	MR2B	MR2C
Strate végétale présente	Herbacées	Herbacées et arbres	Herbacées
Espèces dominantes	<i>Ambrosia artemisiifolia</i> * <i>Bidens comosa</i> <i>Setaria faberi</i> *	<i>Amphicarpaea bracteata</i> <i>Apios americana</i> <i>Onoclea sensibilis</i>	<i>Apios americana</i> <i>Boehmeria cylindrica</i> <i>Phalaris arundinacea</i> *
Recouvrement canopée	0%	60%	0%
Essences forestières	N/A	<i>Acer saccharinum</i> <i>Fraxinus americana</i> <i>Onoclea sensibilis</i> <i>Ulmus americana</i>	N/A
SOL	MR2A	MR2B	MR2C
Description	Très argileux et saturé en eau	Sec, sablonneux avec beaucoup de racines	Meuble et humide
Horizon a	0-30 cm 3/1 (2.5 YR)	0-29 cm 3/2 (10YR)	0-46 cm 3/1 (7.5YR) Argile (+++)
Horizon b	30-52 cm 3/2 (2.5 YR) Mouchetures	29-37 cm 5/4 (5 Y)	46-58 cm 4/2 (2.5 Y) Argile (+++)
Horizon c	52-70+ cm 3/3 (2.5 Y) Limon	37-70+ cm 4/6 (10 YR)	58-70+ cm 4/4 (7.5 YR) Limon
Photos			

Légende : Les espèces possédant un astérisque (*) sont des espèces végétales exotiques envahissantes (EVEE). Pour la caractérisation des horizons du sol, la première ligne représente l'épaisseur de l'horizon en cm et la seconde ligne représente la couleur de l'horizon, décrite avec la charte de Munsell (voir Annexe 3).

3.3. Milieu récepteur 3 (MR3)

Le MR3 a été divisé en deux sections, soit MR3A et MR3B, en fonction du type de végétation qui y était dominant (Tableau III). La superficie totale du MR3 est de 3609 m². Les photos présentes dans le tableau sont visibles en format régulier à l'Annexe 5 du document.

Tableau III. Caractérisation de deux sous-sections du milieu récepteur 3 (MR3)

SITE	MR3A	MR3B
Coordonnées	(45.084517, -73.078383)	(45.084617, -73.077967)
Superficie	1 151 m ²	2 458 m ²
Lieu adjacent	Champ de maïs, haie d'arbres brise-vent et forêt	Champ de maïs, haie d'arbres brise-vent et forêt
Zone inondable	Oui	Oui
Principales contraintes	Stress hydrique EVEE	Stress hydrique EVEE
Photos		
PEUPLEMENT	MR3A	MR3B
Strate végétale présente	Herbacées	Herbacées
Espèces dominantes	<i>Persicaria sagittata</i> <i>Phalaris arundinacea</i> *	<i>Agalinis tenuifolia</i> <i>Ambrosia artemisiifolia</i> * <i>Setaria faberi</i> *
Recouvrement canopée	0 %	0 %
Essences forestières	N/A	N/A
SOL	MR3A	MR3B
Description	Saturé en eau, très compact, limoneux-argileux Impossible de creuser un pédon	Meuble, argileux et compact, présence de mouchetures
Horizon a	N/A	0-40 cm 3/2 (10 YR)
Horizon b	N/A	40-49 cm 3/2 (10 YR)
Horizon c	N/A	49-70+ cm 4/3 (10 YR)

		Mouchetures)
Photos		

Légende : Les espèces possédant un astérisque (*) sont des espèces végétales exotiques envahissantes (EVEE). Pour la caractérisation des horizons du sol, la première ligne représente l'épaisseur de l'horizon en cm et la seconde ligne représente la couleur de l'horizon, décrite avec la charte de Munsell (voir Annexe 3).

3.4. Milieu récepteur 4 (MR4)

Le MR4 a été divisé en deux sections, soit MR4A et MR4B, en fonction du type de végétation qui y était dominant (Tableau IV). La superficie totale du MR4 est de 2737 m². Les photos présentes dans le tableau sont visibles en format régulier à l'Annexe 6 du document.

Tableau IV. Caractérisation de deux sous-sections du milieu récepteur 4 (MR4)

SITE	MR4A	MR4B
Coordonnées	(45.084050, -73.077983)	(45.084067, -73.077583)
Superficie	793 m ²	1 944 m ²
Lieu adjacent	Champ de maïs, haie d'arbres brise-vent et forêt	Champ de maïs, haie d'arbres brise-vent, forêt et canal de drainage non fonctionnel
Zone inondable	Oui	Oui
Principales contraintes	Stress hydrique EVEE	Stress hydrique EVEE
Photos		
PEUPLEMENT	MR4A	MR4B
Strate végétale présente	Herbacées	Herbacées
Espèces dominantes	<i>Apios americana</i> <i>Phalaris arundinacea</i> *	<i>Ambrosia artemisiifolia</i> * <i>Bidens comosa</i>

		<i>Setaria faberi</i> *
Recouvrement canopée	0 %	0 %
Essences forestières	N/A	N/A
SOL	MR4A	MR4B
Description	Argileux, humide avec quelques racines	Argileux, meuble et saturé en eau
Horizon a	0-30 cm 3/2 (7.5 YR)	0-38 cm 3/2 (10 YR)
Horizon b	30-70 cm 4/1 (7.5 YR) Mouchetures	38-48 cm 3/2 (10 YR) Mouchetures
Horizon c	70-80+ cm 4/3 (10 YR)	48-70+ cm 4/3 (10 YR)
Photos		

Légende : Les espèces possédant un astérisque (*) sont des espèces végétales exotiques envahissantes (EVEE). Pour la caractérisation des horizons du sol, la première ligne représente l'épaisseur de l'horizon en cm et la seconde ligne représente la couleur de l'horizon, décrite avec la charte de Munsell (voir Annexe 3).

3.5. Milieu récepteur 5 (MR5)

Le MR5 a été divisé en deux sections, soit MR5A et MR5B, en fonction du type de végétation qui y était dominant (Tableau V). La superficie totale du MR5 est de 7567 m². Les photos présentes dans le tableau sont visibles en format régulier à l'Annexe 7 du document.

Tableau V. Caractérisation de deux sous-sections du milieu récepteur 5 (MR5)

SITE	MR5A	MR5B
Coordonnées	(45.081167, -73.076183)	(45.081783, -73.076583)
Superficie	4 372 m ²	3 195 m ²
Lieu adjacent	Champ de maïs, haie d'arbres brise-vent et canal asséché avec quenouilles	Champ de maïs, champ envahi de phragmite, forêt et canal asséché avec quenouilles
Zone inondable	Oui	Oui
Principales contraintes	Stress hydrique EVEE	Stress hydrique EVEE Forte compétition

Photos		
PEUPLEMENT	MR5A	MR5B
Strate végétale présente	Herbacées	Herbacées
Espèces dominantes	<i>Ambrosia artemisiifolia</i> * <i>Echinochloa crus-galli</i> * <i>Setaria faberi</i> *	<i>Phalaris arundinacea</i> * <i>Phragmites australis</i> * <i>Setaria faberi</i> *
Recouvrement canopée	0 %	0 %
Essences forestières	N/A	N/A
SOL	MR5A	MR5B
Description	Très argileux, humide avec peu de racines	Argileux, compact avec peu de racines
Horizon a	0-12 cm 3/1 (10 YR)	0-12 cm 3/1 (7.5 YR)
Horizon b	12-38 cm 4/3 (10 YR) Mouchetures	12-39 cm 4/2 (7.5 YR) Mouchetures
Horizon c	38-52+ cm 4/2 (10 YR)	39-48+ cm 5/2 (10 YR)
Photos		

Légende : Les espèces possédant un astérisque (*) sont des espèces végétales exotiques envahissantes (EVEE). Pour la caractérisation des horizons du sol, la première ligne représente l'épaisseur de l'horizon en cm et la seconde ligne représente la couleur de l'horizon, décrite avec la charte de Munsell (voir Annexe 3).

3.6. Milieu récepteur 6 (MR6)

Le MR6 a été divisé en trois sections, soit MR6A, MR6B et MR6C, en fonction du type de végétation qui y était dominant (Tableau VI). La superficie totale du MR6 est de 18 442 m². Les photos présentes dans le tableau sont visibles en format régulier à l'Annexe 8 du document.

Tableau VI. Caractérisation de trois sous-sections du milieu récepteur 6 (MR6)

SITE	MR6A	MR6B	MR6C
Coordonnées	(45.079633, -73.075183)	(45.079850, -73.076400)	(45.080450, -73.075483)
Superficie	6 324 m ²	7 787 m ²	4 331 m ²
Lieu adjacent	Champ de maïs et forêt	Champ de maïs et forêt	Champ de maïs et forêt
Zone inondable	Oui	Oui	Oui
Principales contraintes	Stress hydrique Ombre	Stress hydrique EVEE	Stress hydrique
Photos			
PEUPLEMENT	MR6A	MR6B	MR6C
Strate végétale présente	Herbacées et arbres	Herbacées et arbustes	Herbacées, arbustes et arbres
Espèces dominantes	<i>Amphicarpaea bracteata</i> <i>Bidens frondosa</i> <i>Mentha canadensis</i>	<i>Eutrochium maculatum</i> <i>Phalaris arundinacea</i> *	<i>Amphicarpaea bracteata</i> <i>Bidens frondosa</i> <i>Mentha canadensis</i>
Recouvrement canopée	85 %	35 %	40 %
Essences forestières	<i>Acer saccharinum</i> <i>Fraxinus americana</i> <i>Salix sp.</i> <i>Ulmus americana</i>	<i>Acer saccharinum</i> <i>Fraxinus americana</i> <i>Salix sp.</i>	<i>Acer saccharinum</i> <i>Fraxinus americana</i> <i>Salix sp.</i> <i>Ulmus americana</i>
SOL	MR6A	MR6B	MR6C
Description	Meuble et argileux de type forestier avec beaucoup de racines, et légèrement humide	Argileux et humide et racineux	Sol argileux moyennement racineux et moyennement humide
Horizon a	0-30 cm. 3/2 (7.5 YR)	0-22 cm. 3/1 (7.5 YR)	0-25 cm. 3/1 (7.5 YR)

Horizon b	30-37 cm. 3/4 (10 YR)	22-34 cm. 4/4 (10 YR). Mouchetures.	25-33 cm. 4/4 (10 YR). Mouchetures.
Horizon c	37-52+ cm. 4/2 (10 YR)	34-54+ cm. 5/2 (2.5 YR)	33-45+ cm. 5/2 (2.5 YR)
Photos			

Légende : Les espèces possédant un astérisque (*) sont des espèces végétales exotiques envahissantes (EVEE). Pour la caractérisation des horizons du sol, la première ligne représente l'épaisseur de l'horizon en cm et la seconde ligne représente la couleur de l'horizon, décrite avec la charte de Munsell (voir Annexe 3).

3.7. Milieu récepteur 7 (MR7)

Le MR7 a été divisé en deux sections, soit MR7A et MR7B, en fonction du type de végétation qui y était dominant (Tableau VII). La superficie totale du MR7 est de 2770 m². Les photos présentes dans le tableau sont visibles en format régulier à l'Annexe 9 du document.

Tableau VII. Caractérisation de deux sous-sections du milieu récepteur 7 (MR7)

SITE	MR7A	MR7B
Coordonnées	(45.076783, -73.073533)	(45.076850, -73.073317)
Superficie	805 m ²	1 965 m ²
Lieu adjacent	Champ de maïs et forêt	Champ de maïs et forêt
Zone inondable	Non	Non
Principales contraintes	EVEE Forte compétition	EVEE Forte compétition
Photos		
PEUPLEMENT	MR7A	MR7B
Strate végétale présente	Herbacées et arbres	Herbacées
Espèces dominantes	<i>Eutrochium maculatum</i> <i>Phalaris arundinacea</i> * <i>Phragmites australis</i> *	<i>Phragmites australis</i> *

Recouvrement canopée	30 %	0 %
Essences forestières	<i>Acer saccharinum</i> <i>Fraxinus americana</i>	N/A
SOL	MR7A	MR7B
Description	Humide et compact, envahi de rhizomes de phragmites.	Humide, argileux et collant, envahi de rhizomes de roseau commun et d'ardoise. * Pédon impossible à creuser à cause de la densité des rhizomes de <i>P. australis</i> .
Horizon a	0-33 cm 3/2 (10 YR)	N/A
Horizon b	33-38 cm 3/1 (10 YR) Mouchetures	N/A
Horizon c	38-52+ cm 4/2 (10 YR)	N/A
Photos		

Légende : Les espèces possédant un astérisque (*) sont des espèces végétales exotiques envahissantes (EVEE). Pour la caractérisation des horizons du sol, la première ligne représente l'épaisseur de l'horizon en cm et la seconde ligne représente la couleur de l'horizon, décrite avec la charte de Munsell (voir Annexe 3).

3.8. Milieu récepteur 8 (MR8)

Le MR8 a été divisé en deux sections, soit MR8A et MR8B, en fonction du type de végétation qui y était dominant (Tableau VIII). La superficie totale du MR8 est de 9971 m². Les photos présentes dans le tableau sont visibles en format régulier à l'Annexe 10 du document.

Tableau VIII. Caractérisation de deux sous-sections du milieu récepteur 8 (MR8)

SITE	MR8A	MR8B
Coordonnées	(45.091500, -73.084917)	(45.091143, -73.083852)
Superficie	4045 m ²	5926 m ²

REBOISEMENT DES TERRES ENCLAVÉES À PIKE-RIVER ET SAINT-ARMAND
R850.1

Lieu adjacent	Champ de maïs et forêt	Champ de maïs et forêt
Zone inondable	Non	Oui
Principales contraintes	Stress hydrique	Stress hydrique EVEE
Photos		
PEUPLEMENT	MR8A	MR8B
Strate végétale présente	Herbacées	Herbacée
Espèces dominantes	<i>Zea mays</i>	<i>Phalaris arundinacea*</i> <i>Setaria faberi*</i> <i>Bidens frondosa</i> <i>Typha latifolia</i>
Recouvrement canopée	0 %	0 %
Essences forestières	N/A	N/A
SOL	MR8A	MR8B
Description	Meuble, humide, argileux et limoneux	Meuble, argileux et limoneux, saturé en eau
Horizon a	N/A	0-20 cm 2/2 (10 YR) Silt-loameux Présence de fibres végétales
Horizon b	0-25 cm 3/2 (10 YR) Mouchetures.	20-34 cm 5/4 (10 YR) Mouchetures. Loam
Horizon c	25-45+ cm 5/6 (7.5 YR)	34-50+ cm 4/2 (10 YR) Loam-sableux, avec graviers Présence de la nappe phréatique
Photos		

Légende : Les espèces possédant un astérisque (*) sont des espèces végétales exotiques envahissantes (EVEE). Pour la caractérisation des horizons du sol, la première ligne représente l'épaisseur de l'horizon en cm et la seconde ligne représente la couleur de l'horizon, décrite avec la charte de Munsell (voir Annexe 3).

4. SOMMAIRE DES STRUCTURES PROPOSÉES POUR LA TRANSPLANTATION

Suite à l'inventaire à l'automne 2020, seulement 9 espèces parmi les 12 initialement recherchées ont été trouvées pour procéder à leur récolte et transplantation éventuelle. Le tableau IX ci-dessous présente un sommaire concernant ces espèces, incluant leur nombre initial inventorié et leur zone actuelle afin d'obtenir un aperçu des transplantations à venir et des MR potentiels. Les MR présentés dans ce tableau ont été présélectionnés en fonction des besoins écologiques de chacune des espèces qui seront détaillées dans les chapitres à suivre. Ainsi, ces structures sont à titre indicatif seulement et sont propres à être modifiées dans le temps lors des transplantations.

Tableau IX. Structure proposée pour les plantes à statut à transplanter

Herbacées AVEC statut							
	Nombre de plants disponibles	Zone (s) actuelle(s)	No sur la carte	Nombre d'individus disponibles par MR			
				MR 1B	MR 2B	MR 3	MR6 A
Asaret du Canada <i>(Asarum canadense)</i>	75	6	3, 4	20	10	20	25
Carex typhina <i>(Carex typhina)</i>	40	5	6, 10		10	N/A	20
Iris de Virginie <i>(Iris virginica)</i>	100	5,	7, 8, 9, 11, 12	30	N/A	N/A	70
		7	5, 15, 16				
Matteucie Fougère-à-l'autruche <i>(Matteuccia struthiopteris)</i>	50	6	(Dans le fossé)	N/A	10	15	25
		7	1				
Sanguinaire du Canada <i>(Sanguinaria canadensis)</i>	75	6	2	20	10	20	25
		7	0				
Trille blanc <i>(Trillium grandiflorum)</i>	5	6	13, 14	N/A	N/A	N/A	5
		Près de MR7	17				
Semis d'arbres AVEC statut							
Caryer ovale <i>(Carya ovata)</i>	30	5	12, 13, 21	8	N/A	7	15

REBOISEMENT DES TERRES ENCLAVÉES À PIKE-RIVER ET SAINT-ARMAND
R850.1

		7	15, 16				
		Près rivière	9				
Noyer cendré (<i>Juglans cinerea</i>)	5	6	18, 19, 20	N/A	2	3	N/A
Chêne bicolore (<i>Quercus bicolor</i>)	40	5	0, 7, 8, 10, 11	N/A	10	15	15
		6	6				
		7	4, 5, 14, 17				
		Près de MR2	1, 2, 3				
TOTAL	420	N/A	N/A	88	52	80	200

5. PROTOCOLE DE TRANSPLANTATION : *ACER NIGRUM*

(Érable noir)

Sapindacées



Source photo : <https://gobotany.nativeplanttrust.org/species/acer/nigrum/>

Espèce vulnérable (MELCC, 2020a)

Principale menace :

Perte d'habitat occasionnée par l'expansion urbaine et coupes forestières
(MELCC, 2020b)

5.1. Information sur l'espèce

L'érable noir est un grand arbre feuillu rare au Canada qui se trouve dans des forêts mixtes et feuillues (Marie-Victorin et *al.*, 2002). Au Québec, cette espèce est une composante mineure ou parfois majeure des érablières à érable à sucre, à caryer cordiforme et à tilleul d'Amérique. Il pousse dans un sol riche en éléments nutritifs et sur substrat calcaire (CDPNQ, 2008). L'érable noir se trouve typiquement dans les basses terres riches et humides telles que les plaines alluviales, dépressions, marais et marécages, rivages des cours d'eau lents, sur terres plates, dans les pentes, les ravines et les vallées et proches des cours d'eau (Leboeuf, 2016; MELCC, 2020b).

5.1.1. Contexte et problématique

L'érable noir ressemble beaucoup à l'érable à sucre (*Acer saccharum*) et est d'ailleurs aussi surnommé « l'érable noir à sucre » (Gabriel, 1990). Ces deux espèces peuvent s'hybrider ensemble, ce qui crée des arbres descendants avec un bagage génétique modifié. Cette hybridation est fréquente, surtout dans l'aire de répartition se trouvant dans l'est (MELCC, 2020b). Cette contrainte biologique modifie l'intégrité génétique de la population d'Graves et sa survie dans le temps (CDPNQ, 2013). Le déclin des populations des érables noirs est surtout attribuable à l'expansion urbaine, et ce, particulièrement dans la région de Montréal puisqu'il s'agit du lieu où se trouve près de la moitié des occurrences récemment recensées (MELCC, 2020a).

Au Québec, la localisation de l'espèce est plutôt sporadique dans certaines régions exclusives telles que les Outaouais, Laurentides, Lanaudière, Laval, Montréal et Montérégie (CDPNQ, 2013; MELCC, 2020b). En fait, la présence de l'espèce dans les régions du sud du Québec est davantage considérée comme un vestige de l'époque où elle était abondante, car son expansion future est fort peu probable. En effet, moins de 70 occurrences d'érable noir ont été récemment confirmées au Québec et la majorité de celles-ci sont de qualité passable ou faible (MELCC, 2020b). L'érable noir est une espèce désignée comme étant vulnérable et est maintenant protégé depuis 2012 par la protection juridique du Québec (MFFP, 2015 ; MELCC, 2020b).

Ailleurs au Canada, l'érable noir se trouve seulement dans le sud de l'Ontario de façon sporadique. Alors qu'aux États-Unis, les populations sont plus nombreuses et sa situation est qualifiée de précaire dans 6 des 27 États où il est répertorié (MELCC, 2020b).

5.1.2. Nombre de semis identifiés in situ pour le moment

À l'intérieur des immeubles excédentaires appartenant au MTQ, aucun semis d'érable noir n'a été identifié officiellement. Malgré la présence signalée de l'espèce par le passé, tous les individus potentiels échantillonnés s'avéraient être des hybrides. De nouvelles recherches seront effectuées au printemps 2021 dans le but de trouver des individus qui pourraient

éventuellement être transplantés. Le cas échéant, une demande d'autorisation à des fins de prélèvement sera effectuée au ministère de l'Environnement et de la lutte contre les changements climatiques (MELCC). Des recherches afin de trouver des samares ont aussi été effectuées, mais celles-ci ont été faites au début de septembre 2020 et n'ont pas porté fruit. Les recherches pour les samares d'érable noir reprendront, elles aussi, en 2021.

5.1.3. Identification de *Acer nigrum*

- **Feuilles :**
 - Possèdent 5 lobes (parfois 3), qui sont profonds, avec des dents évidentes ;
 - De couleur vert foncé sur le dessus et couvert de petits poils sur le dessous ;
 - Elles mesurent entre 15 à 25 cm de longueur ;
 - D'apparence flétrie, les marges tendent à courber vers le bas. Texture cuirassée. Coloration automnale jaune brunâtre à orange brûlé.
- **Fleurs :** Fin avril à mi-mai
 - Fleurs pseudohermaphrodites, petites, jaunes verdâtres et sans pétales ;
 - Elles poussent avant les feuilles ;
 - Les fleurs nécessitent entre 3 à 4 jours pour atteindre leur plein développement, ensuite leur stigmate est réceptif à la pollinisation durant 3 à 8 jours. La durée de réceptivité varie selon la température.
- **Bourgeons :**
 - De forme pointue et de couleur brun grisâtre ;
 - Ils mesurent environ 3,5 cm de longueur.
- **Écorce :**
 - Écorce gris terne (parfois noirâtre) avec des sillons plus pâles (parfois rougeâtres chez le petit arbre). Les sillons se crevassant et s'écaillant davantage avec l'âge.
- **Fructification (disamares) :** Été-automne
 - Disamares brunes avec des ailes de 3 à 5 cm de long ;
 - Un sinus profond sépare les deux grosses graines ;
 - Les disamares deviennent matures en milieu d'été.



Sources photos :
<http://www.environnement.gouv.qc.ca/biodiversite/especes/acer-nigrum/erableNoir.pdf>
<https://arboretum8gabrielis.wordpress.com/1275-2/20-erable-noir/>

*** Attention lors de l'identification :

L'érable noir se distingue de l'érable à sucre par la forme et la pubescence inférieure de sa feuille, son écorce plus crevassée et par l'habitat (Leboeuf, 2016). La feuille de l'érable noir a généralement des lobes moins découpés et des sinus moins profonds que l'érable à sucre (voir photo adjacente : la feuille la plus large provient d'un érable noir qui est comparé à la feuille de l'érable à sucre) (Trees Canadensis, 2020). La distinction peut aussi se faire aisément à l'automne, où les feuilles de l'érable noir prennent une teinte jaune brunâtre, alors que les feuilles de l'érable à sucre deviennent plutôt rouge vif (MELCC, 2020a). Les hybrides de l'érable à sucre et noir affichent des caractères intermédiaires (Leboeuf, 2016).



Source photo : <https://treescanadensis.ca/acer-nigrum-black-maple/>

5.1.4. Caractéristiques importantes sur *Acer nigrum*

Cette espèce mesure en général entre 20 à 35 mètres de hauteur et peut atteindre jusqu'à 40 mètres de hauteur (Marie-Victorin et al., 2002 ; Leboeuf, 2016). Son tronc, dont le diamètre peut mesurer jusqu'à 90 cm à maturité, est droit et assez dégarni en milieu fermé. Ses branches supérieures ascendantes sont relativement basses et se relèvent pour former avec une cime au sommet arrondie. Leurs bourgeons sont donc bien portés au-dessus du niveau du sol, ce qui les protège de certains bris mécaniques (CDPNQ, 2008). L'érable noir a aussi la capacité de se régénérer indéfiniment, car ses semis et gaulis peuvent pousser et se maintenir jusqu'à ce qu'ils aient l'opportunité de s'élancer par l'ouverture du couvert forestier (MELCC, 2020b). Dans des conditions optimales, l'érable noir peut vivre jusqu'à 200 ans (Gabriel, 1990).

L'espèce croît rapidement en début de vie, puis plus lentement en vieillissant (Gabriel, 1990). La production annuelle de disamares débute à l'âge de 25 ans pour l'érable noir et se poursuit jusqu'à l'âge de 60 ans (CDPNQ, 2013). Ses meilleures années semencières sont à tous les 4 ans, et parfois même aux 7 ans (CDPNQ, 2013 ; Faucher, 2019). L'érable noir peut vivre jusqu'à 200 ans (Gabriel, 1990).

5.1.5. Modes de reproduction

- **Reproduction par graines (disamares) :** Les disamares deviennent matures dès le milieu de l'été jusqu'à l'automne (CDPNQ, 2008 ; Leboeuf, 2016). Chaque samare réunie à la base contient une graine et il existe une certaine proportion de disamares qui sont avortées (CDPNQ, 2013).

Une fois qu'elles ont touché le sol, cela prend entre 40 à 90 jours de stratification pour sortir les graines de leur dormance et elles doivent être exposées à un taux d'humidité élevée avec des températures s'approchant du point de congélation. La stratification se fait donc naturellement à l'hiver dans la nature et la germination se fait au printemps (Faucher, 2019).

- **Reproduction par rejets de souches** : La reproduction par rejet se produit lorsque les arbres sont blessés ou coupés. L'érable noir possède au niveau de son tronc des bourgeons dormants ayant la capacité de produire des rejets vigoureux (MELCC, 2020b).

5.2. Protocole de transplantation pour *Acer nigrum*

5.2.1. Caractérisation du milieu récepteur

L'érable noir a besoin d'un milieu moyennement humide et idéalement avec un substrat calcaire (MELCC, 2020a). Le sol doit également être riche et bien drainé, car l'espèce tolère mal un excès d'humidité ou de sécheresse (CDPNQ, 2008). Un drainage trop faible avec de l'eau stagnante n'est pas non plus toléré, même pour une quelconque période prolongée (Illinois Wildflowers, 2020). Ainsi, les travaux de drainage doivent être absents de l'habitat occupé par l'érable noir.

Cette espèce a une préférence pour les milieux lumineux avec un ombrage partiel. L'érable noir est tolérant à l'ombre et les semis peuvent survivre dans un milieu récepteur avec un ombrage modéré (Illinois Wild Flowers, 2020). Étant un sciaphile stricte, l'érable noir tolère mal l'ouverture du couvert forestier et il est important que cette espèce bénéficie d'une ombre résiduelle dans son milieu récepteur. Le pH du sol doit idéalement être neutre, mais peut aussi être légèrement alcalin (CDPNQ, 2008).

Si possible, dans son milieu récepteur, l'érable noir doit être éloigné des populations d'érables à sucre afin d'éviter son hybridation et perturber l'intégrité de la génétique de ses descendants (CDPNQ, 2008 ; CDPNQ, 2013).

- **Points clés** : Planter dans un site avec ombrage partiel, moyennement humide, avec un sol calcaire et bien drainé, éloigné des populations d'érables à sucre.

Milieu(x) récepteur(s) envisagé(s) :

- o **MR1B** : Sol humide, moyennement sableux jusqu'à 35 cm de profondeur et ensuite très argileux avec un recouvrement de canopée à 85 % (tableau I) ;

- o **MR3A** : Ce milieu peut être envisageable s'il est possible de déplacer la zone vers la forêt, car pour l'instant il n'y a aucun recouvrement de la canopée et le sol est humide (tableau III) ;
- o **MR6A** : Sol légèrement humide et argileux, avec un recouvrement de canopée à 85 % (tableau VI) ;
- o **MR6C** : Sol moyennement humide et argileux, avec un recouvrement de la canopée à 45 %. Par contre, la dominance d'herbes hautes (jusqu'à 3 m) peut être nuisible à l'établissement des semis (tableau VI).

5.2.2. Moyens de transplantation pour *Acer nigrum*

La germination de l'espèce est dite épigée, c'est-à-dire qu'elle se fait à la surface du sol (Gabriel, 1990). De ce fait, il est inutile d'enfouir les semences trop profondément. Néanmoins il peut être utile de les enterrer légèrement pour s'assurer qu'elles ne soient pas balayées par le vent, mangées par la faune, ainsi que pour s'assurer d'un certain niveau d'humidité.

Plusieurs études rapportent des observations de nombreux semis et des communautés bien établies sur des pentes, autant en bas de pentes qu'en haut de pentes (Aikman & Smelser, 1938 ; Braun, 1951). Il est donc possible qu'une plantation en pente aide à la dispersion des samares pour développer une colonie d'érable noir.

Gabriel (1990) recommande une protection contre la végétation compétitrice et les herbivores, notamment les rongeurs, dans les premières étapes de développement de semis repiqués. Il est également utile au moment de la transplantation de marquer les individus pour éviter de les endommager dans le futur (CDPNQ, 2008).

I. Récolte et ensemencement des disamares :

Moment idéal : Fin septembre – début octobre (CDPNQ, 2008 ; Faucher, 2019).

Étapes :

1. Récolter le maximum de disamares d'érable noir ;
2. Creuser un trou deux fois plus profond que la grosseur de la graine ;
3. Recouvrir de litière et de matière organique provenant du sol ;
4. Arroser.

II. Croissance en pépinière et plantation ultérieure :

La récolte des disamares peut permettre une croissance en pépinière des individus d'érable noir. En 2020, aucune disamare n'a été trouvée dans le secteur de Pike River et Saint-Armand. Comme noté ci-haut, l'érable noir a une bonne production des graines environ aux 4 ans et il est possible que la production ait été faible cette année. Il

y a aussi un désaccord dans la littérature quant au moment de la production des graines (juillet par rapport à septembre) et donc la période de recherche a pu être trop tardive en 2020. Il faut donc adopter une stratégie à long terme pour la récolte des graines et la production des semis.

Étapes (Faucher, 2019) :

1. Préparer d'abord les samares en les sortant de leur dormance. Pour ce faire, les placer entre 40 à 90 jours dans un contenant hermétique pour préserver leur humidité et les mettre au congélateur ;
 - a. Dans ces conditions, les samares peuvent être préservées pendant cinq ans.
2. Après ce délai, les étendre en couche très mince dans un endroit légèrement chauffé et sec avec un taux d'humidité d'environ 35 % ;
3. En pépinière, déposer les samares entre deux couches de tourbe pour qu'elles germent.

III. **Transplantation de semis :**

Moment idéal : Lorsque la plante est en dormance, à l'automne (Mi-septembre, octobre)

Lors de la transplantation de semis, faire attention de ne pas ouvrir davantage le couvert forestier afin de préserver l'ombrage résiduel qui est essentiel pour l'érable noir et l'humidité du sol qu'il requiert (CDPNQ, 2008).

Puisqu'aucun individu de semi d'érable noir n'a été identifié en 2020 dans le secteur, une germination en serre est envisagée pour faire croître nos semis. Les semis proviendront donc de serre et seront transportés dans des pots avec de la terre.

Étapes (A. Nault communication personnelle, 27 août 2020) :

1. Creuser un trou suffisamment profond pour y loger toute la terre et les racines du semis ;
2. Retirer doucement le semis du pot en gardant la terre autour des racines ;
3. Déposer l'arbre dans le trou en prenant soin de recouvrir de terre jusqu'à un maximum de 2 cm au-dessus du niveau de terre contenu dans le pot ;
4. Ajouter de la litière du milieu récepteur ;
5. Poser un protecteur contre l'herbivorie autour du semi ;
6. Arroser abondamment.

5.3. Menaces à considérer pour *Acer nigrum*

5.3.1. Insectes

- **La livrée des forêts (*Malacosoma disstria* Hbn.)** : La livrée est une chenille reconnue comme étant un défoliateur printanier ayant des impacts importants sur les érables dans le sud du Québec. Un érable se retrouvant défolié plusieurs années de suite (2-3 ans) peut vite dépérir, car la livrée a une préférence pour le feuillage d'érable dépérissant (Gagnon & Roy, 1994).
- **Le perceur de l'érable (*Glycobius speciosus*)** : le perceur de l'érable est un insecte foreur qui est xylophage et phloémophage, qui se nourrit, entre autres, sur les érables noirs (RNC, 2015a ; Illinois Wildflowers, 2020). Les larves vont creuser des galeries horizontales et verticales sous l'écorce de l'arbre, altérant ainsi la circulation de la sève. Une fois la sève bloquée, il se produit une perte de la vitalité de l'arbre, la mort de ses branches, et finalement, la mort de l'individu si le nombre de galeries creusées est important (RNC, 2015a ; Therrien, 2018). Le perceur de l'érable est l'insecte le plus ravageur des érables au Canada et la présence de seulement 3 à 4 larves est suffisante pour causer la mort d'un arbre (Therrien, 2018).

5.3.2. Maladies

- **Chancre eutypelléen (*Eutypella parasitica*)** : Cette maladie est une infection fongique qui s'attaque aux troncs des arbres et qui cause un détachement de l'écorce ainsi qu'un renflement du tronc. Le chancre eutypelléen affecte les arbres récemment blessés ou taillés et ne cause généralement que la mort des plus petits arbres (environ moins de 10 cm de DHP). L'infection se produit lentement, sur plusieurs décennies, rendant alors l'arbre de plus en plus fragile à d'autres maladies, aux cassures et aux chablis (RNC, 2015b ; Koetter & Grabowski, 2019).
- **Verticilliose (*Verticillium sp.*)** : La verticilliose est une maladie fongique qui cause un flétrissement isolé des branches et des feuilles. Cette infection peut se généraliser sur toute la cime de l'arbre et causer sa mort en moins d'un an selon sa grosseur. L'infection débute généralement par des blessures causées aux racines (Pijut, 2006 ; Gouvernement du Canada, 2020).
- **Anthraxnose** : L'anthraxnose est une maladie d'origine fongique pouvant être attribuée à différentes espèces telles que *Aureobasidium apocryptum* (Pijut, 2006 ; RNC, 2015c) et *Apiognomonia errabunda* (Myren et al., 1994 ; MFFP, 2019a). Elle se traduit par l'apparence de taches irrégulières sur le

pourtour des feuilles et des nervures. Ces tâches, qui sont en fait une nécrose des tissus, peuvent aussi toucher les tiges, les fleurs et les fruits (MFFP, 2019a). Une fois que l'entière de la feuille est touchée, celle-ci se recroqueville et tombe prématurément (Myren et al., 1994 ; RNC, 2015c). Lorsque l'infection se propage dans les tiges, celle-ci peut aussi générer la formation de chancres (Pijut, 2006 ; MFFP, 2019a). La défoliation des arbres subits par l'antracnose ne mène généralement pas à la mort des arbres, mais induit cependant une vulnérabilité de l'individu face à d'autres maladies (Myren et al., 1994 ; MFFP, 2019a)

- **Le pourridié-agaric (*Armillaria sp.*)** : Aussi appelé carie du pied et des racines, le pourridié-agaric est une infection fongique causée par le genre *Armillaria sp.* et qui cause le pourrissement des racines. L'arbre commence par perdre de sa vigueur, suivi d'un jaunissement de son feuillage et décrépit jusqu'à causer la mort de l'arbre, comme la sève ne peut plus passer par les racines. Le pourridié-agaric peut rapidement infecter et tuer plusieurs arbres (RNC, 2015d ; MFFP, 2019b). Bien que l'infection touche plus souvent les arbres affaiblis, celle-ci s'attaque aussi aux arbres en bonne santé (Myren et al., 1994 ; MFFP, 2019b). Cette infection se propage via la rhizosphère, par contact entre les racines des arbres (Pujit, 2006 ; MFFP, 2019b).

5.3.3. Érable à sucre

Il faut planter les érables noirs éloignés des érables à sucre afin d'éviter l'hybridation des individus dans leur nouvel habitat (CDPNQ, 2008). De plus, les quelques îlots de populations rémanentes dans le sud du Québec indiquent que l'érable noir ne peut concurrencer l'espèce *A. saccharum* en termes de compétition (Dansereau & Desmarais, 1947).

5.3.4. Herbivorie

Au stade semi, les feuilles sont sujettes à l'herbivorie exercée par le Cerf de Virginie. Gabriel (1990) recommande dans les régions où le cerf est présent de conserver une protection ou de mettre en terre les semis seulement au moment où ils sont assez grands pour ne plus être à leur portée. Les bourgeons et les graines sont également mangés par les oiseaux.

La protection contre le cerf doit donc être envisagée pour promouvoir l'établissement et la croissance de l'érable noir. Une pose de protecteurs sera effectuée pour les semis et arbres avec un DHP inférieur à 10 cm dans le but d'assurer leur bonne croissance.

6. PROTOCOLE DE TRANSPLANTATION : *ALLIUM* *TRICOCCUM*

(Ail des bois)

Famille : Amaryllidacées



Source photo : <http://shepqc.ca/plantes-indigenes/lail-des-bois-allium-tricoccum/>

Espèce vulnérable au Québec (MELCC, 2020b)

Principales menaces :

Surrécolte humaine (Vasseur & Gagnon, 1994) ;
La cueillette annuelle des bulbes peut être fatale pour l'espèce
(Delagrangé et al., 2013).

6.1. Information sur l'espèce

L'ail des bois est une espèce herbacée vivace éphémère dont le bulbe est trilobé (Marie-Victorin et al., 2002). L'espèce pousse en colonies dès le début du mois d'avril jusqu'à la mi-août dans les sols d'érablières du sud du Québec qui sont riches et humides (Vasseur & Gagnon, 1994). Ses feuilles peuvent même parfois être visibles dès la fonte des neiges en mai (Leboeuf, 2016).

6.1.1. Contexte et problématique

Cette espèce est désignée vulnérable au Québec depuis 1995 (MELCC, 2020b). La principale menace pour la survie de l'ail des bois est d'abord la surrécolte humaine, car la cueillette annuelle des bulbes d'ail peut être fatale pour l'espèce (Vasseur & Gagnon, 1994 ; Delagrangue et al., 2013). Également, la perte d'habitats engendrée par le développement urbain et agricole a aussi participé au déclin de l'espèce. L'ail des bois est maintenant protégé en vertu de la Loi sur les espèces menacées ou vulnérables au Québec. Étant vulnérable, une réglementation a permis d'établir une limite de récolte à un maximum de 50 bulbes par année par personne, et ce, seulement à l'extérieur des milieux protégés qui l'abritent (MELCC, 2020a). Par contre, pour un prélèvement viable annuel, il est plutôt suggéré de se limiter à environ 7 à 13 % de l'effectif total du plant d'ail des bois. Le nombre de semis par plant ainsi que la durée de l'ensemble de ses stades juvéniles peuvent être un bon indicateur de la sensibilité des populations présentes dans un milieu (Lamoureux & Nantel, 1999).

Ailleurs au Canada, l'espèce se trouve à l'Île-du-Prince-Édouard, Nouveau-Brunswick, Nouvelle-Écosse, Ontario et Manitoba, où elle est considérée comme menacée ou fortement menacée (MELCC, 2020a ; MELCC, 2020b).

6.1.2. Nombre de semis identifiés in situ pour le moment

En 2019, des recherches menées sur les terres appartenant au MTQ auraient révélé la présence d'individus d'ail des bois à l'Est de la route 133. Cependant, aucun individu n'a été rencontré à l'été et automne 2020. Il n'y a donc pas de demande d'autorisation pour des activités à des fins de gestion de la flore à faire au MELCC.

Les recherches seront poursuivies au printemps 2021 lorsque les plantes auront une biomasse aérienne visible. Considérant que l'ail des bois se trouvant techniquement dans des zones qui seront détruites par la construction du nouveau tronçon routier, il était prévu de déplacer ces bulbes pour une transplantation en automne 2020. Des méthodes pour des transplantations ultérieures (2021) seront abordées au point 6.2.2.

6.1.3. Identification de *Allium tricoccum*

- **Feuilles :**
 - 1 à 3 feuilles basilaires et elliptiques lancéolées (10 à 30 cm de long et 2 à 6 cm de large) d'un vert uniforme ;
 - Les feuilles sont absentes au moment de floraison et fructification.
- **Tige :**
 - Une tige émerge des feuilles à la fin mai. Les feuilles flétrissent à ce moment ;
 - La base de la tige est légèrement pigmentée rouge.
- **Bulbe :**
 - De forme ovoïde-conique et trilobe ;
 - Le bulbe est à la base des feuilles (2 à 6 cm de long).
- **Fleurs :** Floraison fin juin et juillet
 - 3 à 35 petites fleurs blanches réunies en une ombelle terminale ;
 - Les fleurs se trouvent au bout d'une hampe dressée à 15-40 cm du sol.
- **Fructification (capsules) :** Maturité au début de septembre
 - Capsule trilobée (3-4 mm X 6 mm) contenant une grosse graine noire sphérique (2,5 mm de diamètre) ;
 - Chaque fleur peut produire jusqu'à 3 graines.



Sources photos

<http://www.environnement.gouv.qc.ca/biodiversite/especes/ail/ailBois.pdf>

http://www.repertoirequebecnature.com/vasculaires/Allium_tricoccum.html

<http://www.mynatureapps.com/in-search-of-wild-leeks-allium-tricoccum/>

6.1.4. Caractéristiques importantes sur *Allium tricoccum*

Au printemps, l'ail des bois mesure environ 10 à 30 cm de hauteur. À maturité, la plante peut atteindre jusqu'à 40 cm de hauteur avec sa hampe de fleurs dressées en ombelle (MELCC, 2020b). L'espèce possède deux modes de reproduction : par graines et par division du bulbe trilobé (EPLVM, 2020a).

6.1.5. Modes de reproduction

Il est à savoir que d'importantes variations annuelles sont observées pour la survie et reproduction de l'ail des bois. Cela est dû à une combinaison de la grande dépense énergétique octroyée par la plante pour sa reproduction sexuée lui offrant peu de succès, ainsi que la courte période dont elle dispose pour renouveler ses réserves (Nault & Gagnon, 1993). Ainsi, remplacer une population d'ail des bois ayant été détruite pourrait prendre jusqu'à 100 ans (Rock et al., 2004).

- **Reproduction par graines** : L'âge de reproduction de l'ail des bois par floraison est tardif. En effet, cela prend entre 7 et 10 ans avant que le bulbe de la plante accumule suffisamment de réserves pour pouvoir fleurir (Nantel et al., 1996 ; MELCC, 2020b). Chacune des fleurs (au nombre de 3 à 25 par bulbe) peut produire jusqu'à 3 graines (MELCC, 2020b). Lorsqu'elles sont enfin produites, les graines permettent l'expansion de la colonie.
- **Reproduction par division du bulbe trilobé** : La reproduction asexuée par division est favorisée par un printemps frais et humide et peut se faire tous les deux ou trois ans seulement (EPLVM, 2020a ; MELCC, 2020b). Le plant mature peut à ce moment se diviser en 2 (ou parfois 3) à l'automne pour donner des « bulbes sœurs » par lesquels de nouveaux plants pourront se former.

6.2. Protocole de transplantation pour *Allium tricoccum*

6.2.1. Caractérisation du milieu récepteur

L'ail des bois se trouve typiquement dans les érablières du sud du Québec qui sont dominées par les érables à sucre (MELCC, 2020b) et accompagnées de caryers, de tilleuls ou de frênes blancs (Leboeuf, 2016). La présence de plantes de sous-bois telles que le trille blanc et trille rouge, la violette du Canada, la matteaie fougère-à-l'autruche et l'érythrone d'Amérique est indicatrice d'un lieu favorable à l'ensemencement (EPLVM, 2020a).

Pour l'ail des bois, le taux d'humidité dans le sol est un critère essentiel à ne pas négliger, car il est directement associé à son succès de transplantation (Vasseur & Gagnon, 1994). En effet, un stress hydrique a un effet négatif sur la croissance (Bernatchez, 2012). Ainsi, une trop grande ouverture du couvert forestier est à éviter comme lieu d'accueil pour l'ail des bois, car cela

risque de provoquer un assèchement des sols et une élévation de la température (Bernatchez & Lapointe, 2012). Il faut donc favoriser un milieu avec un couvert forestier de feuillus uniquement, permettant d'offrir la luminosité nécessaire au printemps et l'ombrage nécessaire au courant de l'été pour préserver l'humidité. De plus, cela aide aussi à préserver une certaine fraîcheur, car l'ail des bois tolère mal les températures élevées et la sécheresse (Bernatchez & Lapointe, 2012).

Il faut éviter de planter l'ail des bois sous des conifères et hêtres, car cela peut causer la formation d'une couche persistante au sol et nuire à l'établissement de l'espèce. Une plantation au sein d'une trop forte densité d'arbustes et de plantes de sous-bois variés est aussi à proscrire, car cela augmente le degré de compétition et peut nuire à l'ail des bois (EPLVM, 2020b).

La topographie et les conditions de drainage du sol peuvent aussi avoir un impact sur l'abondance de l'espèce et la survie de l'ail des bois (Delagrangé et al., 2013). Notamment, un terrain en pente peut permettre de favoriser la dispersion des futures graines permettant le développement de la colonie. Une orientation vers l'Est et Sud-Est peut aussi être favorable pour l'ail des bois pour éviter les excès de luminosité et de chaleur (EPLVM, 2020b).

L'ail des bois a une préférence pour les sols riches en éléments minéraux comme le calcium. Le sol doit aussi être bien ou modérément drainé à légèrement humide (Leboeuf, 2016). L'espèce tolère mal les excès et il faut donc sélectionner un habitat ni trop sec, ni trop humide. Les sites de drainage et d'égouttement sont donc à proscrire dans l'habitat de l'espèce (CDPNQ, 2008).

Selon la littérature, l'espèce aurait une affinité pour pH légèrement acide (autour de 5,0) qui favoriserait sa croissance (Bernatchez, 2012).

- **Points clés :** Planter à mi-ombre, sous des arbres feuillus, dans un sol riche et humide, bien ou modérément drainé, au pH neutre ou légèrement acide (pH 5,0), si possible dans une pente avec une orientation sud-est ou est.

Milieu(x) récepteur(s) envisagé(s) :

Les milieux récepteurs susceptibles de correspondre pour l'ail des bois, peuvent correspondre aussi à certains niveaux pour l'asaret du Canada, la dentaire à deux feuilles, le carex massette, l'iris de Virginie, la matteucie fougère-à-l'autruche, la sanguinaire du Canada et le trille blanc.

- o **MR1B :** Sol humide, moyennement sableux jusqu'à 35 cm de profondeur et ensuite très argileux avec un recouvrement de canopée à 85 % ;
- o **MR3A :** Ce milieu est envisageable si on peut déplacer la zone vers la forêt, car pour l'instant il n'y a aucun recouvrement de la canopée et le sol est humide ;

- o **MR6A** : Sol légèrement humide et argileux, avec un recouvrement de canopée à 85 %.

6.2.2 Moyens de transplantation pour *Allium tricoccum*

L'ail des bois peut être transplanté par ensemencement de graines, par division du bulbe, ainsi que par transplantation de semis. Avant tout, le site d'ensemencement doit être marqué pour être en mesure de retrouver les plants et suivre leur croissance.

- I. **Récolte des graines et ensemencements** : (Méthode plus sécuritaire et rapide)
Moment idéal : À l'automne (Mi-septembre, octobre).

Les graines de l'ail des bois peuvent être récoltées à la fin de l'été, vers mi-septembre (DeValue, 2013). Si l'ensemencement des graines n'est pas immédiat à l'automne, il faut placer celles-ci dans un contenant hermétique, puis dans un espace réfrigéré pour toute la durée de l'hiver de façon à imiter les conditions hivernales (EPLVM, 2020c). Il peut aussi s'agir d'un tube de plastique au couvert se visant. Il est ensuite possible de procéder à l'ensemencement des graines au printemps.

Les graines d'ail des bois peuvent être ensemencées de deux manières : en sillons ou en parcelles (EPLVM, 2020c).

Étapes pour plantation en sillons :

1. Sur 1 mètre, repousser la litière sur le côté et creuser un sillon de 2-3 cm de largeur et 1 cm de profondeur ;
2. Semer les graines (50 graines/sillon) ;
3. Recouvrir de 1 cm de sol puis presser légèrement avant de replacer la litière ;
4. Bien arroser.

Étapes pour plantation en parcelles :

1. Établir des parcelles de 1 mètre carré, repousser la litière sur le côté ;
2. Répartir une dizaine de graines dans la parcelle ;
3. Recouvrir de 1 cm de sol et presser légèrement avant de replacer la litière ;
4. Bien arroser.

- II. **Transplantation des plantes/bulbes** : (Technique plus risquée et plus lente)
Moment idéal : Lorsque la plante est en dormance, à l'automne (Mi-septembre, octobre).

Le développement de plants matures dans un nouveau milieu est plus lent et prend plus de temps que l'ensemencement (EPLVM, 2020d). S'il s'agit d'une transplantation intégrale du plant, il faut bien

faire attention d'éviter toute atteinte physique au plan ou au bulbe lors des manipulations (Delagrangue et *al.*, 2013).

Idéalement, il ne faut pas transplanter des plants reproducteurs (avec tige florale), car ils sont essentiels au maintien des populations naturelles déjà en place (EPLVM, 2020d). Cependant, puisque dans le cadre de ce projet, les zones où se trouve initialement l'ail des bois seront détruites, les plants reproducteurs pourront être exceptionnellement récoltés pour préserver l'espèce.

Étapes pour transplantation de plants (EPLVM, 2020a) :

1. Délimiter une parcelle de 25 cm X 25 cm. Chaque parcelle peut recevoir entre 5 à 10 plants matures (selon leur taille) ;
2. Planter les plants pour que le col du bulbe demeure au niveau du sol et les couvrir de terre en pressant légèrement avant de replacer la litière (voir image 4 ci-dessous) ;
3. Si possible, être généreux sur la quantité de litière ;
4. Bien arroser.

Étapes pour transplantation des bulbes (EPLVM, 2020a) :

1. Diviser le bulbe trilobé en 2 ou en 3 parties selon le nombre de gousses présentes par plant ;
2. Faire des trous dans le sol d'une profondeur de 5 cm (2 pouces) avec un espacement de 18 cm (6 pouces) entre chacun ;
 - a) S'assurer que le bulbe ne soit pas trop en surface pour éviter qu'il sèche ;
 - b) Les bulbes ne doivent pas être plantés trop profondément non plus, car cela pourrait nuire à l'émergence des plants ;
- a. Bien arroser.

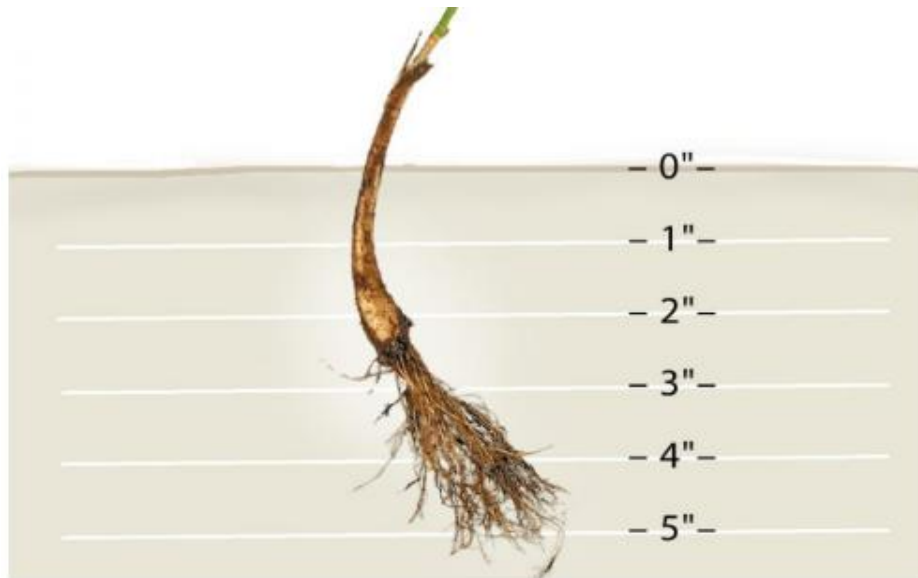


Image 4. Représentation de la transplantation d'un bulbe ou d'un plant avec la profondeur appropriée. Image issue du site web de

Native Plant Herald. Récupérée le 11 août 2020. Source :

<http://nativeplantherald.prairienursery.com/2019/09/how-to-transplant-bare-root-plants/>

Étapes suivant la transplantation :

Après 1 an de plantation, il importera surtout de vérifier l'intégrité physique des plants pour s'assurer qu'ils ont eu les ressources nécessaires et qu'ils n'ont pas été récoltés à leur emplacement (Delagrangue et *al.*, 2013).

S'ils sont appliqués, les suivis annuels doivent se faire à la même période (ex. : entre le 6 et 16 mai). Pour mesurer le succès d'établissement de l'ail des bois, il est possible de calculer la densité des plants à l'intérieur de 1 mètre carré en comptant le nombre d'individus de cette espèce qui y sont présents (Delagrangue et *al.*, 2013). La largeur des feuilles peut aussi être un trait morphologique précieux pour donner un indice quant à la performance des plants et à leur biomasse (Nault & Gagnon, 1988 ; Nault & Gagnon, 1993). Les suivis détaillés des espèces seront abordés en surface dans le Rapport 3 portant sur les lignes directrices du projet et dans le Rapport final de manière plus exhaustive.

Si après quelques années les plants d'ail des bois deviennent trop rapprochés, il est possible de les transplanter ailleurs dans le même boisé (EPLVM, 2020b).

6.3. Menaces à considérer pour *Allium tricoccum*

6.3.1 Récolte humaine

Étant donné que le facteur ayant mené au déclin de l'espèce est la surrécolte humaine, il est suggéré que le milieu récepteur de l'ail des bois soit peu visible et peu accessible afin d'éviter la récolte humaine. La mise en place de protecteur est également suggérée. Parmi les lieux propices à la transplantation de l'espèce se trouvent les zones d'optimisation des friches qui sont éloignées de l'accès routier (ex. MR1B ; MR3A et MR6A qui ont été abordés au chapitre 3).

6.3.2 Urbanisation et destruction des habitats

Afin d'éviter une perte d'habitat subséquente à la transplantation des plants, il peut être tout à fait indiqué de se renseigner sur les habitats protégés par la loi pour permettre à l'ail des bois de prospérer.

7. PROTOCOLE DE TRANSPLANTATION : *ASARUM CANADENSE*

(Asaret du Canada)

Aristolochiacées



Source photo : <https://plants.ces.ncsu.edu/plants/asarum-canadense/>

Espèce vulnérable à la récolte au Québec (MELCC, 2020)

Principales menaces :

Cerf de Virginie, récolte humaine, développement urbain et agricole
(MELCC, 2020)

7.1. Information sur l'espèce

L'asaret du Canada est une plante herbacée vivace qui forme habituellement des tapis denses près du sol dans les milieux riches dans les érablières à caryer ou à tilleul (Marie-Victorin et *al.*, 2002 ; MELCC, 2020). Ses deux feuilles réniformes naissent directement du gros rhizome très peu enfoui dans le sol (Cain & Damman, 1997). Les conditions de croissance propices pour l'asaret du Canada sont limitées et ne se trouvent que dans les érablières riches et humides dans le sud du Québec (Gouvernement du Québec, 2007).

7.1.1. Contexte et problématique

L'asaret du Canada est désigné vulnérable à la récolte au Québec depuis 2005. Les principales menaces pour sa survie sont le broutage par le cerf de Virginie (*Odocoileus virginianus*), la récolte humaine aux fins du commerce de l'horticulture et de l'alimentation, ainsi que la perte d'habitat lié aux coupes forestières. L'asaret du Canada est maintenant protégé en vertu de la Loi sur les espèces menacées ou vulnérables au Québec (MELCC, 2020). Cette espèce se trouve également sur la liste des espèces floristiques vulnérables à la récolte, dont une limite de récolte a été établie à un maximum de 5 individus entiers ou parties souterraines en milieu naturel et à la vente d'un seul de ces individus (Gouvernement du Québec, 2007).

Au Canada, l'espèce se trouve également au Nouveau-Brunswick, en Ontario et au Manitoba, où elle est considérée comme vulnérable (Gouvernement du Québec, 2007 ; MELCC, 2020).

7.1.2. Nombre de semis identifiés in situ pour le moment

À l'intérieur des immeubles excédentaires du MTQ, plus de 125 de plants ont été rencontrés à l'intérieur des zones qui seront déboisées en 2020. 75 individus sont requis pour la transplantation en estimant que cela soit suffisant pour débiter de nouvelles colonies dans les zones réceptrices. La transplantation s'effectuera avec le déplacement des rhizomes. Cette méthode sera détaillée au point 7.2.2.

7.1.3. Identification d'*Asarum canadense*

- **Feuilles :**
 - 2 feuilles pubescentes (10-18 cm de long).
- **Fleurs :** Floraison printanière à la fin avril - mai
 - Les fleurs sont insérées à l'aisselle des 2 pétioles et ont un pédoncule court ;
 - Elles possèdent 3 sépales pourpres brunâtres (diamètre de 2-3 cm).
- **Tige :**
 - Hauteur entre 15-30 cm.
- **Fructification (capsules) :**
 - Capsule globuleuse à déhiscence irrégulière avec de larges graines ovoïdes et plissées.
- **Rhizome :**
 - Le rhizome est allongé et ramifié ;
 - Possède une odeur caractéristique du gingembre ;
 - Il se retrouve très près de la surface du sol.



Sources photos :
<http://www.environnement.gouv.qc.ca/biodiversite/especes/asaret/index.htm> ;
<http://www.fleursduquebec.com/encyclopedie/1887-asaret-du-canada.html> ;
<https://qobotany.nativeplanttrust.org/species/asarum/canadense/>

7.1.4. Caractéristiques importantes sur *Asarum canadense*

À maturité, l'asaret du Canada mesure entre 15 et 30 cm de hauteur (Missouri Botanical Garden, 2020).

7.1.5. Modes de reproduction

- **Reproduction par graines** : Moins du quart des individus de l'asaret du Canada fructifient. Il faut généralement attendre deux à trois ans après la germination d'une graine pour voir surgir une première feuille, et compter de deux à trois ans supplémentaires pour que la plante produise sa première fleur. Les graines possèdent une caroncule qui attire les fourmis et facilite ainsi la propagation de l'asaret du Canada (MELCC, 2020).
- **Reproduction par rhizomes** : Au début du printemps, chaque ramet émerge en produisant une ou deux feuilles (MELCC, 2020). À l'automne, il y a sénescence des feuilles et production de bourgeons qui hivernent sur le rhizome et qui produiront un ramet supplémentaire le printemps suivant (Muir, 1995 ; Cain & Damman, 1997). Un rhizome qui connecte plusieurs ramets peut persister jusqu'à 10 ans (Cain & Damman, 1997).

7.2. Protocole de transplantation pour *Asarum canadense*

7.2.1. Caractérisation du milieu récepteur

L'asaret du Canada retrouve les conditions propices à sa croissance dans les érablières riches et humides (MELCC, 2020)

Cette espèce peut tolérer une large gamme d'intensités lumineuses. L'asaret du Canada est tolérant à l'ombre et l'herbivorie dont elle est victime semble être réduite lorsque les plants ont accès à un minimum de lumière directe (couverture de la canopée entre 75 et 85 %) (Liang, 2009). Cette espèce prospère donc mieux avec un ombrage léger et des conditions humides allant jusqu'à légèrement sèches (Illinois Wildflowers, 2020).

Le type de sol doit être riche, mésique et rocheux (NRCS, 2020). L'asaret du Canada tolère également les sols rocheux sous la surface du sol (Illinois Wildflowers, 2020).

- **Points clés** : Planter à mi-ombre/ombre, dans un sol humide (mésique) et rocheux.

Milieu(x) récepteur(s) envisagé(s) (voir Tableau IX) :

Les milieux récepteurs susceptibles de correspondre pour l'asaret du Canada, peuvent correspondre aussi pour l'ail des bois, la dentaire à deux feuilles, le carex massette, l'iris de Virginie, la matteucie fougère-à-l'autruche, la sanguinaire du Canada et le trille blanc.

- o **MR1B** : Sol humide, moyennement sableux jusqu'à 35 cm de profondeur et ensuite très argileux avec un recouvrement de canopée à 85 % (tableau I) ;
- o **MR2B** : Recouvrement de la canopée à 60 %. Au l'endroit de l'échantillon du sol, celui-ci était plutôt sec, mais la présence d'herbacées et feuillus témoignent d'un milieu humide (tableau II) ;
- o **MR3A** : Ce milieu peut être envisageable si on déplace la zone vers la forêt, car pour l'instant il n'y a aucun recouvrement de la canopée et le sol est humide (tableau III) ;
- o **MR6A** : Sol légèrement humide et argileux, avec un recouvrement de canopée à 85 % (tableau VI).

7.2.2. Moyens de transplantation pour *Asarum canadense*

I. Récolte et transplantation des rhizomes :

Moment idéal : À l'automne (lorsque la plante est en dormance)

La transplantation doit se faire le plus rapidement possible suivant la récolte des rhizomes (Native Plant Herald, 2019 ; NRCS, 2020).

Étapes (A. Nault, communication personnelle, 27 août 2020) :

1. Creuser le sol à l'aide d'une truelle pour aller récolter tout le rhizome ;
2. Couper le rhizome par intervalles de 6-8 pouces ;
3. Enlever le plus de terre possible des rhizomes en faisant attention au bris physique des racines. La transplantation se fait à racines nues ;
4. Pour la plantation, faire un trou d'environ 2 pouces de profondeur permettant d'accueillir le rhizome et ses racines (sans les plier) (voir image 5) ;
5. Orienter les bourgeons près de la surface du sol et positionner les racines pour qu'elles aient un contact maximal avec la terre ;
6. Mettre de la terre autour des racines de façon ferme, mais pas trop pour éviter de faire suffoquer la plante ;
7. Garder une distance de 30 cm entre chaque plant ;
8. Arroser abondamment.



Image 5. Représentation de la transplantation d'un morceau de rhizome et la profondeur appropriée. Image issue du site web de Native Plant Herald. Récupérée le 11 août 2020. Source : <http://nativeplantherald.prairienursery.com/2019/09/how-to-transplant-bare-root-plants/>

7.3. Menaces à considérer pour *Asarum canadense*

7.3.1. Cerf de Virginie

Le broutage par le cerf de Virginie menace l'intégrité physique de l'asaret du Canada par sa défoliation. Lorsque la défoliation est au-delà de 50 %, cela a des conséquences négatives sur la reproduction et survie du plant (Rockwood & Lobstein, 1994). Notamment parce que l'affectation des feuilles entraîne une perte de la superficie photosynthétique de la plante, ce qui diminue sa capacité photosynthétique et entraîne une réduction de l'allocation d'énergie pour les ressources souterraines (Rooney, 2001). Ainsi, à cause de l'herbivorie exercée par le cerf de Virginie, la population d'asaret du Canada présente au Québec est propice à diminuer (MELCC, 2020).

En réduisant la taille du troupeau de cerfs ou en limitant leur accès à l'asaret du Canada, une augmentation des colonies des plants pourrait être observée (Royo et al., 2010). Il peut donc être recommandé de :

- a. Prioriser un site d'accueil se trouvant dans zone où le nombre de cerfs est inférieur à 4 ou 6 par km carré (Anderson, 1994) ;
- b. Protéger les zones de plantation (Strole & Anderson, 1992) ;
- c. Planter les plants à l'ombre (couverture de la canopée entre 75 et 85 %) pour réduire l'herbivorie (Liang, 2009).

Ainsi, pour augmenter le succès de survie et d'établissement de l'asaret du Canada, une protection des plants, ainsi que la priorisation des milieux avec une couverture de la canopée plus complète seront les deux mesures utilisées pour atténuer l'herbivorie dans ce cas-ci.

7.3.2 Récolte humaine

Étant donné qu'un des autres facteurs ayant mené au déclin de l'espèce est la récolte humaine, il est suggéré que le milieu récepteur de l'asaret du Canada soit peu visible et peu accessible. Parmi les lieux propices à la transplantation pour éviter la récolte de l'espèce se trouvent les zones d'optimisation des friches (ex. MR1B, MR2B ; MR3A, MR6A).

8. PROTOCOLE DE TRANSPLANTATION : *CARDAMINE DIPHYLLA*

(Dentaire à deux feuilles/Cardamine carcajou)

Brassicacée (Crucifères)



Source photo : http://greenlightplants.com/index.php/plant_catalog/dentaria-cardamine-diphylla/

Espèce vulnérable à la récolte au Québec (MELCC, 2020b)

Principales menaces :

Cerf de Virginie, coupe forestière, commerce de l'horticulture et alimentaire
(MELCC, 2020b)

8.1. Information sur l'espèce

La dentaire à deux feuilles, également appelée la dentaire à deux feuilles, est une herbacée vivace possédant un rhizome allongé et denté (MELCC, 2020b). L'espèce pousse en colonies dans des milieux riches en humus et qui sont humides au printemps. Son habitat typique au Québec est à l'ombre dans les forêts mixtes et feuillues (Labrecque et al., 2008 ; MELCC, 2020b).

8.1.1 Contexte et problématique

Cette espèce est désignée vulnérable à la récolte au Québec depuis 2005. Les principales menaces pour sa survie sont notamment l'herbivorie exercée par le cerf de virginie (*Odocoileus virginianus*), le commerce de l'horticulture et alimentaire, ainsi que la perte d'habitat causé par les coupes forestières (MELCC, 2020b). La dentaire à deux feuilles est maintenant protégée en vertu de la Loi sur les espèces menacées ou vulnérables au Québec. Elle se trouve également sur la liste des espèces floristiques vulnérables à la récolte, dont une limite de récolte a été établie à un maximum de cinq spécimens entiers ou en parties (MELCC, 2020a).

Au Canada, l'espèce se trouve aussi à l'Île-du-Prince-Édouard, Nouveau-Brunswick, Nouvelle-Écosse et Ontario, où elle est considérée comme fortement menacée (MELCC, 2020a ; MELCC, 2020b).

8.1.2 Nombre de semis identifiés in situ pour le moment

Sur les terres appartenant au MTQ, aucun individu n'a été rencontré. Pour l'automne 2020, il n'y a donc pas de demande d'autorisation qui soit nécessaire. Les recherches seront poursuivies au printemps 2021. La méthode de transplantation envisagée pour la dentaire à deux feuilles était par le déplacement des rhizomes. Les méthodes seront néanmoins détaillées au point 8.2.2.

8.1.3. Identification de *Cardamine diphylla*

- **Feuilles :**
 - 2-3 feuilles sont présentes par tige ;
 - Les feuilles sont composées (3 folioles ovées aux grosses dents arrondies) (10 cm de longueur, 4,5 de largeur), pétiolées, opposées ou presque, sur l'unique tige.
- **Tige :**
 - Simple (15-40 cm de hauteur) ;
 - La tige émerge d'un rhizome continu et fortement denté.
- **Fleurs : Mai**
 - Composés de 4 pétales blancs (environ 1,5 cm de diamètre) en petite grappe au sommet de la tige.
- **Fructification (gousses) :**
 - Silique linéaire-lancéolée (1-4 cm de longueur) ;
 - À maturité, la gousse s'enroule à la base du sommet ;
 - Les graines ne sont pas toujours produites, voire même rarement.
- **Rhizome :**
 - Le rhizome est blanc et charnu ;
 - Fortement denté, allongé et continue.



Sources photos

http://greenlightplants.com/index.php/plant_catalog/dentaria-cardamine-diphylla/

<http://www.ct-botanical-society.org/Plants/view/91>

http://www.repertoirequebecnature.com/vasculaires/Cardamine_diphylla.html

8.1.4. Caractéristiques importantes sur *Cardamine diphylla*

À maturité, la plante mesure entre 20 à 35 cm de hauteur (EPLVM, 2020) et possède deux modes de reproduction : par rhizomes et par graines (MELCC, 2020b).

8.1.5. Modes de reproduction

- **Reproduction par rhizomes et stolons** : La propagation végétative est présumée facile, par division ou bouture du rhizome, mais elle est plutôt lente (de 2 à 3 ans) (MELCC, 2020b). En nature, une forte proportion des plants issus directement du rhizome sont végétatifs et ne portent qu'une seule feuille (Gouvernement du Québec, 2007). Malgré tout, elle reste la méthode la plus efficace pour la transplantation.
- **Reproduction par fruits (graines)** : Ce genre de reproduction est peu efficace, car les fruits arrivent rarement à maturité (MELCC, 2020b) et il arrive fréquemment que la plante ne produise pas de graines (FNA, 2020). Également, la floraison des graines est longue et peut prendre entre 3-4 ans (Wildflower center, 2018).

8.2. Protocole de transplantation pour *Cardamine diphylla*

8.2.1 Caractérisation du milieu récepteur

La dentaire à deux feuilles se trouve typiquement dans les érablières à sucre, érablières à bouleau jaune, à caryer et à tilleuls. Elle peut aussi se trouver dans les ormaies et les frênaies (MELCC, 2020b). C'est sous un couvert d'arbres feuillus que la dentaire à deux feuilles trouve un milieu favorable à sa croissance et reproduction, avec une luminosité ombre ou mi-ombre (Wildflower center, 2018; EPLVM, 2020).

Au printemps, elle a besoin de beaucoup d'humidité et d'un sol riche pour croître (MELCC, 2020b). La dentaire à deux feuilles se trouve souvent à l'endroit où les feuilles décidues de l'année précédente ont créé un humus riche et épais (EPLVM, 2020).

Elle ne possède pas d'affinité particulière pour le pH du sol (pH 6.8) (Labrecque et al., 2008; Wildflower center, 2018).

- **Points clés** : Planter à mi-ombre/ombre, sous des arbres feuillus, dans un sol riche et humide.

Milieu(x) récepteur(s) envisagé(s) :

Les milieux récepteurs susceptibles de correspondre pour la dentaire à deux feuilles peuvent correspondre aussi pour l'ail des bois, l'asaret du Canada,

le carex massette, l'iris de Virginie, la matteucie fougère-à-l'autruche, la sanguinaire du Canada et le trille blanc.

- o **MR1B** : Sol humide, moyennement sableux jusqu'à 35 cm de profondeur et ensuite très argileux avec un recouvrement de canopée à 85 % (tableau I) ;
- o **MR2B** : Recouvrement de la canopée à 60 %. Au l'endroit de l'échantillon du sol, celui-ci était plutôt sec, mais la présence d'herbacées et feuillus témoignent d'un milieu humide (tableau II) ;
- o **MR3A** : Ce milieu peut être envisageable si on déplace la zone vers la forêt, car pour l'instant il n'y a aucun recouvrement de la canopée et le sol est humide (tableau III) ;
- o **MR6A** : Sol légèrement humide et argileux, avec un recouvrement de canopée à 85 % (tableau VI).

8.2.2. Moyens de transplantation pour *Cardamine diphylla*

I. Transplantation des rhizomes : (Méthode à prioriser)

Moment idéal : Lorsque la plante est en dormance, à l'automne (Mi-septembre, octobre).

Lorsqu'elle est en dormance, la dentaire à deux feuilles peut être facilement multipliée par la division de ses rhizomes et stolons. Il faut faire très attention lors des manipulations, car ses rhizomes sont très cassants (Wildflower center, 2018).

Chaque morceau récolté doit posséder au moins un bourgeon ainsi qu'une racine. Les racines fibreuses peuvent être laissées en place sur le rhizome. Jusqu'au moment de la transplantation, garder les rhizomes dans un contenant hermétique non exposé au soleil.

Étapes :

1. Faire des trous dans le sol d'une profondeur de 5 cm (2 pouces) avec un espacement de 18 cm (6 pouces) entre chacun ;
2. Placer les rhizomes avec le bourgeon orienté vers la surface et positionner les racines avec un contact maximal avec la terre, tout en évitant de les plier (voir image 5) ;
3. Taper la terre de façon ferme, mais pas trop pour éviter de faire suffoquer la plante ;
4. Bien arroser.

II. Récolte des graines et ensemencements : (Méthode plus risquée et plus lente)

Moment idéal : Fin de l'été - début automne

Étapes (Wildflower center, 2018) :

1. Ramasser les gousses et lorsque les graines sont de couleur brun foncé (matures), elles sont prêtes à être plantées ;

- a) Les graines peuvent être récoltées et ensemencées immédiatement après leur récolte si elles sont déjà brunes ;
 - b) Si les graines ne sont pas brunes, il faut laisser sécher la gousse dans un sac de papier fendu et attendre qu'elles soient mures ;
2. Planter les graines sur un lit de semence humides et ombragées.

Il faut éviter de stocker les graines, car elles perdent rapidement leur viabilité (Wildflower center, 2018).

8.3. Menaces à considérer pour *Cardamine diphylla*

8.3.1 Cerf de Virginie

L'herbivorie par le cerf de Virginie menace l'intégrité physique de la dentaire à deux feuilles et donc affecte sa croissance et reproduction (MELCC, 2020b). Il est favorable de prioriser un site d'accueil se trouvant dans zone où le nombre de cerfs est inférieur à 4 ou 6 par km carré (Anderson, 1994). Sinon il peut être recommandé de protéger les zones de plantations contre les cerfs.

Ainsi, pour augmenter le succès de survie et d'établissement de la dentaire à deux feuilles, une protection des plants, ainsi que la priorisation des milieux avec une couverture de la canopée plus complète seront les deux mesures utilisées pour atténuer l'herbivorie dans ce cas-ci.

8.3.2 Récolte humaine

Puisque la récolte humaine est aussi un enjeu affectant beaucoup la dentaire à deux feuilles (Labrecque et al., 2008 ; MELCC, 2020b), il est recommandé de transplanter celle-ci dans un lieu peu accessible à la population humaine, telles que les zones octroyées à cet effet (ex. MR1B, MR2B ; MR3A, MR6A qui ont été abordés au chapitre 3).

9. PROTOCOLE DE TRANSPLANTATION : *CAREX* *TYPHINA*

(Carex massette)

Cypéracées



Source de l'image : <https://qobotany.nativeplanttrust.org/species/carex/typhina/>

Espèce susceptible d'être désignée vulnérable ou menacée au Québec
(MELCC, 2020).

Principales menaces :

Construction routière, développement urbain et modification du régime hydrologique (Whitman et al., 2014).

9.1. Information sur l'espèce

Le carex massette fait partie de la famille des cypéracées. Il s'agit d'une graminée vivace qui croît en colonies dans les milieux humides du sud du Québec tels que les boisés, marais et prairies (Michigan State University, 2020 ; NRCS, 2020). Typiquement, l'habitat de prédilection de cette espèce est dans les érablières argentées (FloraQuebeca, 2014).

9.1.1. Contexte et problématique

Le carex massette, une plante relativement rare en Amérique du Nord, est présente au Québec et en Ontario (Canadensys, 2020 ; MELCC, 2020). Cependant, sa fréquence est encore trop grande pour être protégée en vertu de la Loi sur les espèces menacées ou vulnérables au Québec (Lavoie, 1992 ; CDPNQ, 2002), alors qu'aux États-Unis, il s'agit d'une espèce menacée et légalement protégée (Michigan State University, 2020). Au Québec, elle est donc susceptible d'être désignée menacée ou vulnérable (MELCC, 2020). Les principales menaces pour sa survie sont notamment la perte d'habitat engendrée par la déforestation, ainsi que les modifications du régime hydrologique provoqué par les conifères présents dans leur habitat et les changements climatiques qui augmentent les périodes de sécheresse du milieu (Whitman et al., 2014).

9.1.2 Le nombre de semis identifiés in situ pour le moment

Sur les terres appartenant au MTQ, près de 30 individus de carex massette ont été identifiés dans des zones qui seront détruites en 2020. Tous ces individus seront relocalisés. La transplantation sera effectuée par déplacement des pousses végétatives. Les méthodes détaillées sont abordées au point 9.2.2.

9.1.3. Identification de *Carex typhina*

- **Tiges :**
 - Les tiges mesurent entre 60-100 cm de long.
- **Feuilles :**
 - De couleur verte et d'une largeur de 5-10mm ;
 - Le foliage du carex persiste durant l'hiver.
- **Fleurs (épis) :** Printemps
 - Les nombre d'épis varie entre 1 à 6, mais il y en a généralement 3 ;
 - L'épi femelle est de forme cylindrique avec pointes (longueur de 5 cm et largeur de 2,5 cm) ;
 - L'épi mâle est en dessous de l'épi femelle, à leur base.
- **Fructification (akènes) :** Juillet - août
 - Les akènes ont une couleur brun-rouge à maturité (5.5-7.8 mm de longueur et 2-3 mm de largeur).



Source photos :
<https://gobotany-dev.herokuapp.com/species/carex/typhina/> ;
<https://minnesotawildflowers.info/grass-sedge-rush/cattail-sedge>

9.1.4 Caractéristiques importantes sur *Carex typhina*

La principale période de croissance active du carex massette est au printemps et en été. À maturité, le carex massette mesure 2 pieds de hauteur (Stewart, 2015 ; NRCS, 2020).

Le carex massette est capable d'autofécondation et de croisement grâce à ses inflorescences en épis (Cromley, 2005).

9.1.5. Modes de reproduction

- **Reproduction par graines (akènes) :** Ce type de propagation est lent (NRCS, 2020). Les graines germent facilement dans l'eau stagnante (Cromley, 2005). Ainsi, des changements au niveau hydrologique peuvent grandement affecter la reproduction de l'espèce (Whitman et al., 2014).
- **Reproduction par pousses végétatives :** La reproduction asexuée du *Carex typhina* débute à l'automne et est possible grâce à la morphologie de son méristème apical sur son court rhizome (Standley & Dudley, 1991). Le méristème du rhizome étant tourné vers le haut, cela permet la croissance de bourgeons axillaires au niveau de la tige qui se développeront en pousses végétatives lors du printemps prochain (Bernard, 1990 ; Standley & Dudley, 1991). Pour une seule tige de carex, cette méthode peut produire jusqu'à cinq nouvelles pousses (Bernard, 1990).

Le succès reproductif asexué peut cependant être diminué lorsque le plant de carex se trouve en condition anaérobie, puisqu'une baisse dans le nombre de racines et de leur longueur survient, en plus d'une baisse dans la biomasse du système racinaire (Moog & Janiesch, 1990).

9.2. Protocole de transplantation pour *Carex typhina*

9.2.1. Caractérisation du milieu récepteur

Le carex massette tolère mal la sécheresse et est très sensible aux changements hydriques (Whitman et al., 2014 ; NRCS, 2020). Son habitat doit absolument être humide, voire même légèrement inondable pour favoriser sa reproduction (Cromley, 2005 ; NRCS, 2020). Au Québec, le carex massette se trouve typiquement dans les érablières argentées (FloraQuebeca, 2014), éloignées des espèces de conifères (Cromley, 2005), car la présence de conifères a un effet négatif sur la litière pour *C. typhina*. Cela peut inhiber la germination de ses graines. De plus, les conifères réduisent les inondations qui sont importantes pour la propagation des graines (Cromley, 2005).

L'espèce est tolérante à l'ombre, mais la germination des graines est ralentie en présence d'un couvert forestier (Cromley, 2005). Une luminosité plus

généreuse augmente le succès de survie et de croissance de l'espèce (Bachand-Lavallée, 2007).

La texture du sol doit être fine ou moyenne. L'espèce est tolérante aux conditions anaérobies du sol et aux sols calcaires (CaCO_3). Les racines doivent pouvoir s'enraciner jusqu'à 8 pouces de profondeur (NRCS, 2020).

Par hectare, la densité tolérée pour cette espèce se situe entre un minimum de 1093 individus et un maximum de 1943 (NRCS, 2020).

Le carex massette peut se trouver dans un sol au pH neutre ou légèrement acide (entre 5,7 et 7,0) (NRCS, 2020).

- **Points clés :** Planter en zone avec luminosité abondante et ombrage partiel, dans un sol humide, éloigné des conifères.

Milieu(x) récepteur(s) envisagé(s) (voir Tableau IX) :

Les milieux récepteurs susceptibles de correspondre pour le carex massette peuvent correspondre aussi à un certain niveau pour l'ail des bois, l'asaret du Canada, la dentaire à deux feuilles, l'iris de Virginie, la matteucie fougère-à-l'autruche, la sanguinaire du Canada et le trille blanc. En nuance, des micro-habitats davantage humides seront priorisés pour la plantation du carex massette pour pallier ses besoins en humidité.

- o **MR1B :** Sol humide, moyennement sableux jusqu'à 35 cm de profondeur et ensuite très argileux avec un recouvrement de canopée à 85 % (tableau I) ;
- o **MR2B :** Recouvrement de la canopée à 60 %. Au l'endroit de l'échantillon du sol, celui-ci était plutôt sec, mais la présence d'herbacées et feuillus témoignent d'un milieu humide (tableau II) ;
- o **MR3A :** Ce milieu peut être envisageable si on déplace la zone vers la forêt, car pour l'instant il n'y a aucun recouvrement de la canopée et le sol est humide (tableau III) ;
- o **MR3B :** Sol humide et argileux. Forte présence d'herbacées et absence de recouvrement de la canopée (tableau III) ;
- o **MR6A :** Sol légèrement humide et argileux, avec un recouvrement de canopée à 85 % (tableau VI).

9.2.2. Moyens de transplantation de *Carex typhina*

Une relocalisation des spécimens de carex massette peut être effectuée avec des individus en entier ou en partie (Bachand-Lavallée, 2007).

La transplantation engendre typiquement un choc qui affecte négativement la croissance, reproduction et survie des carex. Les plants les plus âgés sont ceux qui sont les plus affectés par ce choc, car ils ont moins de plasticité que les juvéniles pour s'acclimater. Au possible, il s'avère donc avantageux de sélectionner des plants juvéniles au détriment de ceux plus âgés en se fiant

à leur hauteur et densité. Cela dit, le choc de transplantation devrait naturellement être atténué au travers du temps dans les nouvelles conditions du site récepteur. C'est pourquoi il est important par la suite de faire un rapport de suivi pour l'an 1 afin d'évaluer le succès de la relocalisation en utilisant la mesure de croissance des tiges comme indicateur de persistance au stress (Bachand-Lavallée, 2007).

Également, pour assurer le meilleur succès d'établissement qui soit, les propagules végétatives et graines (akènes) doivent être récoltées en plus des plants entiers (Bachand-Lavallée, 2007).

I. Transplantation des plants juvéniles :

Moment idéal : Printemps (avril-mai) ou Automne (septembre-octobre).

Étapes (Bachand-Lavallée, 2007 ; Promesse de Fleurs, 2018) :

1. Récolter les plants juvéniles en entier avec une truelle ;
2. Placer les mottes dans des sacs ou contenants hermétiques jusqu'au moment de la transplantation pour conserver l'humidité. Cette étape permettra aussi une division ultérieure de certains plants en partie en voyant bien les gaines basales (brunes) à partir desquelles les tiges sont dressées ;
3. Avant de transplanter le carex, retirer les herbes indésirables qui sont présentes au lieu de plantation ;
4. Selon leur grosseur, garder entre 30 et 50 cm de distance entre les plants et cela peut même être plus et aller jusqu'à 2 mètres de distance, car le carex pousse en touffes et prend donc de l'expansion avec le temps ;
5. Creuser un trou d'une profondeur correspondant à 2 fois la taille de la motte du plant ;
6. Recouvrir de litière et de matière organique en pressant ;
7. Arroser abondamment après la plantation.

Tous les trois ans suivants, il est possible de diviser les plants (touffes) entre le mois de mai à juillet (Rustica Jardinage, 2020).

II. Récolte et ensemencement des graines

Moment idéal : Automne

Étapes (Bachand-Lavallée, 2007) :

1. Les akènes peuvent être récoltés et semés à l'automne ;
2. Creuser un trou 2 fois plus profond que le diamètre de la graine ;
3. Recouvrir très légèrement de litière, en évitant d'y mettre des aiguilles de conifères ;
4. Arroser.

9.3. Menaces à considérer pour *Carex typhina*

9.3.1 Compétition (conifères)

La présence de conifères peut définitivement venir hypothéquer le succès de croissance et de reproduction du carex massette. Notamment, car les individus de conifères limitent l'apport en luminosité et en nutriments en plus d'influencer sur le niveau hydrique, mais également, car leur perte d'aiguille vient limiter la germination et propagation des graines de carex massette (Cromley, 2005).

10. PROTOCOLE DE TRANSPLANTATION : *CARYA OVATA*

(Caryer ovale)

Juglandacées



Source image : <https://plants.ces.ncsu.edu/plants/carya-ovata/>

Espèce susceptible d'être désignée vulnérable ou menacée au Québec (MELCC, 2020).

Principale menace :

Faible aire de répartition et maladies (Guide Sylvicole du Québec, 2014).

10.1. Information sur l'espèce

Le caryer ovale, aussi nommé caryer à noix douce est un grand arbre feuillu noble pouvant atteindre jusqu'à 40 mètres de hauteur et qui se distingue par son écorce gris foncé qui s'effiloche avec l'âge en longues lamelles retroussées, ce qui lui confère une allure ébouriffée (Marie-Victorin et *al.*, 2002 ; Nature action, 2008 ; RNC, 2015). Typiquement, le caryer ovale se trouve dans les érablières riches et humides au sud du Québec, dans les endroits rocheux protégés des vents froids du nord, ainsi que dans les bas des pentes et le long des cours d'eau (Guide Sylvicole du Québec, 2014 ; RNC, 2015). Son aire de répartition est plutôt limitée et se trouve le long du fleuve Saint-Laurent, allant du sud de l'Ontario jusqu'au Québec (RNC, 2015).

Il s'agit d'une espèce peu abondante dans les forêts de feuillus, mais dont le rôle d'essence compagne permet de préserver la biodiversité du milieu en jouant plusieurs rôles. En effet, sa présence dans les érablières offre un support de croissance et de régénération aux autres espèces de feuillus en venant équilibrer le pH du sol grâce à la décomposition de ses feuilles mortes qui possèdent un pH basique (Nature action, 2008). Cette décomposition permet de venir minimiser l'acidification du sol provoquée par la décomposition des feuilles mortes d'érable. De plus, la décomposition des feuilles mortes du caryer ovale participe à apporter une diversité d'éléments nutritifs profitables à la croissance des érables. Également, la présence de cette espèce participe à maintenir la biodiversité faunique par sa présence, car ses noix sont une source de nourriture importante pour plusieurs espèces de mammifères et d'oiseaux (Nature action, 2008).

10.1.1. Contexte et problématique

Le caryer ovale est désigné comme espèce susceptible d'être menacée ou vulnérable depuis 2008 (Nature action, 2008). La principale menace pour sa survie se trouve être les nombreuses maladies pathogènes pouvant l'affecter (Guide Sylvicole du Québec, 2014). Du fait que ses aires de répartition sont plutôt limitées, cela peut affecter négativement la prospérité des populations de caryer ovale (Guide Sylvicole du Québec, 2014 ; RNC, 2015).

10.1.2. Nombre de semis identifiés in situ pour le moment

À l'intérieur des immeubles excédentaires du MTQ, environ 20 individus matures de caryer ovale ont été rencontrés, dont cinq se trouvent à l'intérieur de zones qui vont être détruites en 2020. De plus, près de 10 semis ont été rencontrés et nous prévoyons tous les transplanter. Nous effectuons une demande pour 30 individus, car il est possible qu'avec plus de recherches on puisse en trouver davantage. Il est à noter que plusieurs individus de caryer ovale ont été rencontrés à l'intérieur de zones qui ne seront pas détruites en 2020.

À l'automne 2020, la transplantation sera effectuée par le déplacement complet des semis et des noix ont aussi été ramassées dans le but de les

planter ultérieurement, comme au printemps 2021. Les méthodes de transplantations seront détaillées au point 10.2.2 de ce chapitre.

10.1.3. Identification de *Carya ovata*

- **Écorce :**
 - L'écorce a une allure déchiquetée et se divise en de longs lambeaux verticaux.
- **Feuilles :**
 - Au nombre de 5 ou 7 folioles ;
 - Les feuilles ont un pH basique et sont facilement décomposables une fois tombées de l'arbre.
- **Bourgeons :**
 - Les bourgeons sont gros et grands (longueur de 50-75 mm) ;
 - Leur couleur est dorée et leurs écailles veloutées.
- **Fleurs :** Début juin
 - Présence de chatons mâles et de chatons femelles en grappe.
- **Fructification (amande douce) :**
Maturation en automne
 - Les fruits sont dans une enveloppe épaisse qui s'ouvre en quatre valves (diamètre entre 3-6 cm). À l'intérieur se trouve une amande douce qui peut être produite tous les 2 ans.



Sources photos :
<http://foretsboisesmontreal.blogspot.com/2012/12/feuille-du-caryer-ovale.html>
<https://arboretum8gabrielis.wordpress.com/biographie/100-2/>
<https://www.vdberk.fr/arbres/carya-ovata/>

10.1.4. Caractéristiques importantes sur *Carya ovata*

À maturité, le caryer ovale mesure entre 18 à 25 m de hauteur (Guide Sylvicole du Québec, 2014). Sa croissance s'arrête généralement autour de 40 m, mais il peut atteindre jusqu'à 50 m en conditions optimales (Marie-Victorin et *al.*, 2002).

Le caryer ovale a une croissance lente et commence à produire des graines seulement à partir de 40 ans ; le maximum de production est entre l'âge de 60 et 200 ans (Vines 1960 ; Guide Sylvicole du Québec, 2014). La longévité naturelle du caryer ovale peut atteindre jusqu'à 300 ans, mais cela seulement en de rares occasions dans des conditions optimales (Marie-Victorin et *al.*, 2002 ; Guide Sylvicole du Québec, 2014). Dans les faits, une longévité de 250 ans est plus souvent observée (Guide Sylvicole du Québec, 2014).

La production de graines est influencée par le diamètre du tronc du caryer ovale. À maturité physiologique, le diamètre à hauteur de poitrine (DHP) correspond à 60 cm (Guide Sylvicole du Québec, 2014 ; RNC, 2015). Il est à noter également que cette espèce a des années semencières aux intervalles de 1 à 3 ans avec peu de production entre ces bonnes années (Guide Sylvicole du Québec, 2014).

Les rongeurs tels que les tamias et écureuils s'approvisionnent des fruits du caryer qui tombent à l'automne. L'enfouissement des fruits plus loin de l'arbre initial favorise la reproduction du caryer ovale (Marie-Victorin et *al.*, 2002).

Une hybridation naturelle est possible avec le Caryer cordiforme (*Carya cordiformis*) (Guide Sylvicole du Québec, 2014). Donc une attention devrait être portée quand les deux essences se trouvent à proximité.

10.1.5. Modes de reproduction

- **Reproduction par rejets :**
Rejets de souche : Le caryer ovale peut se reproduire par rejet de souche s'il a été coupé (Tirmenstein, 1991). Ce nombre de rejets diminue au fur et à mesure que le diamètre de la souche augmente (Guide Sylvicole du Québec, 2014).
Rejets de racines : Avec l'âge, il peut aussi se reproduire par rejets de racines (Tirmenstein, 1991).
- **Reproduction par graines (noix) :** Lorsqu'elles tombent au sol, les noix sont protégées par leur broue (enveloppe) qui se détruit avec le temps et les variations de climats. Les noix doivent passer par un cycle de dormance avant de pouvoir germer au printemps (Raven et *al.*, 2008).

10.2. Protocole de transplantation pour *Carya ovata*

10.2.1. Caractérisation du milieu récepteur

Les meilleures conditions de croissance possible pour le caryer ovale se trouvent dans des érablières riches et humides (Guide Sylvicole du Québec, 2014). Puisqu'il tolère mal la sécheresse, le caryer ovale se trouve aussi dans les endroits rocheux qui sont protégés des vents froids du nord, dans le bas de pentes et le long des cours d'eau (Graney, 1990 ; Guide Sylvicole du Québec, 2014). Cette espèce est généralement associée à d'autres feuillus nobles tels que l'érable à sucre, chênes et tilleul, ainsi que parfois avec des résineux comme le pin blanc et la pruche (Guide Sylvicole du Québec, 2014).

Le caryer ovale a une croissance lente et est considéré avoir une tolérance moindre à l'ombre et nécessite entre 60 à 80 % de plein ensoleillement (Guide Sylvicole du Québec, 2014). D'ailleurs, Robison et McCarthy (1999) ont montré une relation positive entre la quantité totale de lumière reçue et la croissance basale des tiges, la biomasse racinaire, ainsi que la durée des taches de lumière sur les tiges. L'espèce offre donc une très bonne réponse et l'ouverture du couvert forestier lui est favorable (Guide Sylvicole du Québec, 2014). Sa saison de croissance minimale semble être de 140 jours (Tirmenstein, 1991).

Cette espèce a une croissance favorable dans des sols riches, car cette espèce a un besoin en éléments nutritifs très élevé. Le sol doit aussi être profond et composé de textures moyennes-grossières afin de favoriser l'humidité et l'enracinement du caryer ovale (Guide Sylvicole du Québec, 2014). En termes d'enracinement, la racine pivot du caryer ovale pénètre de 0,6 à 0,9 m dans les trois premières années de vie, alors que ces racines latérales demeurent davantage en superficie (Graney, 1990).

Dans des conditions beaucoup moins favorables, le caryer ovale peut également tolérer les sols pauvres et pouvant contenir beaucoup de zinc (Zn) et de plomb (Pb) (Graney, 1990).

- **Points clés :** Planter en exposition ensoleillée/mi-ombre, avec des érables, dans un sol humide, profond et fertile. Arroser jusqu'à ce que l'individu soit bien établi.

Milieu(x) récepteur(s) envisagé(s) (voir Tableau IX) :

- o **MR1A :** Sol modérément humide et argileux. La présence de mouchetures dans le sol à 46-72 cm de profondeur est indicatrice qu'il est possiblement mal drainé. La zone se trouve en milieu ouvert, en bordure de champ (tableau I) ;
- o **MR1B :** Sol humide, moyennement sableux jusqu'à 35 cm de profondeur et ensuite très argileux, avec un recouvrement de canopée à 85 %. Présence d'érables (*A. saccharinum*) (tableau I) ;

- o **MR2A** : Sol très humide, argileux et mal drainé. La zone se trouve en milieu ouvert, au bord d'un champ avec une présence d'érables (*A. saccharinum*) disposés en haie (tableau II) ;
- o **MR4A** : Sol argileux humide et semblant avoir une bonne profondeur. La zone se trouve en milieu ouvert, entre le champ et la forêt (tableau IV) ;
- o **MR4B** : Sol argileux, mouillé et très meuble (la nappe phréatique semble être haute). La zone se trouve en milieu ouvert, entre le champ et la forêt (tableau IV) ;
- o **MR6A** : Sol légèrement humide et argileux, avec un recouvrement de canopée à 85 % (tableau VI).

10.2.2 Moyens de transplantation pour *Carya ovata*

Lors des manipulations, il faut faire très attention pour éviter toute atteinte physique à l'arbre, puisqu'il est vulnérable à plusieurs maladies (Guide Sylvicole du Québec, 2014).

I. Transplantation de semis :

Moment idéal : Automne - Hiver (lorsque l'arbre est en dormance) (CDPNQ, 2008).

Étapes (Graney, 1990 ; Guide Sylvicole du Québec, 2014) :

1. Pour récolter le semis, le trou doit être suffisamment profond pour permettre l'extraction de la racine pivot avec le plant ;
2. Avec une pelle, creuser un trou profond d'environ 60 cm (selon grosseur du semis) pour favoriser l'enracinement pivot et éviter les chablis ;
3. Remplir le trou de litière, matière organique et sol minéral ;
4. Arroser adéquatement lors de la transplantation pour éviter l'assèchement ;
5. Les semis devraient croître d'environ 15 cm/an jusqu'à l'âge de 10 ans ou cela diminue entre 2,5 à 4 cm/an.

Au moment des suivis, porter une attention aux courbures du tronc des jeunes arbres, car cela peut être indicateur qu'ils manquent de lumière (Guide Sylvicole du Québec, 2014).

II. Récolte des noix, germination et ensemencement :

Moment idéal : Les noix peuvent être récoltées au moment où elles tombent de l'arbre, vers l'automne (Guide Sylvicole du Québec, 2014). Cette stratégie peut permettre d'augmenter le succès d'établissement de l'espèce, advenant que le nombre de semis soit insuffisant.

Afin de limiter la perte des noix, les noix stratifiées peuvent être plantées immédiatement suivant leur récolte et germer. Les noix non-stratifiées peuvent être préservées dans un contenant hermétique ou sac ziploc, puis mises au réfrigérateur durant le temps nécessaire à leur stratification. Elles pourront ensuite être plantées au printemps.

suivant, ou alors être utilisées pour obtenir un semis en serre (Guide Sylvicole du Québec, 2014).

a) Ensemencement des noix :

Moment idéal : Automne

Étapes (Guide Sylvicole du Québec, 2014) :

1. Creuser un trou d'une profondeur de deux fois le diamètre de la noix ;
2. Recouvrir avec de la litière et un mélange de matière organique et sol minéral ;
3. Arroser.

b) Faire germer les noix en serre :

Étapes (Guide Sylvicole du Québec, 2014) :

1. Mettre les noix stratifiées dans un substrat grossier tel que le sable pour garder au frais et favoriser la germination ;
2. Après la dernière gelée du sol au printemps, les plantules peuvent être transplantées à l'extérieur à un endroit ombragé pour permettre à leurs feuilles de s'adapter au soleil ;
3. Après 2-3 ans, les semis pourront être transplantés au printemps ou à l'automne.

10.3. Menaces à considérer pour *Carya ovata*

10.3.1 Maladies

Les diverses maladies provoquées par des pathogènes non indigènes envahissants qui affectent le caryer ovale possèdent des cibles différentes selon le stade de croissance de l'individu, ainsi les parties de l'anatomie qui sont atteintes (Guide Sylvicole du Québec, 2014). La plupart de ces infections surviennent à des températures humides entre 10-16 °C (MAAARO, 2009).

Affectations au stade semis :

- **Anthraxoses (*Apiognomonina caryae*)** : Maladies causées par des champignons microscopiques dont les dégâts causés sont généralement mineurs, mais peuvent dans de graves cas mener au dessèchement et perte prématurée des feuilles. Les premiers signes apparents de cette affectation sont l'apparition de taches circulaires décolorées ou de lésions nécrosées irrégulières sur les jeunes feuilles. Les champignons peuvent ensuite se répandre jusqu'au système vasculaire et causer une chute abondante des feuilles, ce qui peut affaiblir considérablement l'arbre et le rendre vulnérable à d'autres ravageurs (EPLVM, 2020).

- **Moisissures blanches (*Microstroma sp.*)** : De petites taches de moisissures blanches poudreuses apparaissent au-dessus des feuilles. Avec le temps, ces taches peuvent fusionner ensemble pour en former de plus grandes, puis elles brunissent, sèchent, et causent une défoliation précoce (Phyto Ressources, 2020).
- **Taches foliaires (*Marssonina juglansis*, *Gnomonia caryae*, *Septoria sp.*)** : Les taches foliaires (*Marssonina*) causent l'apparition de tâches mouchetées d'une couleur brun foncé avec le contour jaune qui s'agrandissent avec le temps et mènent à une nécrose et défoliation précoce. Cette infection débute normalement sur les feuilles des branches inférieures et progresse ensuite vers la cime de l'arbre (Gouvernement du Canada, 2020).

Affectation au stade gaulis :

- **Chancre nectrien (*Neonectria galligena*)** : Cette maladie peut survenir suite à l'infection d'une plaie ouverte par un champignon. L'infection crée un anneau rugueux autour de la plaie et continue de grandir avec les années, ce qui ralentit la croissance des arbres et peut entraîner leur mort (MAAARO, 2009).

Affectation des racines :

- **Pourridié-agaric (*Armillaria ostoyae*)** : Cette infection est provoquée par une exsudation bactérienne dans les racines endommagées du caryer ovale (Guide Sylvicole du Québec, 2014). Il est donc important d'éviter d'endommager les racines au moment de la transplantation pour prévenir l'arbre d'une potentielle infection.

10.3.2 Insectes

- **Scolyte du caryer (*S. quadrispinosus*)** : Survient surtout en période de sécheresse (Guide Sylvicole du Québec, 2014). Il s'agit d'un pathogène opportuniste qui croît dans le sol et qui vient affecter les racines des arbres les moins vigoureux ou subissant un stress. L'infection par le scolyte du caryer peut entraîner des maladies très graves se manifestant par un déclin général de sa vigueur et une décoloration de son feuillage. Des chancres et nécroses peuvent ensuite se former au niveau du point d'infection (racines) et entraîner la mort de l'arbre (MFFP, 2019).

10.3.3 Animaux

Le caryer ovale est peu (ou pas) vulnérable à l'herbivorie par les cerfs de Virginie qui ne le mange que par manque de disponibilité de nourriture (Tirmenstein, 1991). Les semis et gaules tolèrent quand même bien ce type d'herbivorie, car ils peuvent faire de nombreux rejets pour compenser (Guide Sylvicole du Québec, 2014). Les petits mammifères tels que les écureuils et souris peuvent cependant nuire à la dispersion des semences (Guide Sylvicole du Québec, 2014).

11. PROTOCOLE DE TRANSPLANTATION : *IRIS VIRGINICA*

(Iris de Virginie / Southern blue flag)

Iridacées



Source de l'image : <https://www.gardenia.net/plant/iris-virginica>

Espèce susceptible d'être désignée menacée ou vulnérable au Québec

(CDPNQ, 2008 ; Nature Québec, 2015)

Principale menace :

Érosion des rives, perte d'habitat et récolte humaine
(NRCS, 2001 ; Nature Québec, 2015)

11.1. Information sur l'espèce

L'iris de Virginie est une herbacée vivace à rhizomes rampant, ligneux et tubéreux qui pousse en groupe dans les milieux humides du Sud-Ouest du Québec tel que les érablières à érable à sucre riches en humus (Marie-Victorin et *al.*, 2002 ; FloraQuebeca, 2009), ainsi que les marais et marécages (Dignard et *al.*, 2008).

11.1.1. Contexte et problématique

Cette espèce est actuellement susceptible d'être désignée menacée ou vulnérable au Québec (CDPNQ, 2008). Les principales menaces pour sa survie sont notamment l'érosion des rives, ainsi que la perte d'habitat engendrée par les coupes forestières et le développement urbain (Lamoureux & Natel, 1999 ; Nature Québec, 2015). La récolte humaine représente aussi une menace pour l'iris de Virginie dont les rhizomes possèdent des propriétés médicinales (NRCS, 2001). Malgré tout, pour l'instant, il n'y a pas de loi pour l'instant qui protège l'espèce contre la récolte, car elle ne figure pas sur la liste des espèces floristiques vulnérables à la récolte (Gouvernement du Québec, 2007).

Hormis ces caractéristiques pouvant porter atteinte à l'espèce, aucune maladie ou ravage par insectes n'est associé à cette plante (Missouri Botanical Garden, 2020).

11.1.2 Nombre de semis identifiés *in situ* pour le moment

Pour l'instant, sur les terres appartenant au MTQ, près de 100 individus ont été rencontrés à l'intérieur de zones qui vont être détruites en 2020. Nous effectuons donc une demande d'autorisation auprès du MELCC pour transplanter 125 individus. La méthode de transplantation qui sera effectuée est le déplacement complet du plant en conservant le rhizome. Les moyens de transplantations de l'iris de Virginie seront détaillés au point 11.2.2 du chapitre.

11.1.3. Identification de *Iris virginica*

Tous les caractères d'identifications de l'iris de Virginie sont variables et il faut donc en considérer plusieurs à la fois (Dignard et al., 2008).

- **Feuilles :**
 - Les feuilles sont entières, lancéolées, et dressées (largeur de 5 à 25 mm) ;
 - Entre 3 à 10 feuilles basales par plant.
- **Tige :**
 - Aérienne, faible et courbée (15 à 90 cm).
- **Fleurs :** Floraison au printemps, entre avril et mai jusqu'à août
 - Floraison de forme irrégulière et de couleur variante (bleu-violet, lavande ou pourpre) ayant un diamètre entre 6 et 8 cm ;
 - Les pétales sont plus petits que les sépales ;
 - Les sépales présentent une tache jaune pubescente.
- **Fructification (capsules) :**
 - Les capsules sont trigones et à parois très épaisses (3 à 6 cm de long et 1-2 cm de large) ;
 - Les graines sont de couleur brun pâle et de formes variables.
- **Rhizome :**
 - Le rhizome est horizontal ou rampant, gros et charnu d'un diamètre entre 1 à 2 cm.



Sources photos
<https://naturalcommunities.net/products/iris-virginica-var-shrevei-southern-blue-flag>
<https://www.yumpu.com/fr/document/view/50113173/iris-de-virginie-nature-quebec>

*** Attention lors de l'identification :

Ressemble à *Iris versicolor* et à *Iris pseudacorus*, qui sont des espèces voisines (Dignard et al., 2008)

11.1.4. Caractéristiques importantes sur *Iris virginica*

Le plus fréquemment, l'iris de Virginie croît jusqu'à 2 pieds, mais il peut parfois atteindre 3 pieds de hauteur (Missouri Botanical Garden, 2020).

11.1.5. Modes de reproduction

L'iris de Virginie possède deux modes de reproduction principaux : par rhizomes et par graines (Morgan, 1990 ; Missouri Botanical Garden, 2020). Il faut normalement attendre entre 1 à 2 ans avant d'avoir une première floraison (SFIB, 2008).

- **Reproduction par rhizomes** : En conditions optimales, les rhizomes s'étendent pour former des colonies (Missouri Botanical Garden, 2020).
- **Reproduction par graines** : Les graines se trouvant dans les cupules deviennent matures à la fin de l'été et peuvent être semées en septembre. Au moment de la dispersion, les graines sont en dormance. Elles doivent passer par une stratification à basse température pour briser la dormance et pouvoir germer au printemps suivant avec des températures chaudes et humides (Morgan, 1990).

Il arrive parfois que les écarts de température nécessaire pour briser ce cycle de dormance ne soient pas rencontrés et que les graines ne germent pas au printemps suivant, mais plutôt à celui de l'année suivante (Morgan, 1990).

11.2. Protocole de transplantation pour *iris virginica*

11.2.1. Caractérisation du milieu récepteur

L'iris de Virginie se retrouve dans des sols riches en matière organique qui sont tourbeux et peu sablonneux (NRCS, 2001). Cette espèce a une grande affinité pour les milieux humides tels que les marécages, rivages, fossés et marais (NRCS, 2001 ; CDPNQ, 2008) et peut même tolérer jusqu'à 15 cm d'eau peu profonde (Missouri Botanical Garden, 2020). Par contre, dans de telles conditions, le sol doit être bien drainé afin d'éviter au possible un stress hydrique chez la plante (CDPNQ, 2008).

L'espèce a une meilleure croissance lorsqu'elle se trouve en plein soleil (NRCS, 2001 ; Missouri Botanical Garden, 2020), mais elle peut tolérer l'ombrage quand elle se trouve dans des régions plus chaudes, car elle est intolérante à la sécheresse et ne peut donc prospérer dans des lieux qui sont propices à l'assèchement (CDPNQ, 2008). Pour que l'iris de Virginie puisse prospérer, il faut un milieu récepteur possédant une ouverture du couvert forestier partielle de manière à ce que les plants aient une bonne luminosité, mais que l'assèchement du sol soit limité grâce à l'ombre résiduelle (CDPNQ, 2008b).

L'iris de Virginie a une affinité pour un pH plutôt acide des milieux humides (Missouri Botanical Garden, 2020).

- **Points clés :** Exposition soleil/mi-ombre, dans un sol humide, tourbeux et peu sablonneux, et qui est bien drainé si l'eau s'accumule (> 15 cm).

Milieu(x) récepteur(s) envisagé(s) (voir Tableau IX) :

Les milieux récepteurs susceptibles de correspondre pour l'iris de Virginie peuvent correspondre aussi à un certain niveau pour l'ail des bois, l'asaret du Canada, la dentaire à deux feuilles, le carex massette, la matteucie fougère-à-l'autruche, la sanguinaire du Canada et le trille blanc. En nuance, des micro-habitats davantage humides seront priorisés pour la plantation de l'iris de Virginie pour pallier ses besoins en humidité.

- o **MR1B :** Sol humide et moyennement sablonneux, avec un recouvrement de canopée à 85 %. Présence d'*Iris pseudacorus* dans cette zone. Une autre clairière potentiellement similaire a été localisée à proximité (point GPS : 45.0863427, -73.0793434) (tableau I) ;
- o **MR6A :** Sol légèrement humide et argileux, avec un recouvrement de canopée à 85 % (tableau VI) ;
- o **MR6B :** Sol humide et argileux. Présence d'un recouvrement de la canopée à 35 % (tableau VI).

11.2.2 Moyens de transplantation de *Iris virginica*

Le moment venu, marquer l'emplacement de la transplantation ou de l'ensemencement dès que possible pour retracer le lieu de la plantation.

I. Récolte et transplantation de rhizomes : Méthode à favoriser. Plus facile et efficace.

Moment idéal : Printemps ou fin de l'été (NRCS, 2001).

Lors de la récolte, noter s'il y a présence de pourriture au niveau des rhizomes qui peut être indicatrice d'un excès d'humidité dans le milieu. Si tel est le cas, il est alors possible de simplement enlever les parties pourries, ou encore de favoriser un lieu de plantation légèrement en pente pour favoriser le drainage du sol (Jardiniers professionnels, 2015).

Étapes (NRCS, 2001 ; Jardiniers professionnels, 2015) :

1. Avec une truelle, creuser la terre pour en extraire la plante et ses rhizomes ;
2. Diviser les rhizomes avec un couteau en gardant un minimum d'une tige (feuille) et une racine sur chaque morceau : cette étape peut se faire à deux périodes :
 - a) À l'automne ;
 - b) Au printemps, juste après l'apparition des premières feuilles.

3. Avant de planter, travailler le sol en retournant la terre pour que l'eau et la terre puissent mieux y pénétrer et que les racines puissent s'installer rapidement ;
4. Planter le morceau de rhizome peu profondément, au niveau du sol, et recouvrir entre 1 à 2 pouces de litière (voir image 5 au chapitre 7) ;
5. Laisser de 45 à 60 cm entre les plants ;
6. Arroser au moment de la plantation seulement ;
7. Recommencer la division des nouveaux plants après 3-5 ans.

II. **Récolte et ensemencement des graines :**
Moment idéal : Fin de l'été, Septembre

Étapes (Morgan, 1990) :

1. Récolter les capsules à la fin du mois d'août - début du mois de septembre ;
2. Planter les graines en septembre (doivent rester en dormance jusqu'au printemps) et couvrir de 1 cm de sol ;

Il est aussi possible de mettre les capsules avec les graines dans un contenant hermétique puis de le laisser au congélateur jusqu'au moment de plantation au printemps :

- a. Suite à la plantation, garder le sol humide au possible jusqu'au printemps ;
- b. La germination des graines se fait fin mai - début juin et est favorisée par des températures chaudes (entre 20-30 degrés).

11.3. Menaces à considérer pour *Iris virginica*

11.3.1. Récolte humaine

Étant reconnus pour ses vertus médicinales et la beauté de sa fleur, des spécimens d'iris de Virginie sont récoltés en entier ou en partie, ce qui exerce une forte pression sur ses populations (NRCS, 2001).

Il est suggéré que le milieu récepteur de l'iris de Virginie soit peu visible et peu accessible afin d'éviter la récolte humaine. Parmi les lieux propices à la transplantation se trouvent les milieux récepteurs (abordés au chapitre 3) MR1B, MR6A et MR6B qui sont localisés dans des friches, entre les terres enclavées et la forêt. Ces zones sont donc peu visibles et accessibles par la route.

Également, au moment de la transplantation et des suivis, il est recommandé d'éviter de faire des sentiers dans l'habitat où se trouvent les populations d'iris de Virginie. D'abord pour épargner qu'elle soit piétinée, mais aussi pour éviter sa récolte (CDPNQ, 2008).

11.3.2. Érosion des rives

L'érosion des rives est l'un des facteurs majeurs affectant la survie de l'espèce, car celle-ci se retrouve dans les marais et marécages (Nature Québec, 2015). Dans la nature, il n'existe pas de mesures afin de prévenir cette érosion.

12. PROTOCOLE DE TRANSPLANTATION : *JUGLANS CINEREA*

(Noyer cendré)

Juglandacées



Source image : <https://gobotany.nativeplanttrust.org/species/juglans/cinerea>

Espèce en voie de disparition (COSEPAC, 2010) et susceptible d'être désignée menacée ou vulnérable au Québec (MELCC, 2020).

Principales menaces :

Chancre du Noyer cendré, cerf de Virginie, perte d'habitat (Environnement Canada, 2010).

12.1. Information sur l'espèce

Le noyer cendré est un grand arbre feuillu pouvant atteindre jusqu'à 35 m de hauteur (Flore laurentienne, 2020). Il s'agit d'une espèce dont l'aire de répartition est limitée aux forêts de feuillus dans l'Est Canadien, plus précisément dans le sud de l'Ontario et du Québec, ainsi que de façon plus localisée dans certaines régions de l'Ouest et Sud du Nouveau-Brunswick (COSEPAC, 2017). Typiquement au Québec, le noyer cendré se trouve à proximité de criques sur des terrains en pentes dans des forêts feuillus (Leboeuf, 2016). Dans la plupart de son aire de répartition, il n'est pas un arbre commun et est souvent en déclin (Rink, 1990). Ailleurs au Canada, comme au Manitoba, en Nouvelle-Écosse et à l'Île-du-Prince-Édouard, le noyer cendré a été introduit en tant qu'espèce ornementale (COSEPAC, 2017). De toutes les espèces de noyers, le noyer cendré est la seule qui est indigène du Québec (AFSQ, 2014).

Il s'agit d'une espèce peu abondante, mais dont le rôle d'essence compagne permet de préserver la biodiversité du milieu en jouant plusieurs rôles (Nature action, 2008). Comme les autres juglandacées, le noyer cendré produit du juglone (aussi appelé juglandine), une substance toxique qui est sélectivement associée avec la végétation associée (Lee & Campbell, 1970). Dans sa répartition optimale et sur de bons sites, le noyer cendré est donc une espèce désirable dans les peuplements (Clark, 1965). Il est d'ailleurs souvent associé aux tilleuls (*Tilia sp.*) ; au cerisier tardif (*Prunus serotina*) ; au hêtre à grandes feuilles (*Fagus grandifolia*) ; aux ormes (*Ulmus sp.*) ; à la pruche du Canada (*Tsuga canadensis*) ; aux caryers (*Carya sp.*) ; au noyer noir (*Juglans nigra*) ; aux chênes (*Quercus sp.*) ; à l'érable rouge (*Acer rubrum*) ; à l'érable à sucre (*A. saccharum*) ; au tulipier de Virginie (*Liliodendron tulipifera*) ; au frêne blanc (*Fraxinus americana*) et au bouleau jaune (*Betula alleghaniensis*) (Rink, 1990). Dans la partie nord de sa répartition, il est souvent trouvé avec le pin blanc (*Pinus strobus*) (Rink, 1990). Le noyer cendré serait également associé au ginseng à cinq folioles (*Panax quinquefolius*) (MRNO, 2000).

Sa présence dans les forêts de feuillus participe aussi à maintenir la biodiversité faunique, car ses noix sont une source de nourriture importante pour plusieurs espèces de mammifères et d'oiseaux (Nature action, 2008).

12.1.1 Contexte et problématique

Il s'agit d'une espèce déclarée en voie de disparition depuis 2003 par le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC, 2017). Depuis 2005, le noyer cendré est inscrit à la Loi sur les espèces en péril (LEP) au Canada (COSEPAC, 2010), mais il n'est pas protégé au Québec en vertu de la législation provinciale (COSEPAC, 2017). Néanmoins, le noyer cendré est une espèce susceptible d'être désignée menacée ou vulnérable au Québec (MELCC, 2020).

L'espèce fut jadis utilisée pour son bois, mais la principale menace à laquelle elle fait maintenant face est le chancre du noyer cendré, une maladie fongique mortelle qui affecte presque tous les noyers cendrés du territoire

canadien et cause une mortalité rapide (COSEPAC, 2017). Cet agent pathogène non indigène a causé un déclin marqué de presque l'entièreté de la population du noyer cendré en Ontario et au Québec, et en moindre mesure au Nouveau-Brunswick (70 %) en s'introduisant par les blessures et cicatrices foliaires de l'arbre (Nature action, 2008 ; COSEPAC, 2010). Selon une des données provenant du COSEPAC (2017), le taux d'infection de l'espèce par le chancre du noyer cendré en Ontario serait de 99,7 % et entraînerait une mortalité annuelle de 5,43 %. Au Québec, presque tous les individus de noyer cendré, tous âges confondus, seraient infectés par cette maladie. Un déclin du noyer cendré de plus de 90 % est estimé sur une période de 2 générations (90 ans) et il est envisagé selon les données actuelles que l'espèce disparaîtra entièrement du pays d'ici 84 ans (COSEPAC, 2017).

Le noyer cendré fait également face à d'autres menaces pour sa survie, telles que la récolte du bois, la perte d'habitat ainsi que son hybridation avec le noyer de Siebold (*Juglans ailantifolia*) (COSEPAC, 2017). Ces hybrides nommés « *Buarthnuts* » semblent, pour l'instant, plus vigoureux que le noyer cendré et plus résistant aux maladies (AFSQ, 2014).

Malgré, les risques d'infections par le chancre du noyer, nous prévoyons tout de même procéder à leur transplantation. Considérant le déboisement à venir, le statut précaire de cette espèce, ainsi que l'approche écosystémique qui sera appliquée (rapport 3), nous jugeons qu'il vaille la peine d'essayer de déplacer les individus de noyer cendré. La transplantation des semis complets est la méthode qui sera privilégiée. Les détails concernant les étapes de transplantations seront décrits au point 12.2.2 de ce chapitre.

12.1.2. Nombre de semis identifiés in situ pour le moment

Dans les immeubles excédentaires appartenant au MTQ, trois arbres matures ont été rencontrés pour le moment à l'intérieur de zones qui vont être détruites en 2020. Malheureusement, ces trois arbres sont inaccessibles par la machinerie pouvant transplanter de gros arbres et ne pourraient donc pas être transplantés. Néanmoins, quatre semis ont été rencontrés dans des zones qui seront détruites en 2020. Nous effectuons une demande de transplantation pour cinq individus.

Pour l'instant, aucune noix de noyer cendré n'a été récoltée. Des recherches de noix en 2021 seront poursuivies pour une plantation ultérieure.

12.1.3. Identification de *Juglans cinerea*

- **Feuilles :**
 - Les feuilles sont alternes et composées de 11 à 17 folioles lancéolées, finement dentées ;
 - Elles sont longues et mesurent plus de 25 cm ;
 - Leur pétiole est long, rigide et pubescent (30 à 60 cm) ;
 - Leur dessus est vert jaunâtre et leur dessous plus pâle et pubescent.
- **Fleurs :** Avril à juin
 - Le moment de floraison varie selon la localisation ;
 - Fleurs mâles en longs chatons (6-14 cm) portés par les rameaux de l'année précédente et naissent en mai ;
 - Fleurs femelles se trouvent en groupe, dressées sur les pousses terminales qui entrent en végétation au printemps ;
 - Les fleurs mâles et femelles atteignent une maturité à des moments différents, ce qui encourage la pollinisation croisée.
- **Fructification (noix) :** Mi-septembre à octobre
 - La noix est dissimulée dans une enveloppe épaisse, ovoïde, au duvet dense ;
 - La noix devient mature à l'automne et reste généralement accrochée à l'arbre jusqu'à après la chute des feuilles.



Sources photos :

https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/registre-public-especes-peril/evaluations-rapports-situations-cosepac/noyer-cendre-2017.html#_01
<https://plantationsunivert.com/boutique/feuillus/noyer-cendre/>
<https://www.registrelap-sararegistry.qc.ca/default.asp?lang=Fr&n=948AA4F5-1&pedisable=false>

12.1.4. Caractéristiques importantes sur *Juglans cinerea*

Le noyer cendré est un grand arbre mesurant entre 12 à 18 m de hauteur lorsqu'il atteint sa maturité (Guide Sylvicole du Québec, 2014) et pouvant atteindre jusqu'à 35 m (Flore laurentienne, 2020). Entre l'âge de 10 à 30 ans, son diamètre augmente de 1 cm/an. Sa croissance en diamètre est rapide jusqu'à l'âge de 50 ans (Guide Sylvicole du Québec, 2014). À maturité, son DHP est entre 30 et 60 cm (Clark, 1965).

Cette espèce commence à se reproduire à partir de l'âge de 20 ans par la dispersion des semences et son âge de reproduction optimale se situe entre 30 et 60 ans (Guide Sylvicole du Québec, 2014). Sa longévité est normalement entre 75 et 80 ans (Guide Sylvicole du Québec, 2014) et il parfois plus exceptionnellement l'âge de 100 ans (AFSQ, 2014 ; COSEPAC, 2017).

12.1.5. Modes de reproduction

- **Reproduction par graines (noix) :** Une bonne récolte de noix est possible tous les 2-3 ans et chaque arbre peut alors produire environ 4620 semences (Guide Sylvicole du Québec, 2014). Lors des années intermédiaires, la production de graine est faible et irrégulière (COSEPAC, 2017).

Habituellement, les graines germent au printemps suivant la chute de l'arbre (COSEPAC, 2017). Une fois tombées de l'arbre, une dispersion des noix est possible à l'aide d'un transport par de petits mammifères et l'écoulement des eaux (Guide Sylvicole du Québec, 2014). Les rongeurs sont d'ailleurs à l'origine de la majorité des semis de noyer cendré présents en milieux naturels (AFSQ, 2014). La noix est libérée lorsque le brou entre en décomposition ou qu'elle est libérée par l'intérêt des petits rongeurs (Guide Sylvicole du Québec, 2014). Les semences peuvent demeurer viables jusqu'à 2 ans dans le sol.

- **Reproduction par rejets :** Une propagation végétative est possible pour les jeunes souches de noyer cendré et les semis (Rink, 1990). Ce genre de reproduction est faible et est issu seulement lorsque leur cime est détruite (Guide Sylvicole du Québec, 2014).
- **Reproduction par greffe :** Il est également possible de reproduire le noyer cendré à l'aide de greffes intra et interspécifiques dans le genre (Kaeiser & Funk, 1971). Les arbres greffés peuvent être favorables pour s'assurer de préserver le patrimoine génétique du noyer cendré (AFSQ, 2014).

12.2. Protocole de transplantation pour *Juglans cinerea*

12.2.1. Caractérisation du milieu récepteur

Le noyer cendré se plante et croît facilement, mais doit être transplanté jeune à cause du développement rapide du système racinaire (Guide Sylvicole du Québec, 2014). Il peut tolérer une grande variété de sols (COSEPAC, 2010), mais pour offrir des conditions de croissance optimale pour le système racinaire, ceux-ci doivent être profonds et bien drainés avec une texture moyenne (Guide Sylvicole du Québec, 2014 ; AFSQ, 2014). Avec l'âge, dans un sol profond, les racines du noyer cendré évoluent vers un système fibreux profond, étalé et développe une racine pivot. Alors que dans des conditions moins optimales où les sols sont peu profonds, les racines vont s'allonger davantage en surface (Guide Sylvicole du Québec, 2014).

La composition du sol doit être un mélange de matière organique et de sol minéral, ainsi que de litière (Guide Sylvicole du Québec, 2014). Le noyer cendré se trouve généralement dans les limons riches et bien drainés de types alfisols et entisols (Rink, 1990). Il affectionne les sols mésiques et modérément humides de sites calcaires, de pentes douces, près de rives de cours d'eau, ou encore dans de basses terres fertiles (Leboeuf, 2016). Le besoin en eau est très élevé pour le noyer cendré (5/5 sur l'échelle de Bakusis) (Guide Sylvicole du Québec, 2014). L'espèce a donc une préférence pour les sites humides tels que les bancs de ruisseaux et criques (CDPNQ, 2008). Cette espèce peut aussi tolérer les sols sablonneux ou graveleux, plus secs, plus compacts ou moins fertiles sur lesquels sont souvent retrouvés les vieux spécimens (Rink, 1990).

Malgré que les jeunes arbres puissent résister à la compétition latérale et ont une croissance optimale avec un ombrage partiel, le noyer cendré mature ne tolère pas l'ombre venant du couvert forestier et il est considéré comme intolérant à l'ombre et à la compétition (Rink, 1990 ; Leboeuf, 2016). Le couvert forestier doit donc être suffisant pour permettre une croissance et survie des semis, mais pas trop pour permettre à l'espèce de prospérer et accéder à la strate supérieure (Rink, 1990).

- **Points clés :** Planter dans une zone ouverte avec un ombrage partiel, dans un sol profond, riche, humide et bien drainé.

Milieu(x) récepteur(s) envisagé(s) (voir Tableau IX) :

Les milieux récepteurs susceptibles de convenir pour le noyer cendré peuvent correspondre aussi pour le chêne bicoloré, car ils partagent les mêmes caractéristiques qui sont recherchées pour leur nouvel habitat (voir chapitre 14).

- o **MR1A :** Sol modérément humide et argileux se trouvant en milieu ouvert en bordure de champs. Le sol semble bien drainé jusqu'à 46 cm où il y a ensuite présence de mouchetures (tableau I) ;
- o **MR1B :** Sol meuble et humide de type forestier. Plusieurs espèces forestières (ex. érable argenté, frênes, saules, etc.) forment un

couvert forestier allant jusqu'à 85 % de recouvrement. Les micro-habitats avec le plus faible pourcentage de recouvrement sont à favoriser pour la plantation des semis (tableau I) ;

- o **MR2C** : Sol meuble et humide de type argileux jusqu'à une profondeur de 58 cm et ensuite devient limoneux. Le milieu récepteur se trouve dans une zone avec milieu ouvert entre le champ et la forêt (tableau II) ;
- o **MR4B** : Sol argileux, mouillé et très meuble (la nappe phréatique semble être haute). La zone se trouve en milieu ouvert, entre le champ et la forêt (tableau IV) ;
- o **MR6B** : Sol humide et légèrement argileux. Plusieurs espèces forestières (ex. érable argenté, frênes, saules, ormes, etc.) offrent un recouvrement de 35 % de la canopée (tableau VI) ;
- o **MR8A** : Il s'agit d'un ancien champ agricole n'ayant aucun recouvrement de la canopée, avec un sol humide et riche en nutriments (tableau VIII) ;
- o **MR8B** : Idem que pour MR8A, mais sous la LHE avec des risques d'inondations (tableau VIII).

12.2.2 Moyens de transplantation pour *Juglans cinerea*

Les semis d'une hauteur de 45 cm et plus peuvent être recueillis et transplantés (A. Nault communication personnelle, 2020).

Au moment de la transplantation, marquer les individus à leur site de plantation pour éviter de les endommager (CDPNQ, 2008). Chaque blessure créée peut augmenter la vulnérabilité de l'arbre à être infecté par le chancre du noyer cendré (COSEPAC, 2017).

I. Récolte et transplantation des semis :

Moment idéal : Hiver (CDPNQ, 2008).

Avant de procéder à la transplantation dans les milieux récepteurs, il peut être favorable de leur créer de petites ouvertures dans le couvert forestier si celui-ci est trop dense. Cela peut être réalisé à l'aide d'un outil d'élagage en coupant certaines branches pour créer un ombrage partiel au semis (Guide Sylvicole du Québec, 2014).

Étapes (A. Nault communication personnelle, 27 août 2020) :

1. Avec une pelle, récolter les semis d'environ 45 cm avec une grosse motte de terre en prenant soin d'éviter les bris physiques à l'arbre et aux racines ;
2. Déposer le semis dans un sac de jute ou de toile en faisant attention aux racines. Cela permettra de garder la terre humide jusqu'à la transplantation (qui doit être effectuée le plus rapidement possible) ;
3. Dans le milieu récepteur, retirer la litière avec un râteau et ameublir la terre à l'aide d'une pelle ;
4. Creuser un trou dans le sol d'environ 60 cm de profondeur (selon la taille du semis) ;

5. Remplir ensuite le trou de terre et de litière ;
6. Bien arroser ;
7. Les autres semis doivent être plantés avec un espacement important entre eux (ex. : 0,1 semis/m²) ;

Suivant leur germination, les semis peuvent croître d'une hauteur entre 5 à 10 cm aux 30 jours. Ils peuvent ensuite continuer d'évoluer d'une hauteur de 45 cm/an lorsqu'ils sont au stade gaulis (Guide Sylvicole du Québec, 2014).

II. Récolte des noix et ensemencement :

Moment idéal : Automne

Étapes (AFSQ, 2014 ; Guide Sylvicole du Québec, 2014) :

1. À l'automne, récolter les noix sous les noyers cendrés ;
2. Puisque le brou des noix peut être porteur de maladies tel que le chancre du noyer cendré qui se transmet par spores, il est préférable de retirer le brou et s'assurer qu'aucune blessure n'est apparente sur la noix ;
3. Pour l'ensemencement des noix dans le milieu récepteur, choisir un substrat humide composé de litière, matière organique et sol minéral dans un milieu suffisamment ensoleillé ;
4. Creuser un trou correspondant à deux fois le diamètre de la noix. Recouvrir du substrat humide ;
5. Garder 10 m de distance entre chaque plantation ;
6. Si possible, il faut protéger les noix contre les écureuils en créant une protection ;

Les noix mûrissent dès la mi-septembre au début octobre et le succès de germination est généralement de 65 % avec des semences viables (AFSQ, 2014 ; Guide Sylvicole du Québec, 2014). Les semences demeurent viables jusqu'à 2 ans dans le sol (Guide Sylvicole du Québec, 2014).

III. Bouturage (greffe) :

Moment idéal : Au printemps pour avoir beaucoup de sève

Des expériences ont montré que les boutures de bois tendre (tiges de l'année) exhibent un haut taux de succès en survivant à l'hiver et en s'acclimatent au site lorsqu'elles sont prises au mois de juin et trempées dans une solution de 62 mm K-IBA (77 %) ou 74 mm IBA (88 %) (Pijut & Moore, 2002).

La greffe consiste à unir deux individus, dont l'un sera le récepteur permettant de nourrir le greffon. Cela permet d'obtenir les fruits du greffon, soit dans ce cas-ci les noix du noyer cendré avec leur patrimoine génétique. Une bonne taille de bouturage peut nécessiter de s'appliquer et prendre son temps (Baltet, 1892).

Étapes (Baltet, 1892) :

1. Sélectionner d'abord les arbres qui seront les greffons et les porte-greffes et une semaine avant la procédure, arroser abondamment ceux-ci pour qu'ils soient bien en sève le moment venu :
 - a. Le greffon doit avoir un diamètre d'au moins 10 à 15 mm ;
 - b. Le porte-greffe ne doit pas posséder un diamètre correspondant à plus de 4 fois celui du greffon.
2. Avec un couteau ou un sécateur, procéder à la coupe du greffon en biseau sous un œil ou une ramification ;
3. Sur l'arbre porte-greffe, supprimer les départs de nouveaux rameaux latéraux. À environ 20 cm du sol, faire une incision verticale correspondant à la longueur du biseau du greffon, puis décoller l'écorce ;
4. Il faut ensuite glisser le greffon sous l'écorce et le coller avec la sève avant de solidifier le tout à l'aide de corde ou autre. Il est aussi important de masquer les plaies pour éviter les infections et permettre une cicatrisation optimale.

12.3. Menaces à considérer pour *Juglans cinerea*

12.3.1. Chancre du Noyer cendré

Le chancre du noyer cendré est la principale cause du déclin de l'espèce. Cette maladie est causée par le champignon exotique (*Sirococcus clavigignenti-juglandacearum*) originaire d'Asie qui, une fois installé dans une partie de l'arbre, peut provoquer la mort de ses branches et de ses tiges. Cette affection évolue ensuite jusqu'à entraîner la mort de l'individu de façon irrémédiable. Les spores du champignon peuvent ensuite se propager par la pluie vers les tiges des autres arbres avoisinants (NatureServe, 2020).

Selon le programme de rétablissement du noyer cendré, les semis seraient infectés à 4 % suivant l'année de transplantation et à 3,1 % à l'année suivante (Environnement Canada, 2010). Le chancre affecte les arbres de tous âges et la mort peut suivre rapidement ou prendre jusqu'à 40 ans (NatureServe, 2020). En effet, les semis et gaules se retrouvent rapidement tués, alors que les arbres matures peuvent survivre jusqu'à 30 ans avant d'en mourir (COSEPAC, 2017).

Comme mentionné au point 12.1.1 de ce chapitre, malgré les risques d'infections présents pour cette espèce, nous prévoyons tout de même procéder à la transplantation des noyers cendrés. Notamment à cause du statut précaire de cette espèce et qu'un déboisement des zones de prélèvement est imminent. Nous jugeons qu'il est préférable de procéder à sa transplantation et d'appliquer un plan d'approche écosystémique pour tenter que l'espèce prospère malgré tout, puisque ces individus seraient perdus lors de la construction de l'autoroute.

12.3.2. Herbivores et granivores

- **Cerf de Virginie** : Les feuilles de noyer cendré sont agréables au goût pour le cerf de Virginie (palatabilité) et il peut avoir une incidence sur le succès de régénération de l'arbre par le broutage de ses feuilles et ses rameaux. Le frottement des bois du cerf peut également nuire à l'arbre en créant des plaies, ce qui crée des ouvertures additionnelles propices au chancre du noyer cendré (COSEPAC, 2017).

La protection contre le cerf doit donc être envisagée pour promouvoir la régénération du noyer cendré (COSEPAC, 2017). La pose de protecteurs sera effectuée pour les semis dans le but d'assurer leur bonne croissance.

- **Insectes, oiseaux et rongeurs** : De plus, plusieurs insectes foreurs de bois, défoliateurs, charançons des noix, punaises de dentelle, mouches à coques et scolytes sont communément retrouvés sur *J. cinerea* (Hay & Donley, 1966). Un pourcentage élevé de graines saines est consommé par les oiseaux, insectes et rongeurs granivores, ce qui entraîne une perte considérable de graines pour la semence (Guide Sylvicole du Québec, 2014).

12.3.3. Climat

Le noyer cendré est vulnérable au feu. De plus, bien qu'elle soit considérée résistante au vent, cette espèce est sujette à de fréquents dommages causés par les tempêtes (Clark, 1965). Également, les écarts de températures extrêmes peuvent causer le dessèchement des bourgeons à cause du vent (Guide Sylvicole du Québec, 2014).

13. PROTOCOLE DE TRANSPLANTATION : *MATTEUCCIA STRUTHIOPTERIS*

(Matteucie Fougère-à-l'autruche)

Onocléacées



Source image : <https://www.lejardindeau.com/fougères/24373-matteuccia-struthiopteris.html>

Espèce vulnérable à la récolte au Québec (MELCC, 2020b).

Principale menace :

Surrécolte humaine des crosses « *têtes-de-violon* »
(Lamoureux & Nantel, 1999 ; MELCC, 2020b).

13.1. Information sur l'espèce

La Matteucie Fougère-à-l'autruche est une plante herbacée vivace formant de grandes colonies. Son nom lui a été donné à cause de ses immenses frondes triangulaires disposées le long du rhizome rappelant les plumes d'une autruche. Cette espèce est présente dans les forêts de feuillus riches, ombragés et humides, ainsi que dans les plaines inondables et fossés (MELCC, 2020b).

13.1.1. Contexte et problématique

Cette espèce est désignée vulnérable à la récolte au Québec depuis 2005 (MELCC, 2020b). Il ne s'agit pas d'une espèce rare au Québec, cependant, la surrécolte de ses jeunes frondes (crosses) surnommées « têtes-de-violons » pour l'alimentation exerce une pression non négligeable sur la reproduction et survie de l'espèce (Lamoureux & Nantel, 1999 ; MELCC, 2020a).

La Matteucie Fougère-à-l'autruche est maintenant protégée en vertu de la Loi sur les espèces menacées ou vulnérables au Québec. Elle se trouve également sur la Liste des espèces floristiques vulnérables à la récolte, dont une limite de récolte a été établie à un maximum de cinq spécimens entiers ou de parties souterraines en milieu naturel (MELCC, 2020a). Pour la récolte des crosses, selon une étude à ce sujet, il est suggéré qu'un prélèvement d'un maximum de 10 à 20 % des crosses soit plus approprié afin d'assurer le maintien des populations de fougère-à-l'autruche pour les années à venir (Lamoureux & Nantel, 1999).

Cette espèce est présente dans toutes les provinces du Canada, mais elle n'est cependant désignée comme menacée ou fortement menacée qu'en Colombie-Britannique, Alberta, Yukon, Terre-Neuve-et-Labrador ainsi que dans les Territoires du Nord-Ouest (MELCC, 2020b).

13.1.2. Le nombre de semis identifiés in situ pour le moment

À l'intérieur des immeubles excédentaires du MTQ, près de 30 individus ont été rencontrés à l'intérieur de zones qui seront détruites en 2020 pour le prolongement de l'autoroute 35. Nous demandons donc une autorisation pour 50 individus à transplanter. La méthode de transplantation effectuée sera en déplaçant complètement les Matteucies fougère-à-l'autruche, considérant que les individus se trouvent dans des zones qui seront éventuellement détruites. Les méthodes de transplantation pour la matteucie seront élaborées au point 13.2.2 de ce chapitre.

13.1.3. Identification de *Matteuccia struthiopteris*

- **Frondes stériles (vertes) :** Avril
 - Grandes frondes triangulaires vertes (entre 60 à 230 cm de longueur) ;
 - Elles ressemblent à des plumes d'autruche et entourent les frondes fertiles ;
 - Les frondes sont dispersées le long du rhizome.
- **Frondes fertiles (brunes) :** Juillet - août
 - Les frondes fertiles sont plus courtes que les frondes stériles (30 à 50 cm) ;
 - Elles sont d'abord d'une couleur verte et deviennent brunes à maturité ;
 - Elles persistent jusqu'au printemps ;
 - Les spores sont dans la marge recourbée des frondes.
- **Rhizome :**
 - Le rhizome est ascendant et croît au vertical ;
 - Il porte la couronne de frondes ;
 - À partir des rhizomes se développent de longs stolons souterrains ;
 - Le rhizome principal se propage par rhizomes latéraux pour former de nouveaux plants.



Sources photos :
<http://fern.la.coocan.jp/Dryopteridaceae/Matteuccia%20struthiopteris/Matteuccia%20struthiopteris.htm> ;
<https://mamienature.files.wordpress.com/2014/05/matteucie.jpg>

*** Attention lors de l'identification :

La fougère-à-l'autruche peut ressembler aux osmondacées avec leurs grandes frondes (EPLVM, 2020).

13.1.4. Caractéristiques importantes sur *Matteuccia struthiopteris*

La Matteucie fougère-à-l'autruche est la plus grande fougère au Québec et peut atteindre jusqu'à 2 mètres de hauteur (MELCC, 2020b ; EPLVM, 2020). Il s'agit de la seule fougère comestible au Québec dont les frondes fertiles sont très prisées et sont la cause de son déclin (MELCC, 2020b).

13.1.5. Modes de reproduction

- **Reproduction par rhizomes :** La Matteucie fougère-à-l'autruche se propage abondamment par voie végétative. En effet, environ la moitié des rhizomes peuvent produire de nouvelles couronnes chaque année (Lamoureux & Nantel, 1999).

Suite à l'émergence de feuilles au mois de juillet et août, de nouveaux rhizomes latéraux se forment à partir du rhizome principal qui est déterminé par la couronne de frondes (Lamoureux & Nantel, 1999). Les rhizomes latéraux allongent jusqu'à 3 mètres par année (MELCC, 2020b) continuent de pousser sous terre pendant 1 à 2 ans avant de pouvoir former une nouvelle couronne vers la fin du mois d'août (MELCC, 2020b ; Lamoureux & Nantel, 1999).

Les rhizomes continuent à pousser en hauteur de 0,5 à 2 cm par année, ce qui fait que chez les spécimens plus âgés, les rhizomes ont tendance à sortir de plusieurs centimètres du sol (Lamoureux & Nantel, 1999 ; Au jardin, 2020). Aucune autre technique très précise ne permet de déterminer la longévité de la Matteucie fougère-à-l'autruche, mais certaines hauteurs de rhizomes identifiées à 60 cm laissent prétendre que les plans pourraient vivre jusqu'à 120 ans (Lamoureux & Nantel, 1999).

- **Reproduction par spores :** Les frondes fertiles de Matteucie apparaissent après 3 ans et la sporulation a ensuite lieu en juillet et août (MELCC, 2020b). Chaque plant peut produire individuellement une quantité de 100 000 à 1 000 000 spores. Malgré cette quantité énorme de spores produites, peu d'entre elles germent en milieu naturel. Notamment, car leur viabilité varie considérablement selon les conditions où elles se retrouvent (Lamoureux & Nantel, 1999). De plus, les frondes fertiles de la Matteucie fougère-à-l'autruche persistent durant l'hiver (MELCC, 2020b) et les spores peuvent être libérés soit l'hiver, ou au printemps suivant leur formation (Lamoureux & Nantel, 1999).

Une fois que les spores germent au printemps, cela prend 2 semaines avant qu'un prothalle ne soit formé, puis ensuite cela nécessite 19 semaines pour qu'un jeune plant soit produit. Les frondes fertiles apparaissent ensuite lors de la troisième année de croissance (Lamoureux & Nantel, 1999).

Du moment de la production de spores jusqu'au moment de l'obtention d'un plant mature, il s'écoule donc environ 4 ans (Lamoureux & Nantel, 1999).

13.2. Protocole de transplantation pour *Matteuccia struthiopteris*

13.2.1. Caractérisation du milieu récepteur

La Matteucie fougère-à-l'autruche croît surtout à l'ombre et se trouve dans un habitat où des arbres feuillus lui permettent de protéger ses racines du soleil. Pour une croissance optimale, la fougère doit être plantée sous un couvert forestier entre 60 et 90 %, composé idéalement de feuillus tels que les aulnes rugueux, peuplier baumier, frênes, érable argenté et orme d'Amérique qui sont des espèces accompagnatrices de la Matteucie (EPLVM, 2020 ; MELCC, 2020b). Elle peut être plantée en compagnie de Rhododendron (*Rhododendrons sp.*) et Jacinthe des bois (*Hyacinthoides non-scripta*) qui sont des fleurs à tubercules ou bulbeuses (Au jardin, 2020). Un climat trop sec ou trop lumineux entraîne une réduction de la taille de la fougère (MELCC, 2020b). Les frondes de l'espèce sont fragiles et les endroits trop venteux sont donc à éviter (Missouri Botanical Garden, 2020).

Cette espèce a une préférence pour les lieux frais et humides. Elle peut très bien tolérer les inondations et peut se retrouver dans les fossés sous 50 cm d'eau (MELCC, 2020b). Pour une croissance et reproduction végétative optimale, la Matteucie fougère-à-l'autruche a besoin de matière organique dans un sol sableux et bien drainé en surface. Un apport annuel d'alluvions ou de matière organique est aussi nécessaire pour le développement des deux types de rhizomes (MELCC, 2020b).

- **Points clés :** Planter à mi-ombre/ombre, sous des arbres feuillus, dans un sol riche et humide, à l'abri du vent au possible.

Milieu(x) récepteur(s) envisagé(s) (voir Tableau IX) :

Les milieux récepteurs susceptibles de correspondre pour la matteucie fougère-à-l'autruche peuvent correspondre aussi pour l'ail des bois, l'asaret du Canada, la dentaire à deux feuilles, le carex massette, l'iris de Virginie, la sanguinaire du Canada et le trille blanc. En nuance, des microclimats humides favorisant un couvert forestier couvrant entre 60 à 90 % du milieu de transplantation sont à favoriser.

- o **MR1B :** Sol humide, moyennement sableux jusqu'à 35 cm de profondeur et ensuite très argileux avec un recouvrement de canopée à 85 % (tableau I) ;
- o **MR2B :** Recouvrement de la canopée jusqu'à 60 %. Une section humide est à favoriser dans ce milieu, car l'endroit d'échantillonnage a montré un sol plutôt sec (tableau II) ;

- o **MR3A** : Ce milieu peut être envisageable si le sol y est peu compact et très humide, que ce soit avec un bon ensoleillement ou sous un couvert forestier (tableau III) ;
- o **MR6A** : Sol légèrement humide et argileux, avec un recouvrement de canopée à 85 % (tableau VI).

13.2.2. Moyens de transplantation *Matteuccia struthiopteris*

I. Récolte et transplantation des rhizomes :

Moment idéal : Lorsque la plante est en dormance, à l'automne (Mi-septembre, octobre) ou au printemps.

Éviter de transplanter la plante quand il fait trop chaud, car elle peut rapidement décliner (Au jardin, 2020).

Étapes (A. Nault communication personnelle, 27 août 2020) :

1. Déterrer le plant de Matteucie avec une truelle ou une pelle ;
2. Sélectionner une partie du rhizome (principal ou latéral) possédant au moins une fronde en santé par massif ainsi qu'une racine ;
3. À l'aide d'un petit outil, enlever délicatement le rhizome et retirer la terre de ses racines ;
4. Au milieu récepteur, creuser un trou de 3 à 4 fois la grosseur du diamètre des rhizomes et les planter en faisant attention de ne pas plier les racines ;
5. L'espèce peut ensuite être transplantée en massif ou en isolé en gardant un minimum de 2 m de distance entre chaque plant, car les rhizomes s'allongent jusqu'à 3 m par année ;
6. Recouvrir de litière de manière à ce que le sommet de la motte soit 1 cm sous le niveau du col ;
7. Arroser abondamment.

II. Transplantation de plants :

Moment idéal : Lorsque la plante est en dormance, à l'automne (Mi-septembre, octobre)

Étapes :

1. Déterrer le plant avec une pelle et le récolter en se fiant au rhizome principal à partir duquel les frondes poussent de façon circulaire ;
2. Creuser un trou correspondant à deux fois la grosseur du godet et placer les racines avec un contact maximal avec la terre, tout en évitant de les plier ;
3. Garder un minimum de 2 m de distance entre chaque plant ;
4. Recouvrir de litière de manière à ce que le sommet de la motte soit 1 cm sous le niveau du col ;
5. Arroser abondamment.

13.3. Menaces à considérer pour *Matteuccia struthiopteris*

13.3.1. Récolte humaine

Étant donné que le facteur ayant mené au déclin de cette espèce est la surrécolte humaine, il est suggéré que le milieu récepteur soit peu visible et peu accessible à la population humaine. Comme les zones de transplantation qui nous ont été octroyées par le MTQ, telles que les milieux récepteurs MR1B, MR2B, MR3B et MR6A (abordés aux chapitres 3 et 4) qui sont localisés dans des friches, entre les terres enclavées et la forêt. Ces zones sont donc peu visibles et accessibles par la route.

14. PROTOCOLE DE TRANSPLANTATION : *QUERCUS BICOLOR*

(Chêne bicolore)

Fagacées



Source photo : Flore Laurentienne
https://www.florelaurentienne.com/flore/Groupes/Spermatophytes/Angiospermes/Dicotyles/012_Fagaces/01_Quercus/bicolor.htm

Espèce susceptible d'être désignée vulnérable ou menacée au Québec (MFFP, 2015).

Principales menaces :
Utilisation commerciale et maladies
(NRCS, 2003 ; Guide Sylvicole du Québec, 2014).

14.1. Information sur l'espèce

Le chêne bicolore est un grand arbre feuillu pouvant atteindre jusqu'à 30 mètres de hauteur (NRCS, 2003 ; Marie-Victorin et *al.*, 2002). Il se distingue des autres chênes par ses feuilles bicolores qui sont d'un vert luisant sur le dessus et d'un gris avec pubescence sur le dessous, ainsi que par son écorce qui s'écaille en morceaux (NRCS, 2003 ; Waldron, 2003 ; MRNF, 2020) (voir images au point 14.1.3 du chapitre).

Cette espèce se trouve typiquement dans les milieux humides et basses terres en association avec d'autres espèces de feuillus tels que l'érable rouge et argenté, frêne rouge et noir, ainsi que les chênes à gros fruits (*Quercus macrocarpa*). Le chêne bicolore a une bonne tolérance aux sols moins bien drainés, ce qui peut lui conférer un avantage par rapport aux autres feuillus dans des milieux tels que les terres inondées, marais et étangs. Dans ces conditions saturées en eau, son système racinaire se développe davantage de façon superficielle et étalée (Guide Sylvicole du Québec, 2014). Cependant, s'il est planté en sol non saturé et profond, une racine pivot peut alors se former et favoriser son enracinement (Guide Sylvicole du Québec, 2014 ; MDDELCC, 2017).

Il s'agit d'une espèce rare dont la population est limitée dans les basses terres du sud-ouest de l'Ontario et du Québec (MRNF, 2020).

14.1.1. Contexte et problématique

Étant donné la grande valeur économique de son bois et sa faible aire de répartition au Canada (NRCS, 2003 ; MRNF, 2020), le chêne bicolore est maintenant susceptible d'être désigné comme espèce vulnérable ou menacée au Québec (MFFP, 2015). Plusieurs facteurs, autres que ceux commerciaux, sont impliqués dans le déclin de cette espèce (Guide Sylvicole du Québec, 2014). Notamment, les changements climatiques viennent augmenter la fréquence des épisodes de sécheresses et la température saisonnière, ce qui cause un stress chez les chênes bicolores et les rend plus susceptibles aux infections et maladies pouvant leur être mortelles (Snyder, 1992 ; Sousa et *al.*, 1995) (voir point 14.3 du chapitre). Ainsi, un « déclin du chêne » est observé, faisant référence à une baisse de population en santé (Blum, 2018).

14.1.2. Nombre de semis identifiés in situ pour le moment

Sur les terres appartenant au MTQ, 2 gaules et 38 semis ont été rencontrés pour le moment à l'intérieur de zones qui seront détruites en 2020. Une vingtaine d'individus matures ont également été rencontrés dans les zones qui ne seront pas détruites en 2020, dont des semences seront récoltées cette année. Un total de 5 individus à transplanter fut demandé, il serait bien d'augmenter cette demande à 40 afin de pouvoir relocaliser tous les plants rencontrés. Pour les transplantations, les semis complets seront déplacés, tandis que des glands ont été récoltés à l'automne 2020 dans le but de pouvoir les planter ultérieurement. Les méthodes de transplantation seront détaillées au point 14.2.2 de ce chapitre.

14.1.3. Identification de *Quercus bicolor*

- **Feuilles :** Mai-Juin
 - Elles sont caduques, alternes, obovales et avec des lobes peu profondes ;
 - De couleur verte sur le dessus et grise sur le dessous gris (feuilles bicolors) ;
 - Longueur de 10-20 cm et largeur de 4-10 cm.
- **Écorce :**
 - Écorce squameuse qui s'écaille en longs morceaux
 - Bois lourd, dur et fort de couleur brun clair
- **Fleurs :** Floraison Mai - juin
 - Les chatons mâles et chatons femelles sont séparés ;
 - Chatons mâles : pendant et contiennent plusieurs fleurs ;
 - Chatons femelles : fleurs seules ou en inflorescences.
- **Fructification (glands) :** Août - octobre, mais les bonnes années semencières sont chaque 3 à 5 ans.
 - Les glands sont allongés (20-30 cm) entourés à la base par une cupule recouverte d'écailles ;
 - Ils sont généralement en paires ;
 - Le pédoncule mesure 2-10 cm de longueur.



Sources photos
<https://www.minnesotawildflowers.info/tree/swamp-white-oak>
<https://www.vdberk.fr/arbres/quercus-bicolor/>
http://oaks.of.the.world.free.fr/quercus_bicolor.htm

14.1.4. Caractéristiques importantes sur *Quercus bicolor*

À maturité, le chêne bicolore mesure entre 15 à 20 m de hauteur et parfois jusqu'à 30 m (NRCS, 2003). Son diamètre quant à lui peut atteindre jusqu'à 90 cm (Guide Sylvicole du Québec, 2014). Cette espèce a une croissance intermédiaire pouvant être lente, mais qui est supérieure lorsqu'elle se trouve en milieu bien drainé (Waldron, 2003 ; Guide Sylvicole du Québec, 2014). Dans des conditions de croissance idéales, c'est-à-dire dans un milieu ouvert et bien drainé, un semi peut croître entre 30 à 60 cm en hauteur par an (Guide Sylvicole du Québec, 2014).

Sa production de glands contenant des graines débute à partir de l'âge de 20-30 ans. Le moment où la production de graines est à son summum est à l'intérieur de l'âge de 75-100 ans (NRCS, 2003). La longévité habituelle du chêne bicolore est de 300 ans (Guide Sylvicole du Québec, 2014), mais l'espèce peut se rendre jusqu'à 350 ans dans des cas plus rares (NRCS, 2003).

14.1.5. Modes de reproduction

- **Reproduction par rejets de souche :**

Si le chêne est endommagé, il peut germer à partir de sa souche ou bien de sa couronne de racines (NRCS, 2003). Cela peut aussi se produire lorsque l'arbre subit une perte importante de sa cime ou lorsque la tige meurt (Guide Sylvicole du Québec, 2014). Cette production de rejet diminue au rythme où le diamètre de la souche augmente. Ainsi, lorsque le diamètre est au-delà de 27 cm, le potentiel de reprise par souche est inférieur à 30 % (Guide Sylvicole du Québec, 2014).

- **Reproduction par graines (glands) :**

La production de glands est cyclique et de bonnes semences ne sont produites qu'à tous les 3 à 5 ans (Guide Sylvicole du Québec, 2014). Cela peut donc limiter la capacité de récolter des graines temporairement. Les glands du chêne bicolore n'entrent pas en dormance et ne requièrent pas de stratification, selon le NRCS (2003), ils peuvent donc germer la même saison à laquelle ils sont tombés de l'arbre, tandis que Snyder (1992) prétend que cela prend jusqu'à 1 an. La fructification est abondante et peut atteindre jusqu'à 17 120 semences par arbre dont l'indicateur de vitalité est de 80 % (Guide Sylvicole du Québec, 2014). Les semences peuvent par la suite être dispersées à une distance allant jusqu'à 50 m grâce à des mammifères rongeurs ou par un courant d'eau (Guide Sylvicole du Québec, 2014).

14.2. Protocole de transplantation pour *Quercus bicolor*

14.2.1. Caractérisation du milieu récepteur

Le chêne bicolore a une préférence pour des conditions humides à mésiques et tolère les inondations saisonnières, car il a un besoin en eau élevé (CDPNQ, 2008 ; Guide Sylvicole du Québec, 2014 ; Illinois Wildflowers, 2020). Il faut donc proscrire les lieux propices à l'assèchement du sol, car le chêne bicolore est intolérant à ce genre de stress (CDPNQ, 2008).

Cette espèce nécessite une luminosité élevée et possède une tolérance intermédiaire à l'ombre (Snyder, 1992 ; Guide Sylvicole du Québec, 2014). Un lieu de plantation avec un couvert forestier ouvert est donc favorable à sa croissance et production de branches adventives (CDPNQ, 2008), car en cas échéant, le chêne bicolore tend à être remplacé par des espèces plus tolérantes à l'ombre (Guide Sylvicole du Québec, 2014).

Le sol du milieu récepteur doit être fertile (Snyder, 1992), car l'espèce a un besoin très élevé en éléments nutritifs et d'une texture du sol entre fine et moyenne-grossière (Guide Sylvicole du Québec, 2014). Malgré sa tolérance aux sols moins bien drainés et à tendance aux inondations, le chêne bicolore a une croissance supérieure lorsqu'il est planté dans des sites qui sont bien drainés (Guide Sylvicole du Québec, 2014). Ainsi, une combinaison de loams, d'argile, de limon ou sable peut s'avérer favorable au développement du système racinaire en profondeur (MDDELCC, 2017 ; Illinois Wildflowers, 2020).

Dans des conditions un peu moins idéales à sa croissance, l'espèce peut également tolérer la compaction des sols (Illinois Wildflowers, 2020) et être plantée dans des dépressions (Snyder, 1992). Il faut cependant éviter que le site soit à proximité de chemin ou sentier afin d'éviter les piétinements de l'arbre lorsqu'il est encore au stade de semis (CDPNQ, 2008).

Le pH du sol doit être non alcalin et légèrement acide (optimal entre 5 à 7,5) (Guide Sylvicole du Québec, 2014 ; MRNF, 2020), car un pH du sol trop basique peut entraîner une chlorose ferrique chez l'espèce (NRCS, 2003).

- **Points clés :** Plantation sous un couvert forestier ouvert, dans un milieu humide, riche en éléments nutritifs, avec un sol profond et bien drainé.

Milieu(x) récepteur(s) envisagé(s) (voir Tableau IX) :

Les milieux récepteurs susceptibles de convenir pour le chêne bicolore peuvent aussi correspondre à un certain degré pour le noyer cendré, car ils partagent les mêmes caractéristiques qui sont recherchées pour leur nouvel habitat (voir chapitre 12).

- o **MR1A :** Sol modérément humide et argileux se trouvant en milieu ouvert en bordure de champs. Le sol semble bien drainé jusqu'à 46 cm où il y a ensuite présence de mouchetures (tableau I) ;

- o **MR1B** : Le couvert forestier dans ce milieu est relativement fort (85 %), donc viser des espaces de plantation avec un maximum de luminosité. Le sol y est meuble et humide (tableau I) ;
- o **MR2C** : Sol meuble et humide de type argileux jusqu'à une profondeur de 58 cm et ensuite devient limoneux. Le milieu récepteur se trouve dans une zone avec milieu ouvert entre le champ et la forêt (tableau II) ;
- o **MR4B** : Sol argileux, mouillé et très meuble (la nappe phréatique semble être haute). La zone se trouve en milieu ouvert, entre le champ et la forêt (tableau IV) ;
- o **MR6B** : Faible recouvrement de la canopée (35 % en général) avec un sol humide et argileux (tableau VI) ;
- o **MR8A** : Il s'agit d'un ancien champ agricole n'ayant aucun recouvrement de la canopée, avec un sol humide et riche en nutriments (tableau VIII)
- o **MR8B** : Idem que pour MR8A, mais sous la LHE avec des risques d'inondations (tableau VIII).

14.2.2. Moyens de transplantation pour *Quercus bicolor*

I. Récolte et transplantation des semis :

Moment idéal : Automne (lorsque la plante est en dormance)

Les travaux peuvent être réalisés à l'automne ou durant l'hiver, lorsque les individus sont en dormance. Il est primordial de bien marquer les individus à leur nouveau site de plantation pour éviter de les endommager en les piétinant (CDPNQ, 2008). La récolte des semis et leur transplantation au site récepteur doivent se faire le même jour (A. Nault communication personnelle, 27 août 2020).

Étapes (A. Nault communication personnelle, 27 août 2020) :

1. Les semis peuvent être récoltés à l'aide d'une pelle et être disposés au nombre de 3 à 4 individus par sac de toile ou sac de plantation commercial ;
2. Creuser ensuite un trou d'une profondeur d'environ 1 m pour accueillir le système racinaire et d'un diamètre correspondant aux dimensions de l'individu sélectionner ;
3. Dénuder les racines avant la transplantation (MRNF, 2020). Cette opération peut être difficile dû au développement des racines pivotantes ;
4. Recouvrir de litière et matière organique ;
5. Garder un espacement important entre les autres semis (ex. : 0,1 semis/m²) ;
6. Arroser abondamment.

Porter un soin particulier à l'arrosage plus tard après la plantation à l'automne ou plus tard au printemps (MRNF, 2020).

II. Récolte, germination et ensemencement des glands :

Moment idéal: Automne (Juste après leur chute de l'arbre)

Lors de la sélection des glands, éviter de choisir ceux présentant des blessures visibles, car cela peut altérer le développement du semis (Wardell & Hart, 1970). Également, puisque les glands du chêne bicolore sont propices à être infectés par des insectes (voir section 3 du chapitre), il est important de les collecter rapidement après qu'ils tombent pour éviter leur infestation, ainsi qu'une germination précoce (Snyder, 1992). Il est à noter que les glands qui portent encore leur cupule ne conviennent pas à la plantation (MRNF, 2020).

Les glands peuvent germer dès le moment qu'ils sont mûrs et collectés à la chute de l'arbre en octobre, car ils ne passent pas par un cycle de dormance et ne requièrent pas de stratification (NRCS, 2003 ; Guide Sylvicole du Québec, 2014). Il est favorable de les planter dans les meilleurs délais, car ils germent facilement et de plus ils ne conservent leur viabilité seulement quelques mois grâce à leur stockage (NRCS, 2003 ; Guide Sylvicole du Québec, 2014).

Si la plantation est reportée, il faut alors placer les glands dans un contenant hermétique ou sac de type ziploc dès le moment de leur récolte pour éviter les échanges gazeux (Guide Sylvicole du Québec, 2014) et les entreposer dans un endroit frais et humide entre 1 et 4 °C (NRCS, 2003). Il s'agit cependant d'une méthode beaucoup moins efficace que de les planter immédiatement suite à leur récolte (Guide Sylvicole du Québec, 2014).

Étapes (Wardell & Hart, 1970 ; NRCS, 2003 ; Guide Sylvicole du Québec, 2014) :

1. Récolter les glands sans cupules et sans blessures visibles ;
2. Creuser un trou de 2 fois le diamètre du gland dans un sol riche et humide avec une ombre partielle ;
3. Enfouir sous de la litière et un sol minéral ;
4. Arroser abondamment.

14.3. Menaces à considérer pour *Quercus bicolor*

14.3.1. Insectes

- **Charançons des noix (*Conotrachelus sp.*, *Curculio sp.*)** : Coléoptère dont les adultes et les larves causent des dommages au chêne bicolore. Les adultes s'attaquent aux noix, aux pousses terminales et aux pétioles des feuilles, alors que les larves creusent des galeries dans les noix, les jeunes pousses et les pétioles. En se nourrissant des nouvelles tiges et noix, les charançons peuvent porter atteinte

à l'intégrité physique de l'arbre et nuire à sa prospérité (MAAARO, 2016).

La femelle charançon pond ses œufs dans les nouvelles pousses des rameaux du chêne bicolore au printemps. Il est donc possible de surveiller l'activité du charançon dès le début de l'élongation des pousses, mais aussi plus tard dans la saison où des cicatrices noires en forme de croissant peuvent être présentes sur les noix et nouvelles pousses (MAAARO, 2016).

14.3.2. Maladies

Les diverses maladies provoquées par des pathogènes non indigènes envahissants qui affectent le chêne bicolore possèdent des cibles différentes selon le stade de croissance de l'individu, ainsi les parties de l'anatomie qui sont atteintes (Guide Sylvicole du Québec, 2014).

La plupart de ces affections surviennent fréquemment lors de printemps frais et pluvieux (Guide Sylvicole du Québec, 2014).

Affectations au stade semis :

- **Brûlure des pousses (*Coryneum sp.*)** : Maladie causée par un champignon pathogène, se trouvant sur les hôtes tels que les épinettes et les pins, dont les spores se dispersent par la pluie au printemps. Les spores entraînent la formation de chancres sur les tissus tendres du chêne bicolore et infectent les pousses de l'année. Cette infection peut avoir des impacts négatifs sur la croissance de l'arbre, lui causer un stress ou même entraîner la mort chez les jeunes semis (AAC, 2020).
- **Blanc de feuilles (*Microsphaera penicillata*)** : Ce champignon est visible sur les feuilles sous forme de matière blanche poudreuse au printemps et peut se transformer en petites fructifications orangées en fin de saison (Phyto Ressources, 2020). Cette maladie est caractérisée comme fréquente et mineure, car il s'agit d'un parasite obligatoire qui tue rarement son hôte (CRAAQ, 2020).

Affectation au stade gaulis :

- **Flétrissement du chêne (*Bretziella fagacearum*)** : Ce champignon anciennement nommé *Ceratocystis fagacearum*, est une espèce envahissante qui se développe d'abord sur la partie externe de l'arbre. En réagissant à cette infection, l'arbre produit des thylles et des gommages qui viennent éventuellement obstruer la circulation de sa sève dans les tissus vasculaires qui sont atteints, ce qui provoque un flétrissement de l'arbre et potentiellement sa mort (French & Stienstra, 1980).

Dans les faits, ce champignon envahit plusieurs espèces d'arbres, mais les chênes (*Quercus spp.*) font partie de celles qui sont le plus gravement affectées par cette maladie et en meurent habituellement dans la même année que l'infection a lieu (French & Stienstra, 1980).

- **Anthracoses (*Discula quercina*, *D. umbrinella*)** : Il s'agit de maladies causées par des champignons microscopiques dont les dégâts causés sont généralement mineurs, mais peuvent dans de graves cas mener au dessèchement et perte prématurée des feuilles. Les premiers signes apparents de cette affectation sont l'apparition de taches circulaires décolorées ou de lésions nécrosées irrégulières sur les jeunes feuilles. Les champignons peuvent ensuite se répandre jusqu'au système vasculaire et causer une chute abondante des feuilles, ce qui peut affaiblir considérablement l'arbre et le rendre vulnérable à d'autres ravageurs (EPLVM, 2020).
- **Chancre nectrien (*Neonectria galligena*)** : Cette maladie peut survenir suite à l'infection d'une plaie ouverte par un champignon (MAAARO, 2009). L'infection crée un anneau rugueux autour de la plaie et continue de grandir avec les années, ce qui ralentit la croissance des arbres et peut potentiellement entraîner leur mort (Snyder, 1992 ; MAAARO, 2009).

14.3.3. Animaux

Des rongeurs (lièvre et souris) et les cerfs de Virginie broutent les feuilles des semis et viennent perturber la croissance du chêne bicolore en début de vie. Les oiseaux, quant à eux, mangent les noix s'ils sont granivores et nuisent à la reproduction de l'espèce (Guide Sylvicole du Québec, 2014). Dans ces circonstances, des protecteurs seront installés sur les semis durant leurs premières années de croissance afin de les protéger le plus possible de l'herbivorie.

15. PROTOCOLE DE TRANSPLANTATION : *SANGUINARIA CANADENSIS*

(Sanguinaire du Canada)

Papavéracées



Source photo : <https://naturespoisons.com/2018/03/05/bloodroot-sanguinaria-canadensis-black-salve/>

Espèce vulnérable à la récolte au Québec (MELCC, 2020)

Principale menace :

Récolte humaine, perte d'habitat et broutage par des cerfs de Virginie
(MELCC, 2020).

15.1. Information sur l'espèce

La sanguinaire du Canada est une herbacée vivace formant des colonies dans les forêts riches et humides du sud du Québec, telles que les érablières à caryer et à tilleul, ainsi que les boisés humides riches en humus (FloraQuebeca, 2009 ; MELCC, 2020). Sa feuille unique et sa fleur émergent directement de son rhizome qui produit du latex de couleur rouge sang (MELCC, 2020).

15.1.1. Contexte et problématique

Cette espèce est désignée vulnérable à la récolte au Québec depuis 2005. Les principales menaces pour sa survie sont notamment l'herbivorie exercée par le cerf de virginie (*Odocoileus virginianus*), la récolte humaine et commerce de l'horticulture ou médical, ainsi que la perte d'habitats propices à l'espèce engendrée par les coupes forestières (MELCC, 2020). La sanguinaire du Canada est maintenant protégée en vertu de la Loi sur les espèces menacées ou vulnérables au Québec. Elle se trouve également sur la Liste des espèces floristiques vulnérables à la récolte, dont une limite de récolte a été établie à un maximum de cinq spécimens entiers ou en parties (Gouvernement du Québec, 2007). Cette espèce est extrêmement sensible au prélèvement, notamment parce que sa croissance est lente et qu'elle ne présente qu'une seule grosse fleur par plant, ce qui limite sa fécondité (Lamoureux & Nantel, 1999 ; MELCC, 2020).

15.1.2. Nombre de semis identifiés in situ pour le moment

À l'intérieur des immeubles excédentaires appartenant au MTQ, environ 115 individus ont été rencontrés à l'intérieur de zones qui seront détruites en 2020. Un total de 75 individus est demandé pour effectuer la transplantation en estimant que cela soit suffisant. La transplantation sera effectuée par le déplacement des rhizomes. Cette méthode ainsi qu'une autre seront détaillées au point 15.2.2 de ce chapitre.

15.1.3. Identification de *Sanguinaria canadensis*

- **Feuilles :**
 - Chaque plant possède une seule grande feuille (15-30 cm de diamètre) charnue, de forme globale et profondément lobée ;
 - La feuille est enroulée autour du pédoncule ;
 - Elle émerge directement du rhizome et persiste tout l'été ;
 - Le foliage disparaît au moment où la plante entre en dormance normalement vers la fin d'été.
- **Tige :**
 - Le pédoncule est rougeâtre et d'une longueur de 15 à 20 cm issus du rhizome ;
 - La tige est de couleur gris-vert.
- **Fleurs :** Mi-avril - mi-mai
 - Une fleur unique et éphémère (ne dure que 2 à 5 jours) par plant ;
 - La fleur s'ouvre de jour et se ferme la nuit ;
 - Une fleur possède entre 8 à 16 pétales blancs (2,5 cm à 4 cm de long) qui tombent facilement ;
 - La première floraison se produit après 2 à 3 ans de croissance du plant.
- **Fructification (capsules):** Juin
 - Les capsules sont fusiformes à 2 valves et mesurent 2 à 2,5 cm de longueur ;
 - Chaque capsule produit plusieurs graines minuscules durant le mois de juin.
- **Rhizome :**
 - Produit du latex rouge (sève).



Source photos :
<https://naturespoisons.com/2018/03/05/bloodroot-sanguinaria-canadensis-black-salve/>

*** Attention lors de l'identification :

La sanguinaire du Canada ressemble à plusieurs plantes à fleurs blanche et étamines jaunes qui poussent au Québec. Elle se distingue des autres par sa floraison hâtive et sa feuille à forme unique (Fleurs sauvages du Québec, 2020).

15.1.4. Caractéristiques importantes sur *Sanguinaria canadensis*

À maturité, le plant mesure entre 15 à 25 cm (Missouri Botanical Garden, 2020). Les deux modes de reproduction de la sanguinaire du Canada sont par graines et par rhizomes (MELCC, 2020).

15.1.5. Modes de reproduction

- **Reproduction par rhizomes** : De petits rhizomes se forment généralement 2 ans après qu'une graine ait germée (NCSEP, 2020). Ils se répandent ensuite pour former des colonies (MELCC, 2020). Cela prend généralement entre 4 à 5 ans avant d'avoir un nouveau plant mature à partir d'un morceau de rhizome (NCSEP, 2020).
- **Reproduction par graines** : Ce processus est un peu plus lent que la transplantation de rhizome. D'abord, car la majorité des graines plantées vont seulement germer au second printemps suivant. Ensuite, cela prend généralement 6 ans après la germination de la graine pour obtenir un plant mature (pouvant se reproduire). En tout, cela peut donc prendre jusqu'à 8 ans avant d'avoir un plant mature (NCSEP, 2020).

La dispersion des graines peut être faite par les fourmis par myrmécochorie (Lamoureux & Nantel, 1999 ; MELCC, 2020). Les fourmis ne mangent pas les graines, mais plutôt une substance riche en lipides et protéines (élaïosome) enveloppant les graines (UWM, 2012). En apportant les graines dans leurs nids, les fourmis augmentent leur taux de germination (Lamoureux & Nantel, 1999). D'abord, car une fois dans le nid, les graines sont protégées des animaux granivores, mais aussi grâce à la présence de matière organique qui favorise la germination et la capacité de rétention d'eau nécessaire pour le développement des plantules (Lamoureux & Nantel, 1999). Cependant, si elles ne sont pas déplacées par les fourmis, les graines forment des colonies autour du plant mère (NCSEP, 2020).

15.2. Protocole de transplantation de *Sanguinaria canadensis*

15.2.1. Caractérisation du milieu récepteur

Un milieu présentant des espèces compatibles telles que l'asaret du Canada (Chapitre 7) et le trille (*Trillium sp.*) (Chapitre 16) est favorable pour la transplantation de la sanguinaire du Canada (NCSEP, 2020). Au Québec, on la retrouve typiquement dans les érablières à caryer et tilleul et milieux qui sont riches en humus et humides, ainsi que dans les milieux rocheux (Leboeuf, 2016 ; MELCC, 2020). Cette plante a besoin d'humidité, mais le sol doit être bien drainé pour éviter un excès d'eau (Missouri Botanical Garden, 2020 ; Fleurs sauvages du Québec, 2020).

En termes de luminosité, la sanguinaire du Canada a besoin d'un couvert forestier lui offrant entre 70 à 80 % d'ombrage naturel (NCSEP, 2020). Elle peut donc être transplantée à mi-ombre ou à l'ombre (MELCC, 2020). Si cela est possible, la transplantation de la Sanguinaire peut se faire dans une pente afin de favoriser la propagation de ses futures graines (EPLVM, 2020). Également, la sanguinaire du Canada a une meilleure croissance dans un pH légèrement acide, entre 5,5 et 6,5 (NCSEP, 2020).

- **Points clés** : Planter à mi-ombre/ombre, dans un sol riche en humus, humide et bien drainé, ou planter dans un sol rocheux, pH légèrement acide.

Milieu(x) récepteur(s) envisagé(s) (voir Tableau IX) :

Les milieux récepteurs susceptibles de correspondre pour la sanguinaire du Canada peuvent sommairement correspondre aussi pour l'ail des bois, l'asaret du Canada, dentaire à deux feuilles, le carex massette, l'iris de Virginie, la matteucie fougère-à-l'autruche et le trille blanc.

- o **MR1B** : Sol humide, moyennement sableux jusqu'à 35 cm de profondeur et ensuite très argileux avec un recouvrement de canopée à 85 % (tableau I) ;
- o **MR2B** : Recouvrement de la canopée à 60 %. Au l'endroit de l'échantillon du sol, celui-ci était plutôt sec, mais la présence d'herbacées et feuillus témoignent d'un milieu humide (tableau II) ;
- o **MR3A** : Ce milieu peut être envisageable si on déplace la zone vers la forêt, car pour l'instant il n'y a aucun recouvrement de la canopée et le sol est humide (tableau III) ;
- o **MR6A** : Sol légèrement humide et argileux, avec un recouvrement de canopée à 85 % (tableau VI).

15.2.2. Moyens de transplantation pour *Sanguinaria canadensis* :

- I. **Récolte et transplantation des rhizomes** : (Méthode la plus rapide)
Moment idéal : Printemps et Automne (NCSEP, 2020)

La transplantation de rhizomes peut se faire durant la saison de croissance au printemps, mais il est recommandé de les planter à l'automne afin que les plants puissent suivre leur cycle normal (dormance) jusqu'au printemps (Native Plant Herald, 2019). Il peut y avoir jusqu'à 12 bourgeons sur le rhizome de la sanguinaire (NCSEP, 2020). Lors des manipulations, il faut faire bien attention de ne pas abîmer ces bourgeons pour l'année suivante qui sont visibles sur le rhizome (A. Nault communication personnelle, 27 août 2020). Les racines fibreuses présentes sur le rhizome peuvent être laissées en place (NCSEP, 2020).

Étapes (Native Plant Herald, 2019) :

1. Avec une truelle, récolter des sections de rhizomes entre 1,5 et 2,5 cm après la saison de croissance ;
2. Dénuder les rhizomes et racines ;

3. Mettre les rhizomes dans un contenant hermétique jusqu'au moment de la plantation pour éviter d'exposer les racines au soleil ou au vent ;
 - a. S'ils ne sont pas plantés rapidement, placer le contenant hermétique avec les rhizomes dans un lieu réfrigéré jusqu'au moment de transplantation. Il est important que les rhizomes gardent une certaine humidité, sans être congelés.
4. Pour la plantation, faire un trou d'environ 2 pouces de profondeur permettant d'accueillir le rhizome et ses racines (sans les plier) ;
5. Orienter les bourgeons près de la surface du sol et positionner les racines pour qu'elles aient un contact maximal avec la terre (voir image 5, chapitre 7) ;
6. Mettre de la terre autour des racines de façon ferme, mais pas trop pour éviter de faire suffoquer la plante ;
7. Garder un espacement de 6 pouces entre chaque morceau de rhizome planté ;
8. Bien arroser.

À éviter :

- Éviter de laisser les rhizomes à l'air libre et qu'ils sèchent (Native Plant Herald, 2019).
- Ne pas planter les rhizomes dans un sol argileux et humide (trop compact).

II. **Récolte des graines et ensemencements** : (Méthode plus longue)
Moment idéal : Fin printemps, après que la floraison est complétée.

Étapes (NCSEP, 2020) :

1. Pour récolter les graines, placer un coton fromage ou filet de nylon de manière à recouvrir les gousses du plant et attacher autour de la tige sans trop serrer. À maturité, la gousse va laisser sortir les graines et elles seront retenues dans le tissu ;
2. Planter les graines à ¼ de pouce (< 1 cm) de profondeur dans le sol et garder entre 1 à 2 pouces de distance entre chacune ;
3. Couvrir les graines avec 3 pouces de litières comprenant des feuilles pour garder une bonne humidité ;
4. Arroser.

15.3. Menaces à considérer pour *Sanguinaria canadensis*

15.3.1. Cerf de Virginie

Le broutage par le cerf de Virginie est non négligeable quant à son impact sur les colonies. L'herbivorie par le cerf de Virginie menace l'intégrité physique de la sanguinaire du Canada par sa défoliation (MELCC, 2020).

Lorsque la défoliation est au-delà de 50 %, cela a des conséquences négatives sur la reproduction et survie du plant (Rockwood & Lobstein, 1994). Notamment parce que l'affectation des feuilles entraîne une perte de la superficie photosynthétique de la plante, ce qui diminue sa capacité photosynthétique et entraîne une réduction de l'allocation d'énergie pour les ressources souterraines (Rooney, 2001). Ainsi, la population de sanguinaire du Canada présente au Québec est propice à diminuer (MELCC, 2020).

En réduisant la taille du troupeau de cerfs ou en limitant leur accès à la sanguinaire du Canada, une augmentation des colonies des plants pourrait être observée (Royo et al., 2010). Il peut donc être recommandé de :

- a) Prioriser un site d'accueil se trouvant dans une zone où le nombre de cerfs est inférieur à 4 ou 6 par km² (Anderson, 1994) ;
- b) Protéger les zones de plantation (Strole & Anderson, 1992).

La méthode préconisée pour protéger les sanguinaires de l'herbivorie sera la protection des zones de plantation.

15.3.2. Perte d'habitat

Une perte de l'habitat de la Sanguinaire est occasionnée par la coupe forestière ainsi que certaines pratiques non appropriées d'aménagement forestier. Le développement urbain et agricole contribue également à cette perte d'habitat (MELCC, 2020).

15.3.3. Surrécolte humaine

Étant reconnu historiquement pour ses vertus médicinales et pour ses caractéristiques de teinture naturelle, des spécimens de la Sanguinaire du Canada peuvent être récoltés en entier ce qui exerce une forte pression sur les populations de l'espèce (UWM, 2012 ; MELCC, 2020). Aussi, étant donné la nécessité de plusieurs années à un plant avant d'atteindre une taille intéressante pour le commerce, la plante est aussi récoltée dans son habitat pour des fins d'horticulture par certains fournisseurs (MELCC, 2020).

Il est suggéré que le milieu récepteur de la sanguinaire du Canada soit peu visible et peu accessible afin d'éviter la récolte humaine. Parmi les lieux propices à la transplantation de l'espèce se trouvent les zones octroyées par le MTQ pour la transplantation (abordés au chapitre 3). Par exemple, dans MR1B, MR2B, MR3A et/ou MR6A qui sont localisés dans des friches, entre les terres enclavées et la forêt. Ces zones sont donc peu accessibles par la population.

15.3.4 Maladies

Les maladies qui affectent la sanguinaire incluent les brûlures de feuilles, le Botrytis (brûlure des feuilles et moisissures grises) ainsi que le Pythium causant la pourriture des racines (NCSEP, 2020).

16. PROTOCOLE DE TRANSPLANTATION : *TRILLIUM GRANDIFLORUM*

(Trille blanc)

Mélanthiacées



Source image : <https://gobotany.nativeplanttrust.org/species/trillium/grandiflorum/>

Espèce vulnérable à la récolte au Québec (MELCC, 2020).

Principales menaces :

Cerfs de Virginie, récolte humaine, urbanisation (NatureServe, 2020)

16.1. Information sur l'espèce

Le trille blanc (*Trillium grandiflorum*) est une fleur éphémère printanière qui forme de grandes colonies tapissant le sous-sol exclusivement dans les milieux riches en humus tels que les érablières à caryer et tilleuls (Marie-Victorin et al., 2002 ; Gouvernement du Québec, 2007 ; FloraQuebeca, 2009). Ses feuilles, pétales et sépales sont au nombre de trois (Missouri Botanical Garden, 2020). Les conditions de croissance propices pour le trille blanc sont limitées et ne se trouvent que dans les érablières riches dans le sud du Québec (Gouvernement du Québec, 2007).

16.1.1. Contexte et problématique

Cette espèce est désignée vulnérable à la récolte au Québec depuis 2005. Les principales menaces pour sa survie sont notamment l'herbivorie exercée par le cerf de Virginie, la récolte humaine et le commerce de l'horticulture, ainsi que la perte d'habitats propices à l'espèce engendrée par les coupes forestières (MELCC, 2020). Le trille blanc est maintenant protégé en vertu de la Loi sur les espèces menacées ou vulnérables au Québec. L'espèce se trouve également sur la Liste des espèces floristiques vulnérables à la récolte, dont une limite de récolte a été établie à un maximum de cinq spécimens entiers ou en parties (Gouvernement du Québec, 2007). Le trille blanc est extrêmement sensible au prélèvement à cause de sa croissance lente et sa période juvénile excessivement longue, mais aussi parce qu'elle ne présente qu'une seule grosse fleur par plant, ce qui limite sa fécondité (Lamoureux & Nantel, 1999).

Au Canada, le trille blanc est aussi présent en Ontario, Nouveau-Brunswick et Nouvelle-Écosse (MELCC, 2020).

16.1.2. Nombre de semis identifiés in situ pour le moment

Sur les terres appartenant au MTQ, 20 plants de trilles ont été rencontrés à l'intérieur de zones qui vont être détruites en 2020. Un total de 25 individus est demandé en cas que d'autres soient trouvés. La méthode de transplantation qui sera priorisée sera via le déplacement des rhizomes. Les méthodes de transplantation seront détaillées au point 16.2.2 de ce chapitre.

16.1.3. Identification de *Trillium grandiflorum*

- **Feuilles :**
 - 3 feuilles d'un vert sombre (10-30 cm de long).
- **Fleurs :** Floraison en avril - mai
 - La fleur persiste jusqu'en juin ;
 - Les trois pétales sont blancs et tournent au rose à la fin de la floraison.
- **Tige :**
 - La tige est d'une hauteur entre 20-45 cm.
- **Fructification (capsules) :**
 - La capsule est de de couleur vert pâle et recouvre un fruit d'abord rouge qui devient bleu-noir à maturité
- **Rhizomes :**
 - Le rhizome est court et épais (tubériformes).



Source photos:
<http://floreduquebec.ca/trillium-grandiflorum> ;
http://bioweb.uwlax.edu/bio203/2010/miland_jenn/reproduction.htm

16.1.4. Caractéristiques importantes sur *Trillium grandiflorum*

À maturité, le trille blanc mesure entre 20 à 45 cm de hauteur (Marie-Victorin et al., 2002). Le développement de la plante vers son stade reproductif est un long processus. Suivant la germination d'une graine ou propagation d'un rhizome, la première feuille émerge seulement après 3 ans et cela prend jusqu'à 5 ans avant que la plante atteigne le stade juvénile à trois feuilles (Natureserve, 2020). Dans des conditions propices, la plante peut vivre jusqu'à environ 30 ans (SHEPQC, 2020).

L'âge de maturité du trille pour fleurir est entre 4 et 20 ans et varie selon les conditions environnantes (Case & Case, 1997). En moyenne, l'âge de reproduction est d'une quinzaine d'années, car l'espèce doit passer par 15 stades de développement après avoir brisé son cycle de dormance morphophysiologique (MELCC, 2020 ; Natureserve, 2020). Les plants reproductifs de trilles blancs seraient âgés en moyenne de 22 ans et possèdent des feuilles plus larges et un rhizome plus volumineux. Mesurer la grosseur des feuilles et du rhizome pourrait donc s'avérer être de bon indicateur du statut reproductif de la plante (Hanzawa & Kalisz, 1993). Une fois le stade reproductif est atteint, les principaux modes de reproduction du trille blanc sont par graines et par rhizomes (Marie-Victorin et al., 2002).

16.1.5. Modes de reproduction

- **Reproduction par graines** : La reproduction par graines prend du temps, car le cycle de dormance doit être brisé. Une fois sorties de la capsule, les graines débutent leur germination après deux périodes de refroidissement hivernales et deux étés (Natureserve, 2020). Pendant ce temps, les graines peuvent se répandre jusqu'à 4 ou 5 mètres de distance par myrmécochorie (grâce aux fourmis) (Gates, 1940 ; MELCC, 2020). Accumulées dans le nid des fourmis, les graines germent en masse (Case & Case, 1997). Notamment, car dans le nid, les graines sont protégées des animaux granivores, mais en plus, la présence de matière organique favorise la germination et la capacité de rétention d'eau nécessaire pour le développement des plantules (Lamoureux & Nantel, 1999).
- **Reproduction par rhizomes** : La reproduction par rhizomes se fait de façon très graduelle et seulement si le plant de trilles n'est pas perturbé (Missouri Botanical Garden, 2020). Un rhizome créé à partir d'une graine ne sortira seulement qu'au printemps, après environ 2 ans. Après cette période, un epicotyl en émerge (Natureserve, 2020).

*** Astuce pour estimer l'âge du plant : Si le rhizome est intact, l'âge de la plante peut se calculer en comptant les anneaux cicatriciels présents sur son rhizome. Pour chaque année, on compte deux anneaux, il est cependant possible que la partie la plus ancienne du rhizome soit naturellement pourrie (Broyles et al., 2013).

16.2. Protocole de transplantation pour *Trillium grandiflorum*

16.2.1. Caractérisation du milieu récepteur

Le trille blanc a des conditions très spécifiques devant être remplies pour assurer sa prospérité et celles-ci ne se trouvent que dans des milieux riches, tels que les érablières à caryer et celles à tilleul dans le sud du Québec (Gouvernement du Québec, 2007). Le milieu idéal pour accueillir le trille blanc est dans un habitat de type sous-bois, à aire ouverte, dans lequel se trouvent des érables à sucre et des hêtres (forêts feuillues) (Tardif et al., 2016). Les trilles ne sont pas très compétitifs. Il faut donc favoriser un habitat dans lequel il y a peu d'espèces compétitrices (Gouvernement du Québec, 2007 ; Native Plant Herald, 2019).

Après la fonte des neiges au printemps, le couvert forestier doit être suffisamment ouvert pour offrir une luminosité suffisante au trille blanc pour permettre de pour son état de dormance (Tardif et al., 2016). Étant localisée en sous-bois, la lumière se fait ensuite plus rare avec les arbres supérieurs qui déploient leur feuillage, ce qui permet de maintenir l'humidité du sol qui est très importante pour cette espèce (MELCC, 2020 ; EPLVM, 2020). Le sol doit être riche en nutriments, humide, ainsi que bien drainé et idéalement profond (Au jardin, 2020). Le trille blanc ne possède pas d'affinité particulière pour le pH du sol (Tardif et al., 2016).

- **Points clés :** Planter à mi-ombre, sous des arbres feuillus, dans un sol riche (comme les sols associés aux érablières), humide et bien drainé, éviter la compétition dans le sous-bois.

Milieu(x) récepteur(s) envisagé(s) (voir Tableau IX) :

Les milieux récepteurs susceptibles de correspondre pour le trille blanc peuvent sommairement correspondre aussi pour l'ail des bois, l'asaret du Canada, la dentaire à deux feuilles, le carex massette, l'iris de Virginie, la matteucie fougère-à-l'autruche et la sanguinaire du Canada. En nuance, il est impératif que le sol soit bien drainé pour le trille blanc et qu'il soit planté sous un couvert de feuillus.

- o **MR1B :** Sol humide, moyennement sableux jusqu'à 35 cm de profondeur et ensuite très argileux avec un recouvrement de canopée à 85 % (tableau I) ;
- o **MR3A :** Ce milieu peut être envisageable si on déplace la zone vers la forêt, car pour l'instant il n'y a aucun recouvrement de la canopée et le sol est humide (tableau III) ;
- o **MR6A :** Sol légèrement humide et argileux, avec un recouvrement de canopée à 85 % (tableau VI).

16.2.2. Moyens de transplantation pour *Trillium grandiflorum*

Le moment venu, marquer l'emplacement de la transplantation ou de l'ensemencement dès que possible pour retracer le lieu de la plantation. Il faut se rappeler que la germination de graines ou de boutures par rhizome du trille blanc est un long processus qui peut prendre jusqu'à 15 ans avant de le voir fleurir (MELCC, 2020). Il faut donc être très patient et s'assurer de la protection des plants.

Les populations de trille blanc doivent idéalement être séparées d'au moins 1 km (Natureserve, 2020).

- I. **Transplantation de rhizomes** : (Méthode plus rapide, mais à risque, car le rhizome est fragile)
Moment idéal : Automne (Mi-septembre, octobre) lorsque la plante est en dormance

La plante peut être récoltée en nature ou bien cultivée en serre (Natureserve, 2020). Malgré tout, il faut savoir que de façon générale, le trille blanc ne se transplante pas bien (Missouri Botanical Garden, 2020).

De plus, lors de la récolte des plants, il faut prendre soins de ne pas porter d'atteintes physiques aux fleurs, feuilles et racines, car cela risque de causer un choc chez le trille blanc et affecter sa croissance et reproduction (Native Plant Herald, 2019). La transplantation qui se fait lorsque les feuilles sont tombées et que la plante est en dormance aura de meilleurs taux du succès concernant sa survie et croissance (A. Nault communication personnelle, 27 août 2020).

Étapes (A. Nault communication personnelle, 27 août 2020) :

1. Creuser des trous d'une profondeur correspondant à 3 à 4 fois la grosseur du diamètre des rhizomes ;
2. Placer les rhizomes avec le bourgeon orienté vers la surface et positionner les racines avec un contact maximal avec la terre, tout en évitant de les plier ;
3. Taper la terre de façon ferme, mais pas trop pour éviter de faire suffoquer la plante ;
4. Bien arroser.

- II. **Récolte et ensemencement des graines** : (Méthode plus longue)
Moment idéal : Fin de l'été - début automne

Il est préférable de procéder à une germination des graines au lieu d'un ensemencement direct. Pour ce faire, il faut garder les graines chaudes et humides pendant 90 jours et plus suivant leur récolte pour qu'une racine se forme. Lors de la première saison, aucune feuille ne sera produite. Conserver ensuite les graines germées dans des conditions sombres, humides et fraîches pendant 90 à 120 jours.

Étapes (Native Plant Herald, 2019 ; EPLVM, 2020) :

1. Récolter les graines à la fin de l'été ;

2. Procéder à l'étape de germination (mentionné ci-dessus) ou sinon utiliser un ensemencement direct ;
3. À l'intérieur de 1 mètre carré, repousser la litière sur le côté et la répartir ;
4. Creuser un trou pour accueillir la plante en faisant très attention aux racines, car elles sont fragiles. Le trille blanc se plante en massif ;
5. Planter jusqu'au collet et recouvrir de 1 cm de litière en pressant légèrement ;
6. Arroser abondamment.

Cela peut prendre jusqu'à 1 an avant de voir une feuille verte apparaître (EPLVM, 2020).

16.3. Menaces à considérer pour *Trillium grandiflorum*

16.3.1. Cerf de Virginie

Les feuilles de trille blanc, et particulièrement les fleurs, sont agréables au goût pour le cerf de Virginie, ce qui fait que cette plante se fait plus brouter que les autres herbacés autour (Strole & Anderson, 1992). Un nombre excessif de cerfs peut avoir un impact négatif sur la survie de la population de trille blanc (Rooney, 2001). D'abord, car la consommation du plant empêche la maturation des graines et la reproduction de la plante. Également, l'herbivorie se poursuit ensuite sur les plants ayant réussi à atteindre une maturité durant l'été, ce qui disperse les graines à de grandes distances et diminue les colonies (Vellend et al., 2003).

- **Indicateur de prédation :** La taille du trille est un bon indicateur de l'intensité de broutage par les cerfs de Virginie (Strole & Anderson, 1992 ; Anderson, 1994 ; Koh et al., 2010). Les cerfs choisissent d'abord les plantes à fleurs, puisqu'il s'agit des plus grandes (Koh et al., 2010). Le nombre de fleurs diminue donc selon l'intensité du broutage. Sans protection, une diminution de la taille de la plante peut être observée au cours des saisons de croissance successive (Anderson, 1994).

Le cerf de virginie n'est cependant pas le seul mammifère à consommer le trille blanc. En effet, la marmotte des bois (*Marmota monax*) mange aussi les fleurs et les feuilles de cette plante (Vellend et al., 2003).

Recommandations contre l'herbivorie : En réduisant la taille du troupeau de cerfs ou en limitant leur accès au trille blanc, une augmentation des colonies et de taille des plants pourrait être observée (Royo et al., 2010). Nos recommandations sont donc les suivantes :

- a) Prioriser un site d'accueil se trouve dans zone dans laquelle le nombre de cerfs est inférieur à 4 ou 6 par km carré (Anderson, 1994) ;
- b) Protéger les zones de plantation (Strole & Anderson, 1992).

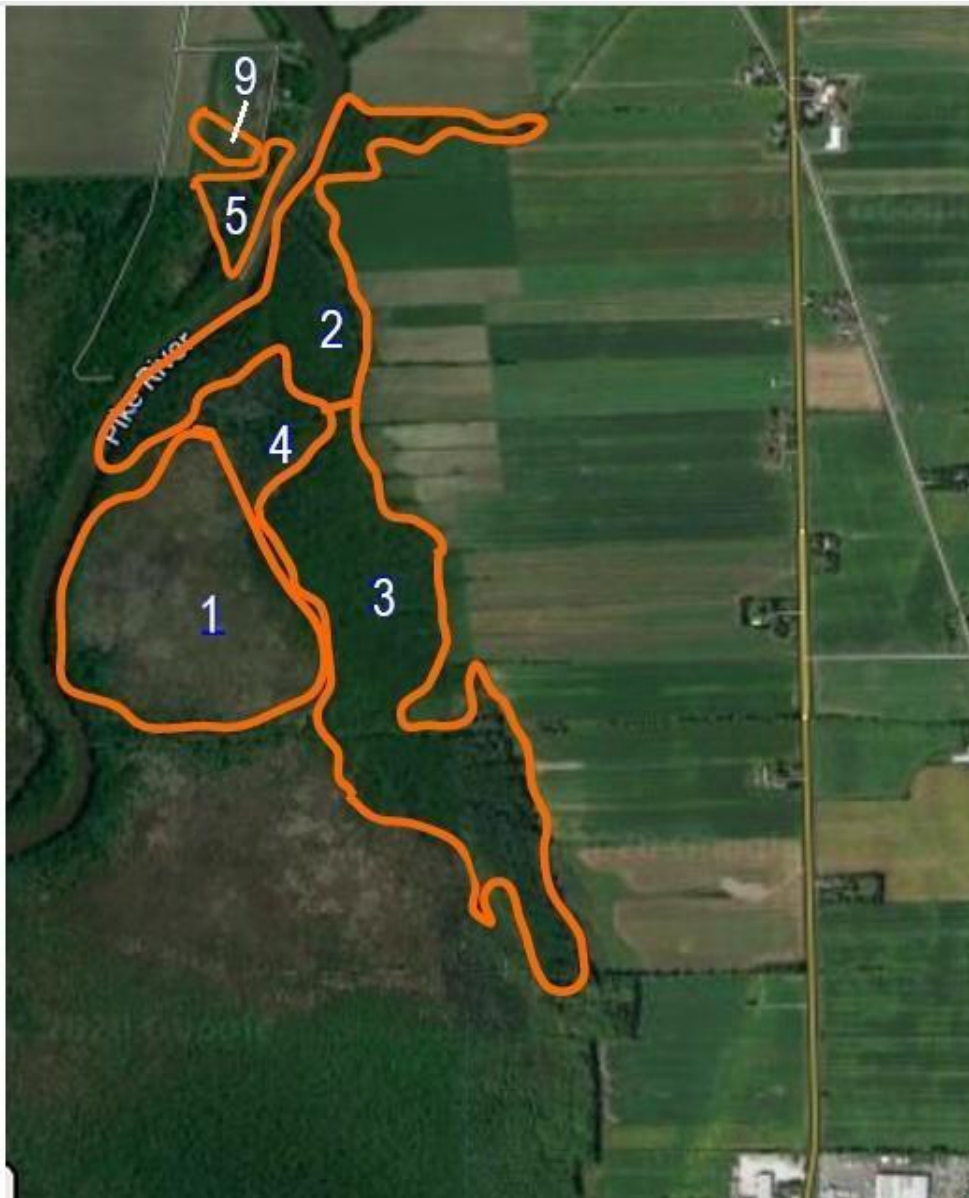
La méthode qui sera utilisée dans le but de limiter l'herbivorie sera principalement la protection des zones de plantation avec la mise en place de protecteurs.

16.3.2. Récolte humaine

Le milieu récepteur du trille blanc doit être peu visible et peu accessible à la population humaine afin d'en éviter sa récolte au possible. Parmi les lieux propices à la transplantation de l'espèce se trouvent les zones d'optimisation des friches octroyées par le MTQ (abordés au chapitre 3) qui sont localisées entre les terres enclavées et la forêt. Parmi ces milieux potentiels pour la transplantation du trille blanc se trouvent les MR1B, MR3A et MR6A qui sont peu visibles et accessibles par la route.

ANNEXES

ANNEXE 1



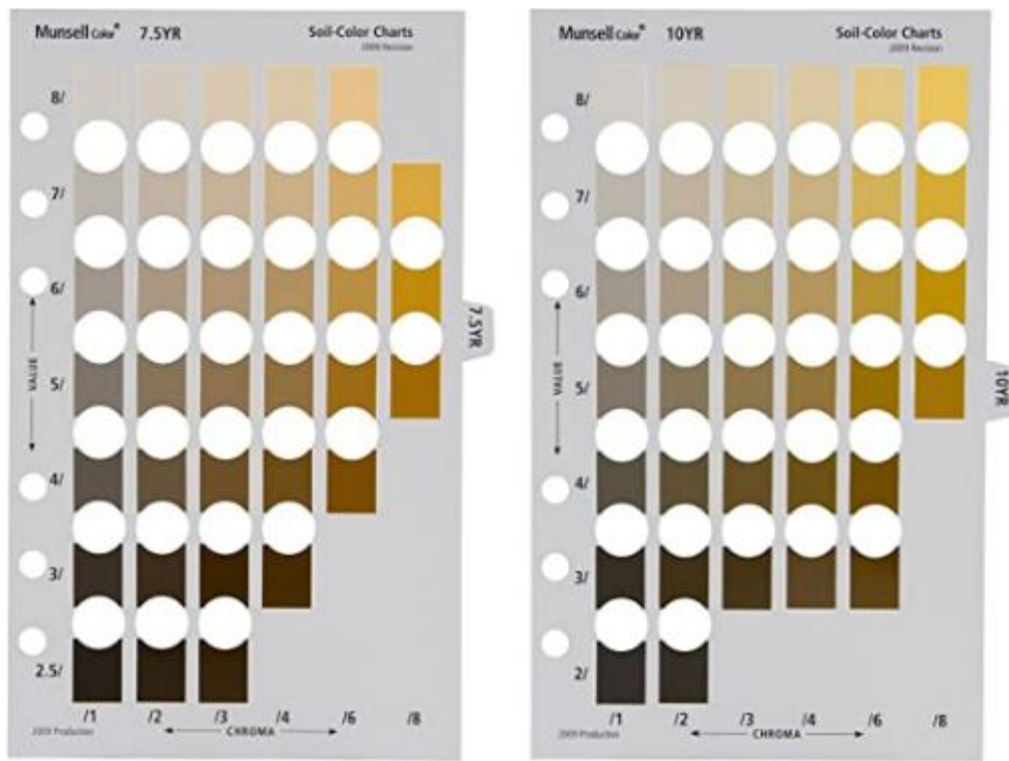
Cartographie des différentes zones du milieu de conservation.

ANNEXE 2



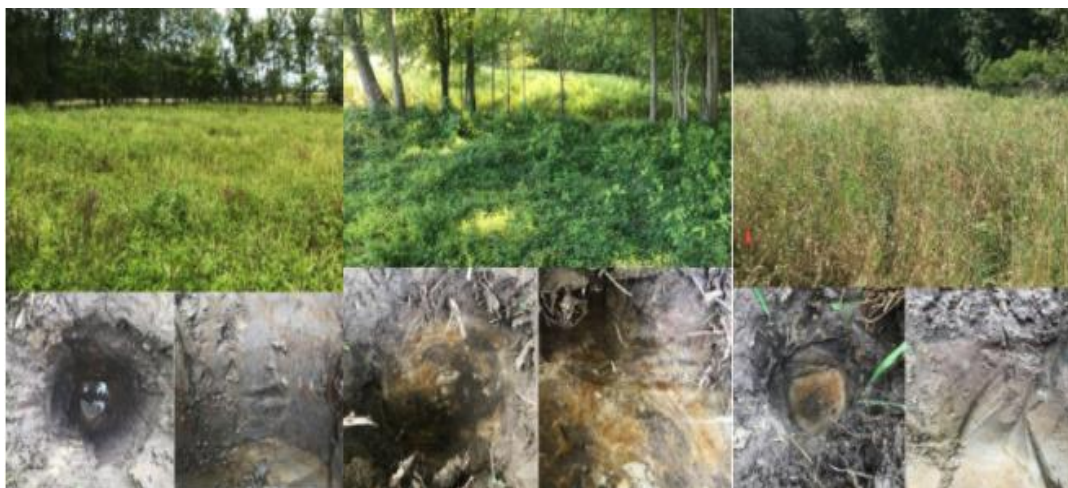
Sous-zones de MR1. De gauche à droite : présentation des sous-zones et des horizons présents dans MR1A, MR1B et MR1C (Été 2020)

ANNEXE 3



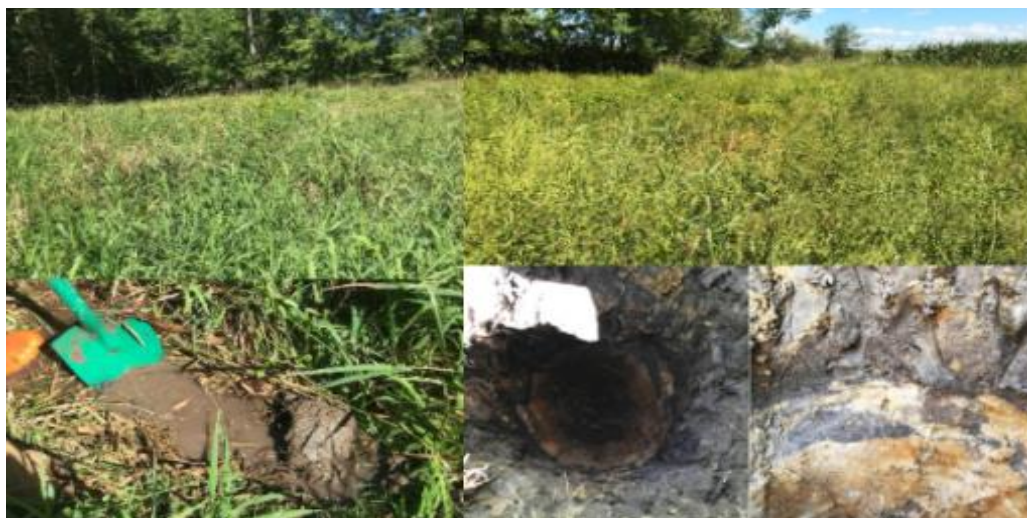
Charte de couleur de sol “Munsell soil color”. (Source de l’image : Munsell.com)

ANNEXE 4



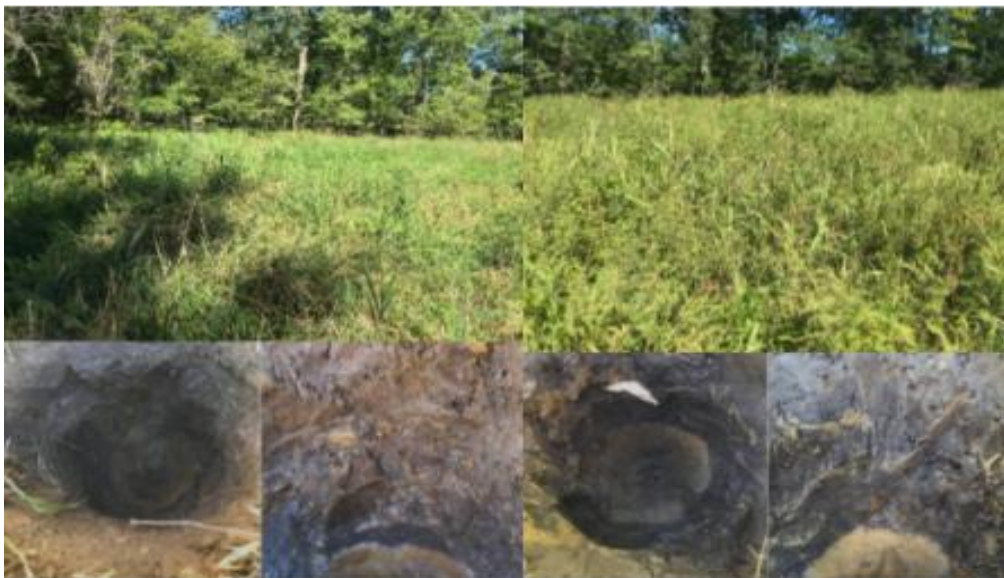
Sous-zones de MR2. De gauche à droite : présentation des sous-zones et des horizons présents dans MR2A, MR2B et MR2C (Été 2020)

ANNEXE 5



Sous-zones de MR3. De gauche à droite : présentation des sous-zones et des horizons présents dans MR3A et MR3B (Été 2020)

ANNEXE 6



Sous-zones de MR4. De gauche à droite : présentation des sous-zones et des horizons présents dans MR4A et MR4B (Été 2020)

ANNEXE 7



Sous-zones de MR5. De gauche à droite : présentation des sous-zones et des horizons présents dans MR5A et MR5B (Été 2020)

ANNEXE 8



Sous-zones de MR6. De gauche à droite : présentation des sous-zones et des horizons présents dans MR6A, MR6B et MR6C (Été 2020)

ANNEXE 9



Sous-zones de MR7. De gauche à droite : présentation des sous-zones et des horizons présents dans MR7A et MR7B (Été 2020)

ANNEXE 10



Sous-zones de MR8. De gauche à droite : présentation des sous-zones et des horizons présents dans MR8A (Été 2020) et MR8B (Automne 2020)

RÉFÉRENCES

RÉFÉRENCES POUR *ACER NIGRUM*

Aikman, J. M. & Smelser, A. W. (1938). The structure and environment of forest communities in central Iowa. *Ecology*, 19(1), 141-150.

Braun, E. L. (1951). *Deciduous forests of eastern North America*. Philadelphia: The Blakiston Company.

Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (CDPNQ). (2008). *Fiches sur la sensibilité des plantes vasculaires menacées ou vulnérables à l'égard des travaux de foresterie*. Récupéré de http://www.cdpnq.gouv.qc.ca/pdf/fiches_sensibilite_PMV_08_2008.pdf

Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (CDPNQ). (2013). *Fiches signalétiques flore*. Récupéré de <https://cdpnq.gouv.qc.ca/pdf/fiches-siglaetiques-flore.pdf>

Dansereau, P. & Desmarais, Y. (1947). Introgression in Sugar Maples II. *The American Midland Naturalist*, 37(1), 146-161.

Faucher, M. (2019). *Historique et chronologie d'une plantation d'érables*. Récupéré de https://www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/Regions/ChaudiereAppalaches/Espaceconferences/Marcel_Faucher_LHomme_qui_plantait_des_erables_JA19.pdf

Gabriel, W. J. (1990). *Acer nigrum* Michx. f. Black maple. Dans R. M. Burns et B. H. Honkala (dir.), *Silvics of North America : Volume 2, Hardwoods* (p. 46-52). Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service.

Gagnon, G. & Roy, G. (1994). Le dépérissement de l'érable à sucre (*acer saccharum* marsh.) au Québec. *Revue Forestière Française*, 46(5), 512-521.

Gouvernement du Canada. (2020). *Verticilliose*. Récupéré de <https://www.agr.gc.ca/fra/agriculture-et-environnement/pratiques-agricoles/agroforesterie/maladies-et-ravageurs/verticilliose/?id=1367500568532>

Illinois Wildflowers. (2020). *Black Maple, Acer nigrum*. Récupéré de https://www.illinoiswildflowers.info/trees/plants/black_maple.html

Koetter, R. & Grabowski, M. (2019). *Eutypella canker*. Récupéré de <https://extension.umn.edu/plant-diseases/eutypella-canker>

Leboeuf, M. (2016). *Arbres et plantes forestières du Québec et des Maritimes* (2^e éd.). Montréal : Éditions Michel Quintin.

Marie-Victorin, F., Rouleau, E. & Brouillet, L. (2002). *Acer nigrum*. Dans *Flore laurentienne* (3^e éd., p. 393-398). Montréal : Éditions Gaëtan Morin.

Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC). (2020a). *Érable noir. Espèce vulnérable au Québec*. Récupéré de <http://www.environnement.gouv.qc.ca/biodiversite/especes/acer-nigrum/index.htm>

Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC). (2020b). *Érable noir. Espèce vulnérable au Québec. Fiche détaillée*. Récupéré de <http://www.environnement.gouv.qc.ca/biodiversite/especes/acer-nigrum/erableNoir.pdf>

Ministère des Forêts, Faune et des Parcs (MFFP). (2015). *Espèces floristiques menacées ou vulnérables associées au milieu forestier*. Récupéré de https://mffp.gouv.qc.ca/publications/enligne/forets/criteres-indicateurs/1/121/Flore/flore_liste.asp

Ministère des Forêts, Faune et des Parcs (MFFP). (2019a). *L'anthraxose des frênes, des chênes et des érables*. Récupéré de <https://mffp.gouv.qc.ca/forets/fimaq/insectes/fimaq-insectes-maladies-anthraxose.jsp>

Ministère des Forêts, Faune et des Parcs (MFFP). (2019b). *Le pourridié-agaric dans les érablières*. Récupéré de <https://mffp.gouv.qc.ca/forets/fimaq/insectes/fimaq-insectes-maladies-pourridie-agaric.jsp>

Myren, D. T., Laflamme, G., Singh, P., Magasi, L. P. & Lachance, D. (1994). Anthracnose, *Apiognomonia errabunda*. Dans *Maladies des arbres de l'est du Canada*. Ottawa : Éditions Groupe communication Canada.

Pijut, P. M. (2006). Planting and care of fine hardwood seedlings: Diseases in hardwood tree plantings. Dans *Department of Forestry and Natural Resources PU* (ed). FNR-221. West Lafayette, IN: Hardwood tree improvement and regeneration center, USDA Forest Service, Northern Research Station.

Ressources naturelles Canada (RNC). (2015a). *Perceur de l'érable*. Récupéré de <https://aimfc.rncan.gc.ca/fr/insectes/fiche/838>

Ressources naturelles Canada (RNC). (2015b). *Chancre eutypelléen*. Récupéré de <https://aimfc.rncan.gc.ca/fr/maladies/fiche/3>

Ressources naturelles Canada (RNC). (2015c). *Anthraxose de l'érable*. Récupéré de <https://aimfc.rncan.gc.ca/fr/maladies/fiche/30>

Ressources naturelles Canada (RNC). (2015d). *Pourridié-agaric à Armillaria mellea*. Récupéré de <https://aimfc.rncan.gc.ca/fr/maladies/fiche/16>

Therrien, P. (2018). *Ravageurs forestiers de l'Estrie*. Récupéré de <https://afsq.org/wp-content/uploads/2018/01/MFFP.pdf>

Trees Canadensis. (2020). *Acer nigrum – Black Maple*. Récupéré de <https://treescanadensis.ca/acer-nigrum-black-maple/>

RÉFÉRENCES POUR *ALLIUM TRICOCCUM*

Bernatchez, A. (2012). *Conditions de culture propices à l'ail des bois (Allium Tricoccum)* (Mémoire de maîtrise). Université Laval. Récupéré de <https://corpus.ulaval.ca/jspui/handle/20.500.11794/23730>

Bernatchez, A. & Lapointe, L. (2012). Cooler temperatures favour growth of wild leek (*Allium tricoccum*), a deciduous forest spring ephemeral. *Botany*, 90(12), 1125-1132.

Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (CDPNQ). (2008). *Fiches sur la sensibilité des plantes vasculaires menacées ou vulnérables à l'égard des travaux de foresterie*. Récupéré de http://www.cdpnq.gouv.qc.ca/pdf/fiches_sensibilite_PMV_08_2008.pdf

Delagrangé, S., Blanchet, J. & Riopel, M. (2013). Évaluation de la sensibilité de l'ail des bois (*Allium tricoccum*) à la coupe de jardinage. Rapport Scientifique de l'Institut des Sciences de la Forêt Tempérée (ISFORT) et de Nova Sylva

DeValue, J. (2013). *Improving germination of Allium tricoccum: a plant threatened by foraging trends* (Thèse de doctorat). The Alfred University. Récupéré de <https://aura.alfred.edu/bitstream/handle/10829/4404/DeValue%2c%20Jacalyn%202013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Espace pour la vie Montréal (EPLVM). (2020a). *SEM'AIL*. Récupéré de <https://espacepurlavie.ca/quelques-notions-de-base>

Espace pour la vie Montréal (EPLVM). (2020b). *L'ABC de l'ensemencement*. Récupéré de <https://espacepurlavie.ca/labec-de-lensemencement>

Espace pour la vie Montréal (EPLVM). (2020c). *Méthodes d'ensemencement*. Récupéré de <https://espacepurlavie.ca/methodes-densemencement>

Espace pour la vie Montréal (EPLVM). (2020d). *Transplantation, une opération risquée*. Récupéré de <https://espacepurlavie.ca/la-transplantation-une-operation-risqueee>

Lamoureux, G. & Nantel, P. (1999). *Cultiver des plantes sauvages...sans leur nuire*. Saint-Henri-de-Lévis, QC : Fleurbec.

Leboeuf, M. (2016). *Arbres et plantes forestières du Québec et des Maritimes* (2^e éd.). Montréal : Éditions Michel Quintin.

Marie-Victorin, F., Rouleau, E. & Brouillet, L. (2002). *Allium tricoccum*. Dans *Flore laurentienne* (3^e éd., p. 660). Montréal : Éditions Gaëtan Morin.

Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC). (2020a). *Ail des bois. Espèce vulnérable au Québec*. Récupéré de <http://www.environnement.gouv.qc.ca/biodiversite/especes/ail/index.htm>

Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC). (2020b). *Ail des bois. Espèce vulnérable à la récolte. Fiche descriptive*. Récupéré de <http://www.environnement.gouv.qc.ca/biodiversite/especes/ail/ailBois.pdf>

Nault, A. & Gagnon, D. (1988). Seasonal biomass and nutrient allocation patterns in wild leek (*Allium tricoccum* Ait.), a spring geophyte. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 115(1), 45-54.

Nault, A. & Gagnon, D. (1993). Ramet demography of *Allium tricoccum*, a spring ephemeral, perennial forest herb. *Journal of Ecology*, 81(1), 101-119.

Nantel, P., Gagnon, D. & Nault, A. (1996). Population viability analysis of American ginseng and wild leek harvested in stochastic environments. *Conservation Biology*, 10(2), 608-621.

Rock, J. H., Beckage, B. & Gross, L. J. (2004). Population recovery following differential harvesting of *Allium tricoccum* Ait. in the Southern Appalachians. *Biological Conservation*, 116(2), 227-234.

Vasseur, L. & Gagnon, D. (1994). Survival and growth of *Allium tricoccum* Ait. transplants in different habitats. *Biological Conservation*, 68(2), 107-114.

RÉFÉRENCES POUR *ASARUM CANADENSE*

Anderson, R. C. (1994). Height of white-flowered trillium (*Trillium grandiflorum*) as an index of deer browsing intensity. *Ecological Applications*, 4(1), 104-109.

Cain, M. L. & Damman, H. (1997). Clonal growth and ramet performance in the woodland herb, *Asarum canadense*. *Journal of Ecology*, 85(6), 883-897.

Gouvernement du Québec. (2007). *Plantes menacées ou vulnérables au Québec*. Récupéré de <http://collections.banq.qc.ca/ark:/52327/bs17915>

Illinois Wildflowers. (2020). *Wild ginger, Asarum Canadense*. Récupéré de https://www.illinoiswildflowers.info/woodland/plants/wild_ginger.htm

Liang, Y. (2009). Relationship between shade and herbivory in *Asarum canadense* (wild ginger). *University of Toronto Journal of Undergraduate Life Sciences*, 3(1), 30-32.

Marie-Victorin, F., Rouleau, E. & Brouillet, L. (2002). *Asarum canadense*. Dans *Flore laurentienne* (3^e éd., p. 219-220). Montréal : Éditions Gaëtan Morin.

Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC). (2020). *Asaret du Canada. Espèce vulnérable à la récolte. Fiche descriptive*. Récupéré de <http://www.environnement.gouv.qc.ca/biodiversite/especes/asaret/asaretCanada.pdf>

Missouri Botanical Garden. (2020). *Asarum canadense*. Récupéré de <https://www.missouribotanicalgarden.org/PlantFinder/PlantFinderDetails.aspx?kempercode=b460>

Muir, A. M. (1995). The cost of reproduction to the clonal herb *Asarum canadense* (wild ginger). *Canadian Journal of Botany*, 73(10), 1683-1686.

National Resources Conservation Service (NRCS). (2020). *Canadian Wildginger*. Récupéré de https://plants.usda.gov/plantguide/pdf/cs_asca.pdf

Native Plant Herald. (2019). *How to transplant bare roots plants*. Récupéré de <http://nativeplantherald.prairienursery.com/2019/09/how-to-transplant-bare-root-plants/>

Rockwood, L. L. & Lobstein, M. B. (1994). The effects of experimental defoliation on reproduction in four species of herbaceous perennials from northern Virginia. *Castanea*, 59(1), 41-50.

Rooney, T. P. (2001). Deer impacts on forest ecosystems: a North American perspective. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 74(3), 201-208.

Royo, A. A., Stout, S. L., deCalesta, D. S. & Pierson, T. G. (2010). Restoring forest herb communities through landscape-level deer herd reductions: Is recovery limited by legacy effects?. *Biological Conservation*, 143(11), 2425-2434.

Strole, T. A. & Anderson, R. C. (1992). White-tailed deer browsing: species preferences and implications for central Illinois forests. *Natural Areas Journal*, 12(3), 139-144.

RÉFÉRENCES POUR *CARDAMINE DIPHYLLA*

Anderson, R. C. (1994). Height of white-flowered trillium (*Trillium grandiflorum*) as an index of deer browsing intensity. *Ecological Applications*, 4(1), 104-109.

Espace pour la vie Montréal (EPLVM). (2020). *Dentaire à deux feuilles, Carcajou, Cardamine carcajou*. Récupéré de <https://espacepurlavie.ca/flore-biodome/dentaire-deux-feuilles-carcajou-cardamine-carcajou>

Flora of North America (FNA). (2020). *Cardamine diphylla*. Récupéré de http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=1&taxon_id=242416229

Gouvernement du Québec. (2007). *Plantes menacées ou vulnérables au Québec*. Récupéré de <http://collections.banq.qc.ca/ark:/52327/bs17915>

Labrecque, J., Lavoie, G., & Tardif, B. (2008). Les plantes vasculaires menacées ou vulnérables du Québec. Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec.

Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC). (2020a). *Dentaire à deux feuilles. Espèce vulnérable au Québec*. Récupéré de <http://www.environnement.gouv.qc.ca/biodiversite/especes/dentaire-deux-feuilles/index.htm>

Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC). (2020b). *Dentaire à deux feuilles. Espèce vulnérable à la récolte. Fiche descriptive*. Récupéré de <http://www.environnement.gouv.qc.ca/biodiversite/especes/dentaire-deux-feuilles/dentaireDeuxFeuilles.pdf>

Wildflower center. (2018). *Cardamine diphylla*. Récupéré de https://www.wildflower.org/plants/result.php?id_plant=cadi10#:~:text=The%20leave%20are%20palmately%20cut,shade%20cast%20by%20evergreen%20trees

RÉFÉRENCES POUR *CAREX TYPHINA*

Bachand-Lavallée, V. (2007). *La conservation des plantes rares menacées par la construction routière : une expérience de transplantation avec "Carex platyphylla carey" (Cyperaceae)* (Mémoire de maîtrise). Université du Québec à Montréal. Récupéré de <https://archipel.uqam.ca/3343/>

Bernard, J. M. (1990). Life history and vegetative reproduction in *Carex*. *Canadian Journal of Botany*, 68(7), 1441-1448.

Canadensys. (2020). *Carex typhina*. Récupéré de <https://data.canadensys.net/vascan/name/Carex%20typhina>

Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec CDPNQ (2002). *Les plantes vasculaires menacées ou vulnérables du Québec*. Récupéré de <https://cdpnq.gouv.qc.ca/pdf/atlas/plantes.pdf>

Cromley, S. (2005). *Reproductive Ecology of Carex typhina (Cyperaceae), a Rare Sedge in Maine* (Mémoire de maîtrise). University of Maine.

FloraQuebeca. (2014). *Liste des espèces à risques et des espèces similaires, répartie selon les habitats présents au sud du 52e parallèle*. Récupéré de https://www.floraquebeca.qc.ca/wp-content/uploads/2010/03/Plantes-VS-Habitats-Sud_52e.pdf

Lavoie, G. (1992). *Plantes vasculaires susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables au Québec*. Québec : direction de la conservation du patrimoine écologique, Ministère de l'Environnement du Québec.

Michigan State University. (2020). *Carex typhina, Cattail sedge*. Récupéré de https://mnfi.anr.msu.edu/species/description/15272/Carex-typhina?fbclid=IwAR3qxCWUKTVeCRFk3Anj-7OjXOi_FZ8FN5ojrqHi9TzmgdWZ3feVo4E3Nyo

Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC). (2020). *Les plantes vasculaires susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables au Québec*. Récupéré de <http://www.environnement.gouv.qc.ca/biodiversite/especes/listes/vasculaires.pdf>

Moog, P. R. & Janiesch, P. (1990). Root growth and morphology of *Carex* species as influenced by oxygen deficiency. *Functional Ecology*, 4(2), 201-208.

Natural Resources Conservation Service (NRCS). (2020). *Conservation Plant Characteristics for Carex typhina*. Récupéré de <https://plants.usda.gov/java/charProfile?symbol=CATY>

Promesse de Fleurs. (2018). *Carex : planter, diviser et entretenir*. Récupéré de <https://www.promessedefleurs.com/conseil-plantes-jardin/fichefamille/carex-planter-diviser-entretenir>

Rustica Jardinage. (2020). *Planter la laïche*. Récupéré de <https://www.rustica.fr/fleurs/planter-laiche,6161.html>

Standley, L. A. & Dudley, J. L. (1991). Vegetative and sexual reproduction in the rare sedge, *Carex polymorpha* (Cyperaceae). *Rhodora*, 93(875), 268-290.

Stewart, R. (2015). *Carex field guide*. Ohio EPA Field Guide to the Common Wetland Plants of Ohio. Récupéré de <https://www.slideshare.net/ohwetlands/carex-field-guide>

Whitman, A., Cutko, A., deMaynadier, P., Walker, S., Vickery, B., Stockwell, S. & Houston, R. (2014). *Vulnerability of habitats and priority species* (SEI-2013-03). Brunswick, ME: Manomet Center for Conservation Sciences.

RÉFÉRENCES POUR CARYA OVATA

Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (CDPNQ). (2008). *Fiches sur la sensibilité des plantes vasculaires menacées ou vulnérables à l'égard des travaux de foresterie*. Récupéré de http://www.cdpnq.gouv.qc.ca/pdf/fiches_sensibilite_PMV_08_2008.pdf

Espace pour la vie Montréal (EPLVM). (2020). *Anthracnose*. Récupéré de <https://espacepurlavie.ca/carnet-horticole/ravageurs-et-maladies/anthracnose>

Gouvernement du Canada. (2020). *Taches foliaires*. Récupéré de <https://www.agr.gc.ca/fra/agriculture-et-climat/pratiques-agricoles/agroforesterie/maladies-et-ravageurs/taches-foliaires/?id=1367418562995>

Graney, D. L. (1990). *Carya ovata* (Mill) K. Koch Shagbark hickory. Dans R. M. Burns et B. H. Honkala (dir.), *Silvics of North America : Volume 2, Hardwoods* (p. 219-225). Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service.

Guide Sylvicole du Québec. (2014). *Caryer Ovale (Caryer À Noix Douce)*. Récupéré de <http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/essences/arbre.php?id=82>

Marie-Victorin, F., Rouleau, E. & Brouillet, L. (2002). *Carex typhina*. Dans *Flore laurentienne* (3^e éd., p. 755-756). Montréal : Éditions Gaétan Morin.

Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires Rurales de l'Ontario (MAAARO). (2008). *Chancre européen*. Récupéré de <http://www.omafra.gov.on.ca/IPM/french/apples/diseases-and-disorders/european-canker.html>

Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC). (2020). *Les plantes vasculaires susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables au Québec*. Récupéré de <http://www.environnement.gouv.qc.ca/biodiversite/especes/listes/vasculaires.pdf>

Ministère des Forêts, Faune et des Parcs (MFFP). (2019). *Le pourridié-agaric dans les érablières*. Récupéré de <https://mffp.gouv.qc.ca/forets/fimaq/insectes/fimaq-insectes-maladies-pourridie-agaric.jsp>

Nature action. (2008). *Reconnaître les essences compagnes rares*. Récupéré de <https://www.nature-action.qc.ca/pamoc/pdfs/essences%20compagnes%20rares.pdf>

Phyto Ressources. (2020). *Caryer cordiforme, (CARYA cordiformis). Fiche technique sur la moisissure blanche*. Récupéré de <https://www.phyto.qc.ca/fiche.php?nomal=448&noesp=414&nolist=1428&gr=1&pl=>

Raven, P. H., Evert, R. F. & Eichhorn, S. E. (2008). *Biologie végétale* (2^e éd.). Bruxelles : De Boeck.

Ressources naturelles Canada (RNC). (2015). *Caryer ovale*. Récupéré de <https://aimfc.rncan.gc.ca/fr/arbres/fiche/19>

Robison, S. A. & McCarthy, B. C. (1999). Growth responses of *Carya ovata* (Juglandaceae) seedlings to experimental sun patches. *The American midland naturalist*, 141(1), 69-84.

Tirmenstein, D. A. (1991). *Carya ovata*. Dans *Fire Effects Information System*. Récupéré de <https://www.fs.fed.us/database/feis/plants/tree/carova/all.html>

Vines, R. A. (1960). *Trees, shrubs and woody vines of the southwest*. Austin, TX: University of Texas Press.

RÉFÉRENCES POUR *IRIS VIRGINICA*

Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (CDPNQ). 2008. *Fiches sur la sensibilité des plantes vasculaires menacées ou vulnérables à l'égard des travaux de foresterie*. Récupéré de http://www.cdpnq.gouv.qc.ca/pdf/fiches_sensibilite_PMV_08_2008.pdf

Dignard, N., Couillard, L., Labrecque, J., Petitclerc, P. & Tardif, B. (2008). *Guide de reconnaissance des habitats forestiers des plantes menacées ou vulnérables, Capitale-Nationale, Centre-du-Québec, Chaudière-Appalaches et Mauricie*. Québec : Direction de l'environnement et de la protection des forêts et Direction des communications, Ministère des Ressources naturelles et de la Faune et ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs.

FloraQuebeca. (2009). *Plantes rares du Québec méridional*. Québec : Les Publications du Québec.

Gouvernement du Québec. (2007). *Plantes menacées ou vulnérables au Québec*. Récupéré de <http://collections.banq.qc.ca/ark:/52327/bs17915>

Jardiniers Professionnels, Coopérative professionnels à domicile (2015). *La multiplication des iris et leur culture*. Récupéré de <https://www.jardiniers-professionnels.fr/la-multiplication-des-iris-et-leur-culture/>

Lamoureux, G. & Nantel, P. (1999). *Cultiver des plantes sauvages--sans leur nuire*. Saint-Henri-de-Lévis, QC : Fleurbec.

Marie-Victorin, F., Rouleau, E. & Brouillet, L. (2002). *Iris virginica*. Dans *Flore laurentienne* (3^e éd., p. 666-667). Montréal : Éditions Gaëtan Morin.

Missouri Botanical Garden. (2020). *Iris virginica*. Récupéré de <http://www.missouribotanicalgarden.org/PlantFinder/PlantFinderDetails.aspx?kempcode=y390>

Morgan, M. D. (1990). Seed germination characteristics of *Iris virginica*. *The American Midland Naturalist*, 124(2), 209-213.

Natural Resources Conservation Service (NRCS). (2001). *Virginia Iris*. Récupéré de https://plants.usda.gov/plantguide/pdf/cs_irvi.pdf

Nature Québec. (2015). *Iris de Virginie (Iris virginica var. shrevei). Espèce susceptible d'être menacée ou vulnérable au Québec*. Récupéré de <https://www.yumpu.com/fr/document/view/50113173/iris-de-virginie-nature-quebec>

Société française des Iris et des plantes bulbeuses (SFIB). (2008). *Semer les graines d'iris*. Récupéré de <http://www.iris-bulbeuses.org/faq/iris-semer.htm>

RÉFÉRENCES POUR *JUGLANS CINEREA*

Association forestière du sud du Québec (AFSQ). (2014). *Fiches techniques sur les arbres à noix comestibles* (2^e éd.). Récupéré de <https://afsq.org/wp-content/uploads/2017/07/noix-comestibles.pdf>

Baltet, C. (1892). *L'art de greffer : arbres et arbustes fruitiers, arbres forestiers ou d'ornement, plantes coloniales, reconstitution du vignoble* (5^e éd.). Paris : G. Masson Éditeur.

Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (CDPNQ). (2008). *Fiches sur la sensibilité des plantes vasculaires menacées ou vulnérables à l'égard des travaux de foresterie*. Récupéré de http://www.cdpnq.gouv.qc.ca/pdf/fiches_sensibilite_PMV_08_2008.pdf

Clark, F. B. (1965). Butternut (*Juglans cinerea* L.). Dans H. A. Fowells (dir.), *Silvics of forest trees of the United States* (p. 208-210). Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook 271.

Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC). (2010). *Programme de rétablissement du noyer cendré (*Juglans cinerea*) au Canada*. Récupéré de <https://www.registrelep-sararegistry.gc.ca/default.asp?lang=Fr&n=948AA4F5-1&pedisable=true>

Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC). (2017). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le noyer cendré (*Juglans cinerea*) au Canada*. Récupéré de <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/registre-public-especes-peril/evaluations-rapports-situations-cosepac/noyer-cendre-2017.html>

Environnement Canada. (2010). *Programme de rétablissement du noyer cendré (*Juglans cinerea*) au Canada*. Récupéré de <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/registre-public-especes-peril/programmes-retablissement/noyer-cendre-2010.html>

Flore Laurentienne. (2016). *Juglans cinerea*. Récupéré de https://www.florelaurentienne.com/flore/GROUPES/Spermatophytes/Angiospermes/Dicotyles/014_Juglandacees/01_Juglans/cinerea.htm

Guide Sylvicole du Québec. (2014). *Noyer cendré*. Récupéré de <http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/essences/arbre.php?id=77>

Hay, C. J. & Donley, D. R. (1966). Insect pests. Dans *Black walnut culture* (p. 83-87). Saint-Paul, MN : North Central Forest Experiment Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture.

Kaeiser, M. & Funk, D. T. (1971). Structural changes in walnut grafts. *Annual Report, Northern nut growers Association*, 62, 90-94.

Leboeuf, M. (2016). *Arbres et plantes forestières du Québec et des Maritimes* (2^e éd.). Montréal : Éditions Michel Quintin

Lee, K. C. & Campbell, R. W. (1970). Nature and occurrence of juglone in *Juglans nigra*. *HortScience*, 4, 297-298.

Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC). (2020). *Liste des plantes vasculaires susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables au Québec*. Récupéré de <http://www.environnement.gouv.qc.ca/biodiversite/especes/listes/vasculaires.pdf>

Ministère des Richesses naturelles de l'Ontario (MRNO). (2000). *A Silvicultural Guide to Managing Southern Ontario Forests*. Toronto, ON : Imprimeur de la Reine pour l'Ontario, ministère des Richesses naturelles de l'Ontario.

Nature Action. (2008). *Reconnaître les essences compagnes rares*. Récupéré de <https://www.nature-action.qc.ca/pamoc/pdfs/essences%20compagnes%20rares.pdf>

NatureServe. (2020). *Juglans cinerea*, *Butternut*. Récupéré de https://explorer.natureserve.org/Taxon/ELEMENT_GLOBAL.2.154365/Juglans_cinerea

Pijut, P. M. & Moore, M. J. (2002). Early season softwood cuttings effective for vegetative propagation of *Juglans cinerea*. *HortScience*, 37(4), 697-700.

Rink, G. (1990). *Juglans cinerea* L. butternut. Dans R. M. Burns et B. H. Honkala (dir.), *Silvics of North America : Volume 2, Hardwoods* (p. 386-390). Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service.

RÉFÉRENCES POUR *MATTEUCCIA STRUTHIOPTERIS*

Au Jardin. (2020). *Fougère plume d'autruche, Fougère allemande*. Récupéré de <https://www.aujardin.info/plantes/matteuccia-struthiopteris.php>

Espace pour la vie Montréal (EPLVM). (2020). *Matteuccie fougère-à-l'autruche, tête-de-violon*. Récupéré de <https://espacepurlavie.ca/flore-biodome/matteuccie-fougere-lautruche-tete-de-violon>

Lamoureux, G. & Nantel, P. (1999). *Cultiver des plantes sauvages...sans leur nuire*. Saint-Henri-de-Lévis, QC : Fleurbec.

Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC). (2020a). *Matteuccie fougère-à-l'autruche d'Amérique. Espèce vulnérable au Québec*. Récupéré de <http://www.environnement.gouv.qc.ca/biodiversite/especes/matteuccie/index.htm>

Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC). (2020b). *Matteucie fougère à l'autruche. Espèce vulnérable à la récolte. Fiche descriptive*. Récupéré de <http://www.environnement.gouv.qc.ca/biodiversite/especes/matteuccie/matteuccieFougereAutruche.pdf>

Missouri Botanical Garden. (2020). *Matteuccia struthiopteris*. Récupéré de <https://www.missouribotanicalgarden.org/PlantFinder/PlantFinderDetails.aspx?kempercode=e180>

RÉFÉRENCES POUR *QUERCUS BICOLOR*

Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC). (2020). *Brûlure des pousses*. Récupéré de <https://www.agr.gc.ca/fra/agriculture-et-environnement/pratiques-agricoles/agroforesterie/maladies-et-ravageurs/pourridie-pourriture-du-collet-et-brulure-des-pousses/?id=1367249908460>

Blum, A. (2018). *Prolonged Effects of Severe Drought on Oak Radial Growth in Eastern North America* (Thèse de spécialisation). Ball State University. Récupéré de <https://cardinalscholar.bsu.edu/handle/123456789/201531>

Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (CDPNQ). (2008). *Fiches sur la sensibilité des plantes vasculaires menacées ou vulnérables à l'égard des travaux de foresterie*. Récupéré de http://www.cdpnq.gouv.qc.ca/pdf/fiches_sensibilite_PMV_08_2008.pdf

Centre de Références en Agriculture et Agroalimentaire du Québec (CRAAQ). (2020). *Powdery mildew*. Récupéré de <https://www.iriisphytoprotection.qc.ca/Fiche/Champignon?imageId=1966>

French, D.W. & Stienstra, W.C. (1980). *Oak Wilt*. Récupéré de https://conservancy.umn.edu/bitstream/handle/11299/205128/310_1980_31951D01927331M.pdf?sequence=1

Guide Sylvicole du Québec. (2014). *Chêne Bicolore (CHE)*. Récupéré de <http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/essences/arbre.php?id=81>

Illinois Wildflowers. (2020). *Swamp white oak*. Récupéré de https://www.illinoiswildflowers.info/trees/plants/swwh_oak.html

Marie-Victorin, F., Rouleau, E. & Brouillet, L. (2002). *Quercus bicolor*. Dans *Flore laurentienne* (3^e éd., p. 154-155). Montréal : Éditions Gaëtan Morin.

Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario (MAAARO). (2016). *Notes sur les ravageurs des noix de verger, Charançon du noyer*. Récupéré de <http://www.omafr.gov.on.ca/french/crops/pub360/notes/nutbutcur.htm>

Ministère des Forêts, Faune et des Parcs (MFFP). (2015). *Espèces floristiques menacées ou vulnérables associées au milieu forestier*. Récupéré de https://mffp.gouv.qc.ca/publications/enligne/forets/criteres-indicateurs/1/121/Flore/flore_liste.asp

Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les Changements Climatiques (MDDELCC). (2017). *Arbres et arbustes à utiliser pour la végétalisation des terrains réhabilités par analyse de risque*. Récupéré de <http://www.environnement.gouv.qc.ca/sol/terrains/guide-plantation.pdf>

Ministère des Richesses naturelles et des Forêts (MRNF). (2020). *Chêne Bicolore*. Récupéré de <https://www.ontario.ca/fr/page/chene-bicolore#section-2>

Natural Resources Conservation Service (NRCS). (2003). *Swamp White Oak (Quercus bicolor) Willd.* Récupéré de https://plants.usda.gov/plantguide/pdf/cs_qubi.pdf

Phyto Ressources. (2020). *Fiche technique Microsphaera penicillata*. Récupéré de <https://www.phyto.qc.ca/fiche.php?nomal=122&noesp=7&nolist=1484&gr=1&pl=>

Snyder, S. A. (1992). *Quercus bicolor*. Dans *Fire Effects Information System*. Récupéré de <https://www.fs.fed.us/database/feis/plants/tree/quebic/all.html>

Sousa, E. (1995). Les principaux ravageurs du chêne liège au Portugal. Leurs relations avec le déclin des peuplements. *IOBC-WPRS Bulletin*, 18(6), 18-22.

Waldron, G. (2003). *Trees of the Carolinian Forest*. Erin, Ontario: The Boston Mills Press.

Wardell, J. F. & Hart, J. H. (1970). Early responses of sapwood of *Quercus bicolor* to mechanical injury. *Canadian Journal of Botany*, 48(4), 683-686.

RÉFÉRENCES POUR *SANGUINARIA CANADENSIS*

Anderson, R. C. (1994). Height of white-flowered trillium (*Trillium grandiflorum*) as an index of deer browsing intensity. *Ecological Applications*, 4(1), 104-109.

Espace pour la vie Montréal (EPLVM). (2020). *L'ABC de l'ensemencement*. Récupéré de <https://espacepurlavie.ca/labec-de-lensemencement>

Fleurs sauvages du Québec. (2020). *Sanguinaire du Canada*. Récupéré de <http://www.fleursduquebec.com/encyclopedie/1769-sanguinaire-du-canada.html>

FloraQuebeca. (2009). *Plantes rares du Québec méridional*. Québec : Les Publications du Québec.

Gouvernement du Québec. (2007). *Plantes menacées ou vulnérables au Québec*. Récupéré de <http://collections.banq.qc.ca/ark:/52327/bs17915>

Lamoureux, G. & Nantel, P. (1999). *Cultiver des plantes sauvages...sans leur nuire*. Saint-Henri-de-Lévis, QC : Fleurbec.

Leboeuf, M. (2016). *Arbres et plantes forestières du Québec et des Maritimes* (2^e éd.). Montréal : Éditions Michel Quintin

Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC). (2020). *Sanguinaire du Québec. Espèce vulnérable à la récolte. Fiche descriptive*. Récupéré de <http://www.environnement.gouv.qc.ca/biodiversite/especes/sanguinaire/sanguinaireCanada.pdf>

Missouri Botanical Garden. (2020). *Sanguinaria canadensis*. Récupéré de <https://www.missouribotanicalgarden.org/PlantFinder/PlantFinderDetails.aspx?kempercode=m290>

Native Plant Herald. (2019). *How to transplant bare roots plants*. Récupéré de <http://nativeplantherald.prairienursery.com/2019/09/how-to-transplant-bare-root-plants/>

NC State Extension Publications (NCSEP). (2020). *Bloodroot (Sanguinaria canadensis L.)*. Récupéré de <https://content.ces.ncsu.edu/bloodroot-sanguinaria-canadensis-l>

Rockwood, L. L. & Lobstein, M. B. (1994). The effects of experimental defoliation on reproduction in four species of herbaceous perennials from northern Virginia. *Castanea*, 59(1), 41-50.

Rooney, T. P. (2001). Deer impacts on forest ecosystems: a North American perspective. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 74(3), 201-208.

Royo, A. A., Stout, S. L., deCalesta, D. S. & Pierson, T. G. (2010). Restoring forest herb communities through landscape-level deer herd reductions: Is recovery limited by legacy effects?. *Biological Conservation*, 143(11), 2425-2434.

Strole, T. A. & Anderson, R. C. (1992). White-tailed deer browsing: species preferences and implications for central Illinois forests. *Natural Areas Journal*, 12(3), 139-144.

University of Wisconsin-Madison (UWM). (2012). *Bloodroot, Sanguinaria canadensis*. Récupéré de <https://wimastergardener.org/article/bloodroot-sanguinaria-canadensis/>

RÉFÉRENCES POUR *TRILLIUM GRANDIFLORUM*

Anderson, R. C. (1994). Height of white-flowered trillium (*Trillium grandiflorum*) as an index of deer browsing intensity. *Ecological Applications*, 4(1), 104-109.

Au Jardin. (2020). *Trille blanc, Trille à grande fleur*. Récupéré de <https://www.aujardin.info/plantes/trillium-grandiflorum.php>

Broyles, S. B., Smith, S. M., Smith, T. R. & Kindt, J. R. (2013). A reevaluation of the use of rhizome scars to age plants of *Trillium erectum* (Melanthiaceae). *American journal of botany*, 100(6), 1155-1161.

Case, F. W. and R. B. Case. (1997). *Trilliums*. Portland, Oregon : Timber Press.

Espace pour la vie Montréal (EPLVM). (2020). *L'ABC de l'ensemencement*. Récupéré de <https://espacepurlavie.ca/lab-c-de-l-ensemencement>

FloraQuebeca. (2009). *Plantes rares du Québec méridional*. Québec : Les Publications du Québec.

Gates, B. N. (1940). Dissemination by ants of the seeds of *Trillium grandiflorum*. *Rhodora*, 42(497), 194-196.

Gouvernement du Québec. (2007). *Plantes menacées ou vulnérables au Québec*. Récupéré de <http://collections.banq.qc.ca/ark:/52327/bs17915>

Hanzawa, F. M. & Kalisz, S. (1993). The relationship between age, size, and reproduction in *Trillium grandiflorum* (Liliaceae). *American Journal of Botany*, 80(4), 405-410.

Koh, S., Bazely, D. R., Tanentzap, A. J., Voigt, D. R. & Da Silva, E. (2010). *Trillium grandiflorum* height is an indicator of white-tailed deer density at local and regional scales. *Forest Ecology and Management*, 259(8), 1472-1479.

Lamoureux, G. & Nantel, P. (1999). *Cultiver des plantes sauvages...sans leur nuire*. Saint-Henri-de-Lévis, QC : Fleurbec.

Marie-Victorin, F., Rouleau, E. & Brouillet, L. (2002). *Trillium grandiflorum*. Dans *Flore laurentienne* (3^e éd., p. 644-646). Montréal : Éditions Gaëtan Morin.

Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC). (2020). *Trille blanc. Espèce vulnérable à la récolte. Fiche descriptive*. Récupéré de <http://www.environnement.gouv.qc.ca/biodiversite/especes/trille/trilleBlanc.pdf>

Missouri Botanical Garden. (2020). *Trillium grandiflorum*. Récupéré de <https://www.missouribotanicalgarden.org/PlantFinder/PlantFinderDetails.aspx?kempercode=f317>

Native Plant Herald. (2019). *Ten Things to Know about Trilliums*. Récupéré de <http://nativeplantherald.prairienursery.com/2015/02/ten-things-to-know-about-trilliums>

NatureServe. (2020). *Trillium grandiflorum, White Trillium*. Récupéré de https://explorer.natureserve.org/Taxon/ELEMENT_GLOBAL.2.152039/Trillium_grandiflorum

Rooney, T. P. (2001). Deer impacts on forest ecosystems: a North American perspective. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 74(3), 201-208.

Royo, A. A., Stout, S. L., deCalesta, D. S. & Pierson, T. G. (2010). Restoring forest herb communities through landscape-level deer herd reductions: Is recovery limited by legacy effects?. *Biological Conservation*, 143(11), 2425-2434.

Société d'horticulture et d'écologie de Prévost (SHEPQC). (2020). *Le trille blanc*. Récupéré de <http://shepqc.ca/plantes-indigenes/le-trille-blanc/>

Strode, T. A., & Anderson, R. C. (1992). White-tailed deer browsing: species preferences and implications for central Illinois forests. *Natural Areas Journal*, 12(3), 139-144.

Tardif, B., Tremblay, B., Jolicoeur, G. & Labrecque, J. (2016). *Les plantes vasculaires en situation précaire au Québec*. Québec : Direction générale de l'écologie et de la conservation, ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC), Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (CDPNQ).

Vellend, M., Myers, J. A., Gardescu, S. & Marks, P. L. (2003). Dispersal of *Trillium* seeds by deer: implications for long-distance migration of forest herbs. *Ecology*, 84(4), 1067-1072.

ANNEXE C
RAPPORT 2. CARACTÉRISATION DES IMMEUBLES
EXCÉDENTAIRES DU MTQ DANS LA RÉGION DE PIKE RIVER
ET ST-ARMAND

Rapport 2 :
**Caractérisation des immeubles excédentaires du MTQ dans
la région de Pike River et St-Armand**

**Projet de compensation, phase I
Caractérisation et transplantation
Reboisement des terres enclavées à Pike-River et Saint-Armand
R850.1**

Conception et rédaction

**Catherine Couture, Biologiste ;
Natacha Jetha, Agente de recherche ;
Dominique Tardif, Biologiste ;
Laboratoire du Dr Kneeshaw, UQAM**

Collaboration

**Laurie Auclair, Assistante de recherche ;
César Gabillot, Agent de recherche ;
Laboratoire du Dr Kneeshaw, UQAM**

**Daniel Kneeshaw, Chercheur principal
Centre d'étude de la forêt
Département des sciences biologiques
Faculté des sciences
Université du Québec à Montréal
Téléphone : 514-987-3000, poste 4480
Courriel : kneeshaw.daniel@uqam.ca**

Février 2021

TABLE DES MATIÈRES

1.	CHAPITRE 1 : INTRODUCTION.....	268
2.	CHAPITRE 2 : DESCRIPTION DES MILIEUX	271
2.1.	MILIEUX RÉCEPTEURS (MR) :	271
2.1.1.	FRICHES	271
2.1.2.	TERRES AGRICOLES	272
2.1.3.	DESCRIPTION DES MILIEUX RÉCEPTEURS	273
2.1.4.	MILIEU RÉCEPTEUR 1 (MR1).....	275
2.1.5.	MILIEU RÉCEPTEUR 2 (MR2).....	276
2.1.6.	MILIEU RÉCEPTEUR 3 (MR3).....	278
2.1.7.	MILIEU RÉCEPTEUR 4 (MR4).....	279
2.1.8.	MILIEU RÉCEPTEUR 5 (MR5).....	280
2.1.9.	MILIEU RÉCEPTEUR 6 (MR6).....	281
2.1.10.	MILIEU RÉCEPTEUR 7 (MR7).....	283
2.1.11.	MILIEU RÉCEPTEUR 8 (MR8).....	284
2.2.	MILIEUX DE CONSERVATION.....	286
2.3.	MILIEU DE COMPENSATION (TERRES ENCLAVÉES)	291
2.3.1.	ZONES AGRICOLES	291
2.3.2.	ZONES DE FRICHES	291
2.3.3.	ZONES AVEC ESPÈCES VÉGÉTALES EXOTIQUES ENVAHISSANTES	292
3.	CHAPITRE 3 : ÉVALUATION DU BILAN DU CARBONE.....	292
3.1.	CARBONE TERRESTRE	292
3.2.	CARBONE AQUATIQUE.....	292
4.	CHAPITRE 4 : CONTRAINTES LIÉES AUX MILIEUX	293
4.1.	QUALITÉ DU SOL	293
4.2.	CARACTÈRE INONDABLE DES MILIEUX RÉCEPTEURS.....	294
4.3.	VÉGÉTATION COMPÉTITRICE.....	294
4.4.	ESPÈCES VÉGÉTALES EXOTIQUES ENVAHISSANTES	294
4.5.	BRUIT	299
4.6.	HERBIVORES.....	299
5.	CONCLUSION.....	300
	ANNEXES 302	
	RÉFÉRENCES	315

1. INTRODUCTION

Le projet visant le prolongement de l'autoroute 35 dans le secteur de Pike River et Saint-Armand par le Ministère des Transports du Québec (MTQ) a fait l'objet d'un décret gouvernemental (599-2007) autorisant sa réalisation sous le respect de certaines conditions. Pour minimiser les impacts de ses interventions sur les milieux naturels, le Ministère s'engage à procéder à l'élaboration d'un projet de compensation pour la perte de superficies boisées et prévoit de transplanter des espèces floristiques à statut précaire pour limiter la perte des espèces d'importance écologique dans le secteur. Le Ministère tend vers la carboneutralité à travers des actions favorisant la séquestration du carbone, possibles via le reboisement de secteurs déboisés, défrichés, perturbés ou encore dégradés. De manière à compenser les pertes de milieux naturels occasionnées par la construction routière, le MTQ a sélectionné un site de compensation près de l'emprise de l'autoroute et de la rivière aux Brochets. Les mesures compensatoires prévoient la création d'une forêt, mais également d'un habitat spécifique aux poissons et une zone de milieux humides.

Parmi les milieux propices à subir des travaux de reboisement se trouvent des friches et des terres enclavées (Image 1). Une majorité de ces milieux sont dépourvus de couvert végétal et qui plus est, ont subi des perturbations dans le passé telles que du déboisement, les impacts d'une exploitation agricole conventionnelle et subséquemment un envahissement d'espèces végétales exotiques envahissantes (EVEE).

Afin de mener à bien les objectifs compensatoires du Ministère, la caractérisation des différents milieux à l'étude est présentée dans ce rapport. Les sous-objectifs de la caractérisation sont :

- Déterminer les sites de transplantation les plus favorables pour les espèces rares ou à statut précaire⁷ et leurs superficies ;
- Identifier les contraintes du reboisement (menaces biotiques et abiotiques telles que le potentiel d'inondation, la compaction du sol, l'exposition au vent et à la lumière, la compétition, les EVEE, l'herbivorie, etc.) ;
- Établir un portrait des secteurs naturels voués à la conservation ;
- Méthodologie prévue pour le bilan du carbone (sols et milieux aquatiques).

⁷ Selon le MELCC, les espèces végétales rares et à statut précaire comprennent les plantes vasculaires visées par la *Loi sur les espèces menacées ou vulnérables*. Une espèce rare a un nombre d'individus très bas ce qui peut faire en sorte qu'elle est menacée ou en voie de disparition, alors qu'une espèce à statut précaire a une survie qui est menacée, mais elle n'est pas en voie de disparition.

Cette caractérisation permettra ultimement d'élaborer une méthodologie de reboisement visant à recréer un habitat favorable à la diversité faunique et à un bilan de la séquestration du carbone, qui sera présenté dans le rapport 3 : Lignes directrices du projet de compensation.

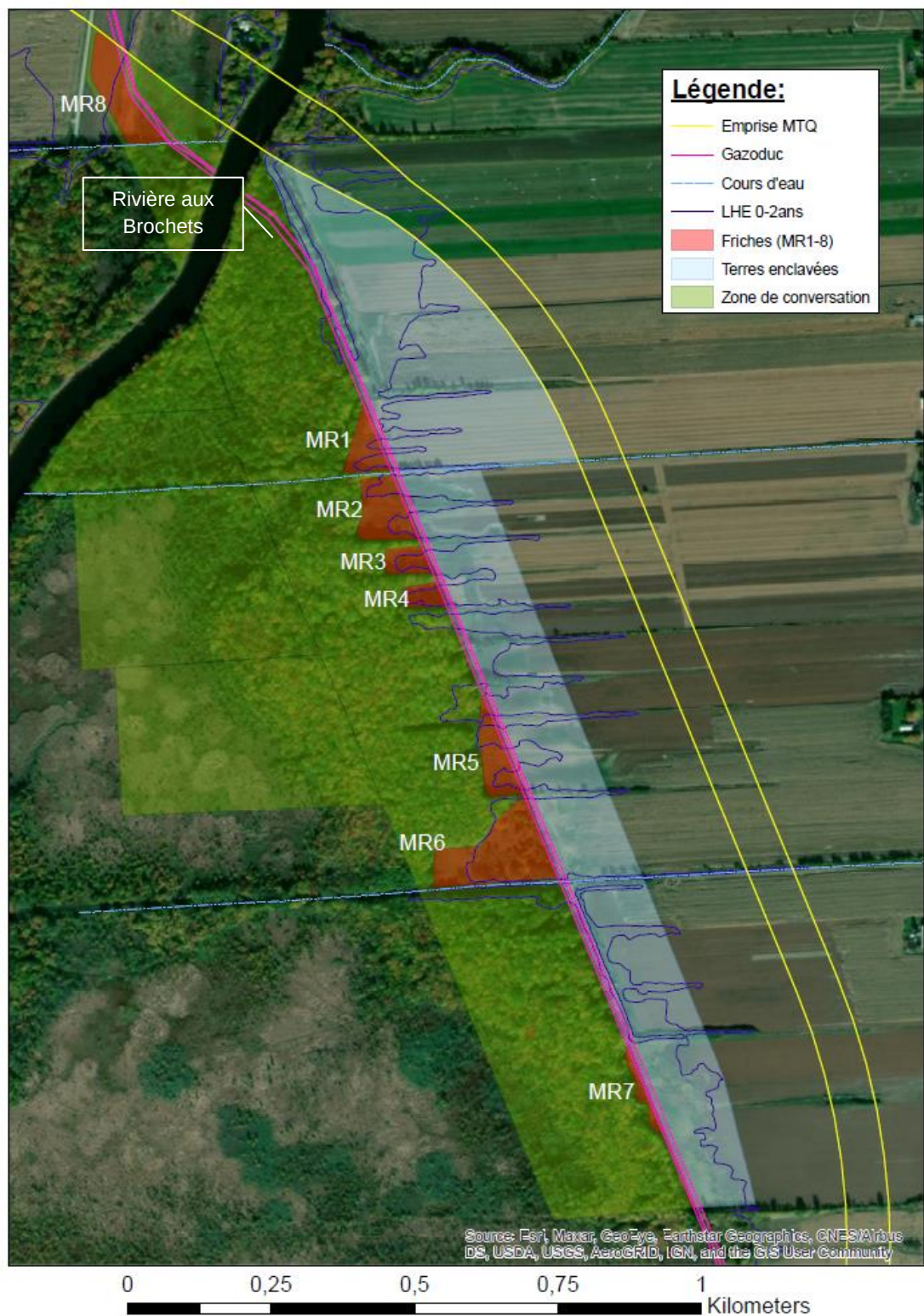


Image 1. Délimitation des différents milieux récepteurs, de l'habitat du poisson et des zones de milieux humides à Pike River

2. DESCRIPTION DES MILIEUX

Parmi les milieux à vocation compensatoires désignés par le MTQ à Pike River et Saint-Armand, on retrouve différents écosystèmes, représentés par trois désignations qui sont : les milieux récepteurs, les milieux de conservation et les milieux de compensation. La caractérisation de ces milieux a été effectuée sur le terrain lors de l'été 2020, plus spécifiquement durant le mois d'août.

1. *Milieux récepteurs* (Friches) : Les milieux récepteurs (MR), correspondent à des lieux potentiels de transplantation des espèces rares et à statut précaire (en rouge sur l'image 1). Ceux-ci sont principalement des friches, soit d'anciennes zones forestières déboisées par les agriculteurs pour être exploitées. Les MR se trouvent majoritairement entre des terres d'agriculture encore exploitées (à l'est) et une forêt marécageuse (à l'ouest).
2. *Milieux de conservation* : Une partie des secteurs attribués est boisée et l'ensemble de ce territoire fait office de milieu à être conservé. Il se trouve, pour sa grande majorité, entre la rivière aux Brochets et les zones agricoles (en vert sur l'image 1).
3. *Milieu de compensation* (Terres enclavées) : Les terres enclavées sont principalement d'anciens champs surtout de maïs, mais aussi de soja et de foin (en turquoise sur l'image 1). Le reboisement de ce milieu servira à compenser les pertes de superficies boisées occasionnées par la construction du nouveau tronçon autoroutier.

2.1. Milieux récepteurs (MR)

Ces milieux seront les lieux récepteurs d'une transplantation de plantes herbacées, d'arbustes et d'arbres rares ou à statut précaire, qui auraient été détruits par la construction du prolongement de l'autoroute 35. Les milieux récepteurs (MR1 à MR7 et MR8B) sont des friches, soit d'anciennes terres agricoles abandonnées (Vouligny & Gariépy, 2008). Une sous-section de MR8, soit MR8A est une terre agricole, qui fut cultivée jusqu'en octobre 2020.

2.1.1. Friches

Les différents MR identifiés par le MTQ ont été subdivisés en plusieurs sous-sections selon la végétation dominante (Images 1 et 2). D'abord, dans le secteur le plus à l'est se trouvent des friches nommées MR 1 à MR 7 et à

l'ouest le MR8B. Les friches sont des terres agricoles abandonnées qui sont demeurées inexploitées (Vouligny & Gariépy, 2008). Il s'agit donc de jeunes écosystèmes dont le niveau de biodiversité et les fonctions écologiques varient selon leur âge, les conditions biophysiques du milieu (végétation restante, proximité avec un cours d'eau, proximité avec la forêt marécageuse, le degré de saturation en eau dans le sol, exposition au vent et à la lumière, qualité du sol, etc.) ainsi que le type de perturbations subies dans le passé. Différentes espèces végétales peuvent être observées dans les friches, majoritairement herbacées, mais aussi arbustives, et quelques jeunes espèces arborescentes. Ainsi elles peuvent comporter plusieurs attraits pour la faune. Enfin, par leur historique de perturbation, plusieurs des friches du site comportent des EVEC, ce qui constitue une contrainte importante à considérer en vue d'un reboisement. La présence d'EVEC dans les friches sera discutée plus amplement au chapitre 4.4, en plus d'être indiquée comme contrainte pour le succès du projet dans les tableaux des MR (Tableaux I à VIII) lorsqu'ils en comportent. En effet, car la présence d'EVEC représente une nuisance à l'établissement de nouvelles espèces et à la biodiversité en général.

Dans cette optique, une approche de mise en valeur par la conservation de certains lots de friches sera envisagée dans l'approche de reboisement (rapport 3), dans la mesure où il y a absence d'EVEC. Des traitements visant à lutter contre la prolifération de celles-ci seront à planifier dans les milieux envahis et seront abordés au chapitre 4 de ce rapport, et de manière plus détaillée dans le rapport 3 qui est à venir.

2.1.2. Terres agricoles

Outre le milieu de compensation présent dans les terres enclavées, le seul MR se trouvant dans une terre agricole est la sous-section MR8A, zone où du maïs a été cultivé jusqu'au 27 octobre 2020 (Images 1 et 2). La nature de ces milieux est plutôt homogène, notamment en termes de qualité de sol, du fait d'une monoculture végétale, de pratiques agricoles mécaniques et chimiques et de l'absence de couvert forestier dans le passé. Cette zone comprend majoritairement des résidus de monoculture de maïs au sol.

Afin de favoriser le succès de la transplantation dans cette zone, elle devra subir des travaux de renaturation du sol avant d'être en mesure de pouvoir recevoir des plants. Une renaturation de ces secteurs va ultimement permettre de créer des conditions propices à la communauté végétale transplantée et à la faune locale.

2.1.3. Description des milieux récepteurs

Les MR ont été divisés en deux à trois sous-sections selon la végétation et les conditions environnementales dominantes. Une synthèse des caractéristiques des lieux sera présentée pour chacune des sous-sections des MR.

Pour chacune des sous-sections, le sol a été analysé en fonction de la charte de Munsell (*voir Annexe 1*). La grande majorité des sols présentent des horizons de couleurs gléiques avec mouchetures (*voir Annexes 1 à 9*). Ces marques sont issues d'une ségrégation locale de fer et sont caractéristiques d'un mauvais drainage et d'une saturation en eau. Ce type de sol entraîne un manque d'oxygène sur une longue période (Duchaufour, 1982 ; Bazoge et al., 2014).

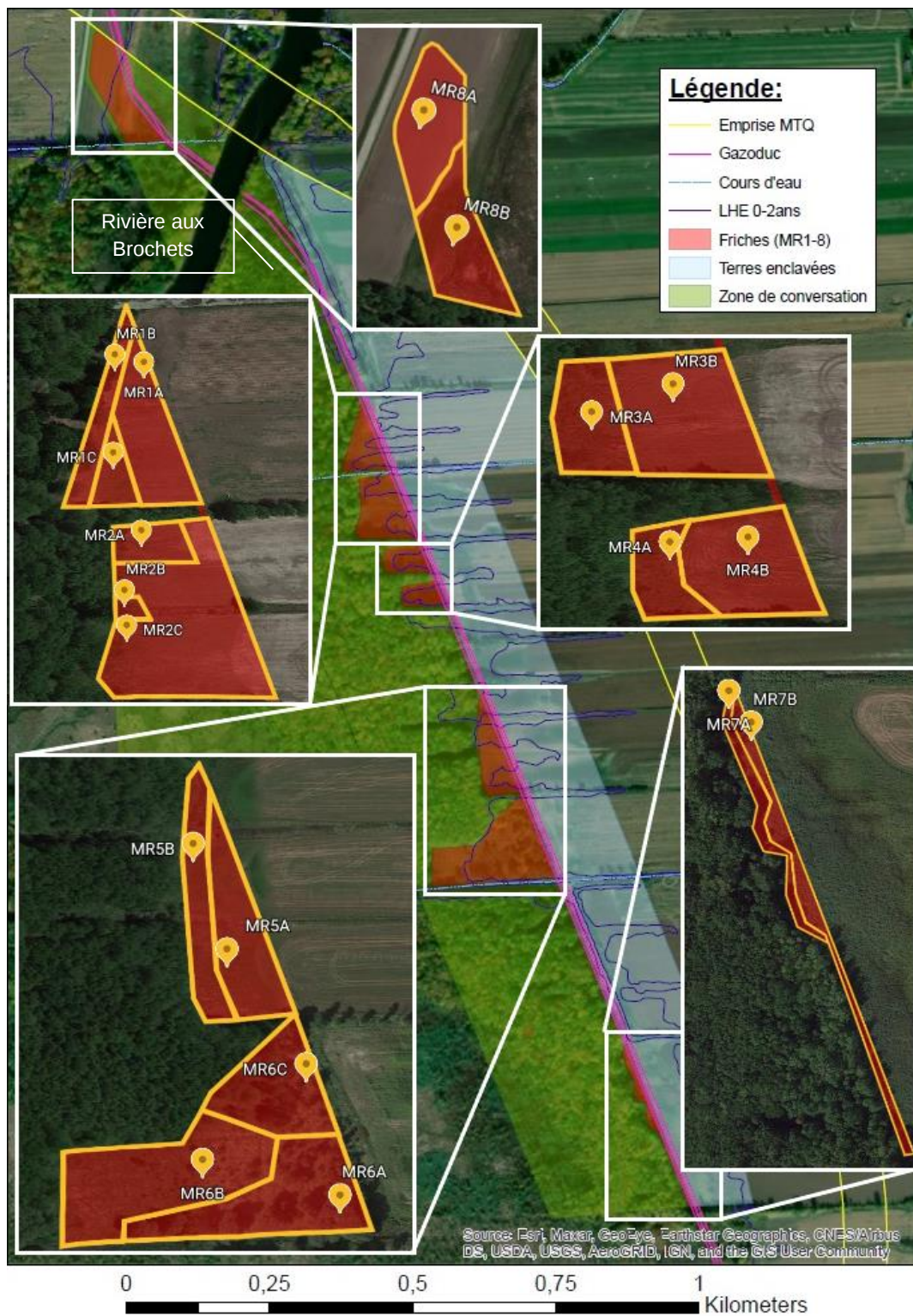


Image 2. Cartographie amplifiée des sous-divisions des zones de friches (MR1-8)

2.1.4. Milieu récepteur 1 (MR1)

MR1A : Le MR1A se situe en secteur inondable, possède un sol argileux et n'a aucun recouvrement forestier. En général, ces caractéristiques constituent des conditions peu favorables à l'établissement de nouvelles plantations qui ne sont pas des essences de milieux humides (facultatives ou obligées).

MR1B : Cette section est caractérisée par la présence dominante d'espèces obligées et facultatives des milieux humides telles que *Fraxinus pennsylvanica*, *Iris pseudacorus*, *Acer saccharinum* et *Carex* spp. (Bazoge et al., 2014) avec un couvert forestier dense représentant 85 % de recouvrement. Il y a aussi dominance d'une EVEC : *Lysimachia nummularia*. Le premier horizon du sol à une quantité importante de matière organique sous forme d'humus. L'analyse de l'horizon b et c dénote un problème de drainage du sol (voir Annexes 1 et 2). Tenant compte de la couverture forestière, du premier horizon riche en matière organique et de l'humidité, le MR1B semble être un lieu stratégique pour la plantation d'herbacées.

MR1C : Des EVEC sont retrouvées en forte abondance dans la sous-section MR1C, caractérisée par une forte lumière en plus d'un sol sec et compact. Ainsi MRC1 n'est pas l'idéal pour la réception de plantes herbacées, mais pourrait possiblement accueillir de jeunes espèces arborescentes telles que des semis ou gaules (Tableau I).

Tableau I. Caractérisation de trois sous-sections du milieu récepteur 1 (MR1)

SOUS-SECTION	MR1A	MR1B	MR1C
Coordonnées	(45.086900, -73.078783)	(45.086967, -73.079067)	(45.086200, -73.079133)
Superficie	3 050,83 m ²	1 466,33 m ²	914,06 m ²
Lieu adjacent	Champ de maïs	Forêt et canal de drainage	Champ de maïs
Zone inondable	Oui	Non	Oui
Principales contraintes	Stress hydrique EVEC	Ombre	Stress hydrique EVEC
PEUPLEMENT	MR1A	MR1B	MR1C
Strate végétale présente	Herbacées	Herbacées et arbres	Herbacées

Espèces dominantes	<i>Ambrosia artemisiifolia*</i> <i>Asclepias syriaca</i> <i>Bidens comosa</i>	<i>Bidens frondosa</i> <i>Boehmeria cylindrica</i> <i>Lysimachia nummularia*</i>	<i>Apios americana</i> <i>Lythrum salicaria*</i> <i>Phalaris arundinacea*</i>
Recouvrement canopée	0 %	85 %	0 %
Essences forestières	N/A	<i>Acer saccharinum</i> <i>Fraxinus americana</i> <i>Salix</i> sp.	N/A
SOL	MR1A	MR1B	MR1C
Description	Humide et argileux	Meuble, humide et sablonneux, très argileux avec présence de racines	Compact, sec et limoneux avec présence de racines
Horizon a	0-33 cm. 3/1 (7.5 YR)	0-35 cm 2.5/1 (7.5 YR)	0-23 cm 3/1 (7.5 YR)
Horizon b	33-46 cm 5/3 (10 YR)	35-52 cm 5/2 (5 Y)	23-37 cm 4/4 (10 YR)
Horizon c	46-72 cm 5/2 (5 Y) Mouchetures	52-70+ cm 4/3 (10 YR)	37-70+ cm 5/2 (5 Y)

Légende : Les espèces possédant un astérisque (*) sont des espèces végétales exotiques envahissantes (EVEE). Pour la caractérisation des horizons du sol, la première ligne représente l'épaisseur de l'horizon en cm et la seconde ligne représente la couleur de l'horizon, décrite avec la charte de Munsell (voir Annexe 1).

2.1.5. Milieu récepteur 2 (MR2)

MR2A : La forte présence de lumière, d'argile ainsi que la saturation en eau du sol (présence de mouchetures) peuvent être des facteurs limitants pour la transplantation d'herbacées et d'arbres rares ou à statut précaire, mais pourraient être favorable à une plantation d'espèces végétales facultatives des milieux humides (FACH). Le sol est d'un brun-gris très foncé, caractéristique d'un sol composé de matière organique en décomposition ainsi que d'une forte présence en eau (voir Annexe 3).

MR2B : Cette petite section (258,67 m²) est caractérisée par une clairière humide et couverte, et pourrait probablement accueillir des herbacées et des semis d'arbres. Le sol présente des dépôts sablonneux et le drainage semble supérieur aux deux autres sous-sections (MR2A et MR2C), possiblement en raison du grand nombre de racines d'espèces ligneuses qui s'y trouvent et qui participent à réguler l'eau par absorption (Tableau II).

MR2C : Celle-ci pourrait potentiellement être intéressante pour la plantation d'arbres nécessitant un plus grand apport de lumière (tel que *Quercus bicolor*) puisqu'aucun recouvrement arborescent n'est présent dans cette sous-section. Le sol de cette section est meuble et humide, sans toutefois être saturé en eau (Tableau II).

Tableau II. Caractérisation de trois sous-sections du milieu récepteur 2 (MR2)

SOUS-SECTION	MR2A	MR2B	MR2C
Coordonnées	(45.085750, -73.078833)	(45.085417, -73.078967)	(45.085217, -73.078950)
Superficie	1 123,27 m ²	258,67 m ²	7 530,7 m ²
Lieu adjacent	Champ de maïs et haie d'arbres brise-vent	Forêt et canal asséché avec quenouilles	Champ de maïs, haie d'arbres brise-vent et forêt
Zone inondable	Oui	Non	Non
Principales contraintes	Stress hydrique EVEC	Ombre	EVEC
PEUPLEMENT	MR2A	MR2B	MR2C
Strate végétale présente	Herbacées	Herbacées et arbres	Herbacées
Espèces dominantes	<i>Ambrosia artemisiifolia</i> * <i>Bidens comosa</i> <i>Setaria faberi</i> *	<i>Amphicarpaea bracteata</i> <i>Apios americana</i> <i>Onoclea sensibilis</i>	<i>Apios americana</i> <i>Boehmeria cylindrica</i> <i>Phalaris arundinacea</i> *
Recouvrement canopée	0 %	60 %	0 %
Essences forestières	N/A	<i>Acer saccharinum</i> <i>Fraxinus americana</i> <i>Onoclea sensibilis</i> <i>Ulmus americana</i>	N/A
SOL	MR2A	MR2B	MR2C
Description	Très argileux et saturé en eau	Sec, sablonneux avec beaucoup de racines	Meuble et humide
Horizon a	0-30 cm 3/1 (2.5 YR)	0-29 cm 3/2 (10YR)	0-46 cm 3/1 (7.5YR) Argile (+++)
Horizon b	30-52 cm 3/2 (2.5 YR) Mouchetures	29-37 cm 5/4 (5 Y)	46-58 cm 4/2 (2.5 Y) Argile (+++)
Horizon c	52-70+ cm 3/3 (2.5 Y) Limon	37-70+ cm 4/6 (10 YR)	58-70+ cm 4/4 (7.5 YR) Limon

Légende : Les espèces possédant un astérisque (*) sont des espèces végétales exotiques envahissantes (EVEE). Pour la caractérisation des horizons du sol, la première ligne représente l'épaisseur de l'horizon en cm et la seconde ligne représente la couleur de l'horizon, décrite avec la charte de Munsell (voir Annexe 1).

2.1.6. Milieu récepteur 3 (MR3)

Le site MR3 est caractérisé par un milieu ouvert avec un vent limité par les corridors d'arbres et la forêt marécageuse adjacente. La communauté floristique présente est dominée par trois EVEE (Tableau III).

MR3A : Le sol offre un mauvais drainage et est fortement saturé en eau. Il n'est donc pas propice à la transplantation d'herbacées ou d'arbres rares ou à statut précaire.

MR3B : Le sol est moins saturé en eau. L'horizon a et b sont d'un brun-gris très foncé, caractéristique d'un sol composé de matière organique en décomposition ainsi que d'une forte concentration en eau. La présence de mouchetures dans l'horizon c dénote une saturation en eau à partir de 50 cm pour une grande partie de l'année (voir Annexe 4). Le MR3B semble propice pour la transplantation d'essences végétales de milieux humides tolérantes à la pleine luminosité, à condition que la propagation des EVEE présentes soit contrôlée (Tableau III).

Tableau III. Caractérisation de deux sous-sections du milieu récepteur 3 (MR3)

SOUS-SECTION	MR3A	MR3B
Coordonnées	(45.084517, -73.078383)	(45.084617, -73.077967)
Superficie	1 150,9 m ²	2 458,32 m ²
Lieu adjacent	Champ de maïs, haie d'arbres brise-vent et forêt	Champ de maïs, haie d'arbres brise-vent et forêt
Zone inondable	Oui	Oui
Principales contraintes	Stress hydrique EVEE	Stress hydrique EVEE
PEUPLEMENT	MR3A	MR3B
Strate végétale présente	Herbacées	Herbacées
Espèces dominantes	<i>Persicaria sagittata</i> <i>Phalaris arundinacea</i> *	<i>Agalinis tenuifolia</i>

		<i>Ambrosia artemisiifolia</i> * <i>Setaria faberi</i> *
Recouvrement canopée	0 %	0 %
Essences forestières	N/A	N/A
SOL	MR3A	MR3B
Description	Saturé en eau, impossible de creuser un pédon	Meuble, argileux et compact, présence de mouchetures
Horizon a	N/A	0-40 cm 3/2 (10 YR)
Horizon b	N/A	40-49 cm 3/2 (10 YR)
Horizon c	N/A	49-70+ cm 4/3 (10 YR Mouchetures)

Légende : Les espèces possédant un astérisque (*) sont des espèces végétales exotiques envahissantes (EVEE). Pour la caractérisation des horizons du sol, la première ligne représente l'épaisseur de l'horizon en cm et la seconde ligne représente la couleur de l'horizon, décrite avec la charte de Munsell (voir Annexe 1).

2.1.7. Milieu récepteur 4 (MR4)

Le site MR4 est caractérisé par une dominance d'EVEE, ce site n'est donc pas idéal à la réception d'espèces floristiques rares ou en situation précaire (Tableau IV, voir Annexe 5).

Tableau IV. Caractérisation de deux sous-sections du milieu récepteur 4 (MR4)

SOUS-SECTION	MR4A	MR4B
Coordonnées	(45.084050, -73.077983)	(45.084067, -73.077583)
Superficie	792,57 m ²	1 944,09 m ²
Lieu adjacent	Champ de maïs, haie d'arbres brise-vent et forêt	Champ de maïs, haie d'arbres brise-vent, forêt et canal de drainage non fonctionnel
Zone inondable	Oui	Oui
Principales contraintes	Stress hydrique EVEE	Stress hydrique EVEE
PEUPLEMENT	MR4A	MR4B
Strate végétale présente	Herbacées	Herbacées
Espèces dominantes	<i>Apios americana</i> <i>Phalaris arundinacea</i> *	<i>Ambrosia artemisiifolia</i> * <i>Bidens comosa</i> <i>Setaria faberi</i> *
Recouvrement canopée	0 %	0 %

Essences forestières	N/A	N/A
SOL	MR4A	MR4B
Description	Argileux, humide avec quelques racines	Argileux, meuble et saturé en eau
Horizon a	0-30 cm 3/2 (7.5 YR)	0-38 cm 3/2 (10 YR)
Horizon b	30-70 cm 4/1 (7.5 YR) Mouchetures	38-48 cm 3/2 (10 YR) Mouchetures
Horizon c	70-80+ cm 4/3 (10 YR)	48-70+ cm 4/3 (10 YR)

Légende : Les espèces possédant un astérisque (*) sont des espèces végétales exotiques envahissantes (EVEE). Pour la caractérisation des horizons du sol, la première ligne représente l'épaisseur de l'horizon en cm et la seconde ligne représente la couleur de l'horizon, décrite avec la charte de Munsell (voir Annexe 1).

2.1.8. Milieu récepteur 5 (MR5)

Le site MR5 est caractérisé par une dominance de diverses EVEE. Le sol possède une litière peu épaisse (horizon a) tirant plus sur le gris que sur le brun, avec des mouchetures à partir de seulement 12 cm de profondeur (voir Annexe 6). Le sol semble donc être pauvre en matière organique en plus d'être saturé en eau pour une majeure partie de l'année. La dominance du roseau commun (*Phragmites australis* subsp. *australis*) dans la sous-section MR5B est un facteur nuisible à la croissance de tout autre type de végétation. Tenant compte de ces caractéristiques, en plus d'une couverture arborescente inexistante, ce site semble être trop perturbé et est donc non propice à l'accueil de nouvelles plantations sans qu'aucun traitement ne soit appliqué dans la lutte contre le roseau commun (Tableau V).

À cet effet, des interventions contre le roseau commun dans le champ adjacent seraient nécessaires pour contrôler et contenir cette espèce. Le roseau commun dans ce MR couvre une superficie de 382,66 m² et possède une densité d'environ 102 tiges/m².

Tableau V. Caractérisation de deux sous-sections du milieu récepteur 5 (MR5)

SOUS-SECTION	MR5A	MR5B
Coordonnées	(45.081167, -73.076183)	(45.081783, -73.076583)

Superficie	4 372,32 m ²	3 195,22 m ²
Lieu adjacent	Champ de maïs, haie d'arbres brise-vent et canal asséché avec quenouilles	Champ de maïs, champ envahi de phragmite, forêt et canal asséché avec quenouilles
Zone inondable	Oui	Oui
Principales contraintes	Stress hydrique EVEE	Stress hydrique EVEE Forte compétition
PEUPLEMENT	MR5A	MR5B
Strate végétale présente	Herbacées	Herbacées
Espèces dominantes	<i>Ambrosia artemisiifolia</i> * <i>Echinochloa crus-galli</i> * <i>Setaria faberi</i> *	<i>Phalaris arundinacea</i> * <i>Phragmites australis</i> * <i>Setaria faberi</i> *
Recouvrement canopée	0 %	0 %
Essences forestières	N/A	N/A
SOL	MR5A	MR5B
Description	Très argileux, humide avec peu de racines.	Argileux, compact avec peu de racines.
Horizon a	0-12 cm 3/1 (10 YR)	0-12 cm 3/1 (7.5 YR)
Horizon b	12-38 cm 4/3 (10 YR) Mouchetures	12-39 cm 4/2 (7.5 YR) Mouchetures
Horizon c	38-52+ cm 4/2 (10 YR)	39-48+ cm 5/2 (10 YR)

Légende : Les espèces possédant un astérisque (*) sont des espèces végétales exotiques envahissantes (EVEE). Pour la caractérisation des horizons du sol, la première ligne représente l'épaisseur de l'horizon en cm et la seconde ligne représente la couleur de l'horizon, décrite avec la charte de Munsell (voir Annexe 1).

2.1.9. Milieu récepteur 6 (MR6)

La végétation dominante est principalement composée d'arbres matures (hauteur entre 3 m et >20 m) tels que *A. saccharinum*, *F. americana*, *Salix* sp. et *U. americana*, en plus des herbacées. Il s'agit d'un milieu récepteur dans lequel la présence d'EVEE semble être moindre.

MR6A : Ce milieu est caractérisé par un ombrage partiel ou presque complet (85 %) et possède un sol riche en matière organique, humide et meuble, ce qui en fait un endroit propice pour la transplantation de plusieurs espèces d'herbacées et d'arbres rares ou à statut précaire.

MR6B : Cette sous-section est dominée par l'EVEE *Phalaris arundinacea*. Le sol y est argileux et présente des mouchetures dans l'horizon b, ce qui en fait un endroit peu idéal pour effectuer la transplantation.

MR6C : La caractérisation du milieu est quasi idem au MR6B, à l'exception qu'aucune EVEE n'y a été observée en 2020 (Tableau VI, voir Annexe 7).

Tableau VI. Caractérisation de trois sous-sections du milieu récepteur 6 (MR6)

SOUS-SECTION	MR6A	MR6B	MR6C
Coordonnées	(45.079633, -73.075183)	(45.079850, -73.076400)	(45.080450, -73.075483)
Superficie	6 324,1 m ²	7 786,89 m ²	4 330,99 m ²
Lieu adjacent	Champ de maïs et forêt	Champ de maïs et forêt	Champ de maïs et forêt
Zone inondable	Oui	Oui	Oui
Principales contraintes	Stress hydrique Ombre	Stress hydrique EVEE	Stress hydrique
PEUPLEMENT	MR6A	MR6B	MR6C
Strate végétale présente	Herbacées et arbres	Herbacées et arbustes	Herbacées, arbustes et arbres
Espèces dominantes	<i>Amphicarpaea bracteata</i> <i>Bidens frondosa</i> <i>Mentha canadensis</i>	<i>Eutrochium maculatum</i> <i>Phalaris arundinacea</i> *	<i>Amphicarpaea bracteata</i> <i>Bidens frondosa</i> <i>Mentha canadensis</i>
Recouvrement canopée	85 %	35 %	40 %
Essences forestières	<i>Acer saccharinum</i> <i>Fraxinus americana</i> <i>Salix sp.</i> <i>Ulmus americana</i>	<i>Acer saccharinum</i> <i>Fraxinus americana</i> <i>Salix sp.</i>	<i>Acer saccharinum</i> <i>Fraxinus americana</i> <i>Salix sp.</i> <i>Ulmus americana</i>
SOL	MR6A	MR6B	MR6C
Description	Meuble et argileux de type forestier avec beaucoup de racines. Légèrement humide	Argileux et humide et racineux	Sol argileux moyennement racineux et moyennement humide

Horizon a	0-30 cm. 3/2 (7.5 YR)	0-22 cm. 3/1 (7.5 YR)	0-25 cm. 3/1 (7.5 YR)
Horizon b	30-37 cm. 3/4 (10 YR)	22-34 cm. 4/4 (10 YR). Mouchetures.	25-33 cm. 4/4 (10 YR). Mouchetures.
Horizon c	37-52+ cm. 4/2 (10 YR)	34-54+ cm. 5/2 (2.5 YR)	33-45+ cm. 5/2 (2.5 YR)

Légende : Les espèces possédant un astérisque (*) sont des espèces végétales exotiques envahissantes (EVEE). Pour la caractérisation des horizons du sol, la première ligne représente l'épaisseur de l'horizon en cm et la seconde ligne représente la couleur de l'horizon, décrite avec la charte de Munsell (voir Annexe 1).

2.1.10. Milieu récepteur 7 (MR7)

Le site MR7 contient des EVEE, dont le roseau commun (*Phragmites australis* subsp. *australis*) qui y domine largement. Cette espèce envahit le sol compact et argileux avec de nombreux rhizomes, couvrant une superficie totale de 3036 m². La densité est d'environ 38 tiges/m² pour MR7A et de 61 tiges/m² pour MR7B. Pour le MR7B, il fut impossible de creuser un pédon considérant la densité des rhizomes du roseau commun. Ainsi, ce site n'apparaît pas propice à la réception d'espèces herbacées ou d'espèces à statut précaire (Tableau VII, voir Annexe 8).

Puisque la présence du roseau commun sur MR7 nuit sensiblement à la végétation en générale, des interventions de contrôle contre cette EVEE sont nécessaires avant de planter des individus dans ce milieu. Les contraintes occasionnées par cette espèce seront abordées au prochain point de ce rapport.

Tableau VII. Caractérisation de deux sous-sections du milieu récepteur 7 (MR7)

SOUS-SECTION	MR7A	MR7B
Coordonnées	(45.076783, -73.073533)	(45.076850, -73.073317)
Superficie	804,99 m ²	1 965,07 m ²
Lieu adjacent	Champ de maïs et forêt	Champ de maïs et forêt
Zone inondable	Non	Non
Principales contraintes	EVEE Forte compétition	EVEE Forte compétition
PEUPLEMENT	MR7A	MR7B
Strate végétale présente	Herbacées et arbres	Herbacées

Espèces dominantes	<i>Eutrochium maculatum</i> <i>Phalaris arundinacea</i> * <i>Phragmites australis</i> *	<i>Phragmites australis</i> *
Recouvrement canopée	30 %	0 %
Essences forestières	<i>Acer saccharinum</i> <i>Fraxinus americana</i>	N/A
SOL	MR7A	MR7B
Description	Humide et compact, envahi de rhizomes de phragmites.	Humide, argileux et collant envahi de rhizomes de phragmite et d'ardoise. Pédon impossible à creuser à cause de la densité des rhizomes de <i>P. australis</i> .
Horizon a	0-33 cm 3/2 (10 YR)	N/A
Horizon b	33-38 cm 3/1 (10 YR) Mouchetures	N/A
Horizon c	38-52+ cm 4/2 (10 YR)	N/A

Légende : Les espèces possédant un astérisque (*) sont des espèces végétales exotiques envahissantes (EVEE). Pour la caractérisation des horizons du sol, la première ligne représente l'épaisseur de l'horizon en cm et la seconde ligne représente la couleur de l'horizon, décrite avec la charte de Munsell (voir Annexe 1).

2.1.11. Milieu récepteur 8 (MR8)

Contrairement aux MR précédents qui étaient du côté est de la rivière aux Brochets, le MR8 est localisé du côté Ouest (Image 1). Il est divisé en deux sous-sections possédant des caractéristiques bien distinctes.

MR8A : La sous-section MR8A est un champ de culture de maïs (*Zea mays*), destiné à l'alimentation animale et qui a été récolté le 27 octobre 2020. L'horizon b du sol est d'un brun gris très foncé, caractéristique d'un sol de matière organique en décomposition. La présence de mouchetures indique un drainage moindre et une saturation en eau (voir Annexe 9). L'emplacement spécifique de MR8A en bordure du chemin Molleur le rend facilement accessible par la route et est donc idéal pour l'accès de machinerie lourde. Pour cette raison, ce milieu sera préconisé pour effectuer les transplantations d'arbres de gros calibre. Malgré que la présence du gazoduc en dessous de ce sol réduit la superficie totale pouvant accueillir une transplantation d'arbres (seulement 5926 m² des 9971 m²), la transplantation d'arbres de gros calibres dans MR8A

pourrait permettre de créer rapidement un nouveau couvert forestier pour ensuite accueillir des plants nécessitant un ombrage partiel.

MR8B : La sous-section MR8B est localisée sous la ligne des hautes eaux, ce qui la rend susceptible d'être inondée à une récurrence de 0-2 ans. Elle est en partie une friche agricole, comprend un marais de quenouilles (*Typha* sp.) et présente des îlots d'EVEE incluant le roseau commun. L'horizon a du sol est composé d'un sol de type silt-loameux de couleur brun très foncé, contenant des fibres de matière végétale non décomposées, ce qui suggère un sol riche. L'horizon b contient des mouchetures, signe d'une nappe phréatique haute. La nappe phréatique y est visible à partir de 49 cm (observation septembre 2020). Les deux derniers horizons révèlent une faible concentration en matière organique et en oxygène (Tableau VIII, voir Annexe 9). Puisque le roseau commun est présent sur 220,56 m² de la zone, avec une densité de 138 tiges/m², l'aménagement de MR8B devra prendre en considération la présence de cette EVEE afin de veiller à la pérennité des espèces indigènes déjà présentes, telles que les quenouilles, et de celles qui seront plantées ou transplantées. Ainsi, les aménagements de cette sous-section devront prendre en considération son caractère submersible et la présence d'EVEE (les patrons d'aménagements seront abordés dans le rapport 3).

Tableau VIII. Caractérisation de deux sous-sections du milieu récepteur 8 (MR8)

SOUS-SECTION	MR8A	MR8B
Coordonnées	(45.091500, -73.084917)	(45.091143, -73.083852)
Superficie	4045 m ²	5926 m ²
Lieu adjacent	Champ de maïs et forêt	Champ de maïs et forêt
Zone inondable	Non	Oui
Principales contraintes	Stress hydrique	Stress hydrique EVEE
PEUPLEMENT	MR8A	MR8B
Strate végétale présente	Herbacées	Herbacée
Espèces dominantes	<i>Zea mays</i>	<i>Phalaris arundinacea</i> * <i>Setaria faberi</i> * <i>Bidens frondosa</i>

		<i>Typha latifolia</i>
Recouvrement canopée	0 %	0 %
Essences forestières	N/A	N/A
SOL	MR8A	MR8B
Description	Meuble, humide, argileux et limoneux	Meuble, argileux et limoneux, saturé en eau
Horizon a	N/A	0-20 cm 2/2 (10 YR) Silt-loameux Présence de fibres végétales
Horizon b	0-25 cm 3/2 (10 YR) Mouchetures.	20-34 cm 5/4 (10 YR) Mouchetures. Loam
Horizon c	25-45+ cm 5/6 (7.5 YR)	34-50+ cm 4/2 (10 YR) Loam-sableux, avec graviers Présence de la nappe phréatique

Légende : Les espèces possédant un astérisque (*) sont des espèces végétales exotiques envahissantes (EVEE). Pour la caractérisation des horizons du sol, la première ligne représente l'épaisseur de l'horizon en cm et la seconde ligne représente la couleur de l'horizon, décrite avec la charte de Munsell (voir Annexe 1).

2.2. Milieux de conservation

Les milieux de conservation représentent un secteur presque entièrement boisé qui se situe principalement du côté est de la rivière aux Brochets (Image 1). Ils furent divisés en 9 zones différentes, en fonction d'une divergence de végétation à l'intérieur de celles-ci (Image 3). Elles ont été déterminées par photo-interprétation ainsi qu'à partir du document de mise à jour d'inventaire d'espèces floristiques à statut particulier et de caractérisation de milieux humides du groupe DDM (2019) fourni par le MTQ, qui mentionnait les espèces présentes dans ces lieux.

Seules les zones acquises par le MTQ, et qui feront partie des milieux inclus au plan de conservation, seront présentées dans ce rapport, soit les 1 à 5 et la zone 9. Les zones 6, 7 et 8 longent respectivement le chemin du Moulin, la route 133 et le chemin Champlain, toutes les trois font partie de la municipalité de Saint-Armand. Elles ne sont pas présentées dans ce rapport puisqu'elles ne font pas partie des milieux de conservation (Images 1 et 3). Elles sont cependant comprises dans l'emprise du MTQ et ont ainsi été caractérisées pour de potentiels travaux en lien avec les transplantations.



Image 3. Carte de délimitation des différentes zones dans le milieu de conservation

Pour chaque zone, la surface terrière, le diamètre et la densité des arbres sont considérés pour caractériser la structure forestière. Celles-ci permettent de dresser un portrait des écosystèmes déjà en place et leurs fonctions écologiques. En effet, la nature de la structure forestière permet notamment d'évaluer sa favorabilité pour la survie et la reproduction de la faune (Fischer *et al.*, 2006 ; Tableau IX). La zone 9 n'est pas présentée au Tableau IX pour la simple raison qu'elle ne comprend pas d'arbre. De plus, une caractérisation spécifique de chaque zone permettra d'avoir une idée globale des peuplements présents (Tableau X).

Tableau IX. Valeurs moyennes de densités, de surfaces terrières et différentes valeurs de DHP des arbres ainsi que valeurs moyennes du nombre d'espèces et du nombre de tiges d'herbacées au sol dans les différentes zones du milieu de conservation

Espèces	Arbres						Herbacées	
Zones	Densité (arbre/m ²)	Surface terrière (m ² /ha)	DHP min. (cm)	DHP max. (cm)	DHP moy. (cm)	DHP méd. (cm)	Nombre d'espèces/m ²	Nombre de tiges/m ²
1	0,1564	16,48	9,9	97,2	28,8	22,9	7,0	116,8
2	0,3269	8,71	9	79,4	21,4	15,5	8,0	147,3
3	0,0350	16,38	9,1	169,1	28,9	89,1	5,3	34,5
4	0,0269	9,64	9,3	69,6	30,0	27,1	6,7	53,3
5	0,1225	17,04	9	143,7	25,1	20,3	13	200,7

Les peuplements présents dans le milieu de conservation sont majoritairement des érablières à érables argentés (*Acer saccharinum*) qui font partie du domaine bioclimatique de l'érablière à caryer cordiforme (*Carya cordiformis*). La majorité des arbres trouvés dans ce milieu sont des espèces caractéristiques de milieux humides, soit le frêne rouge (*Fraxinus pennsylvanica*) et noir (*Fraxinus nigra*), l'érable argenté, l'orme d'Amérique (*Ulmus americana*) ou encore le chêne bicolore (*Quercus bicolor*) (Bazoge et al., 2014). De plus, la grande diversité de tailles d'arbres suggère une forêt climacique. Malgré la forte dimension de quelques arbres dans le secteur, il est suggéré selon Gagnon (2004), que ce type de succession serait âgée de moins de 100 ans. La plupart des arbres matures semblent généralement avoir entre 40 et 100 ans. La forêt marécageuse a une dominance de jeunes tiges entrecoupées de quelques vieux arbres et la faible densité sur le site reflète les conditions naturelles d'une plaine d'inondation. La couverture de la canopée y est tout de même complète avec les feuillus matures. Plus précisément, chaque zone est caractérisée comme suit :

Zone 1 : Zone marécageuse dominée par des quenouilles avec une couverture de la canopée moins importante et des DHP plus homogènes que dans les autres zones. La diversité des essences y est considérable (30 espèces rencontrées) (Tableaux IX et X).

Zone 2 : Zone boisée ayant la plus forte densité d'arbres, mais la plus faible surface terrière et les plus faibles DHP. La zone 2 semble avoir

les plus jeunes arbres du milieu de conservation. Elle comporte une diversité d'espèces végétales moyenne (21 espèces recensées) (Tableaux IX et X).

Zone 3 : Zone boisée avec une faible densité d'arbres, mais une grande surface terrière. Elle contient des arbres de plus gros calibres qui possèdent les plus grands DHP observés et aussi la plus grande moyenne de DHP parmi toutes les zones. La zone 3 comprend aussi de jeunes arbres. Les herbacées y sont le moins présentes avec la plus faible diversité d'essences (10 espèces herbacées et 17 espèces végétales au total furent rencontrées) et la plus faible densité du milieu (Tableaux IX et X).

Zone 4 : Zone forestière marécageuse, avec une forte présence d'herbacées, dont des quenouilles à feuilles étroites (*Typha angustifolia*), et une faible densité de tiges arborescentes. Des espèces végétales rares et à statut précaire y ont aussi été recensées. Une faible diversité en espèce y fut observée (15 espèces recensées) (Tableaux IX et X).

Zone 5 : Zone boisée à forte densité d'arbres et ayant la plus grande surface terrière du milieu. Très diversifiée en essences forestières, herbacées, espèces envahissantes et espèces à statut (29 espèces végétales rencontrées) (Tableaux IX et X). La présence d'un gazoduc à l'intérieur de cette zone a nécessité la coupe de la végétation, causant une fragmentation de l'habitat.

Zone 9 : Il s'agit principalement d'un marais de quenouilles à feuilles étroites. Une diversité relativement faible, et une absence d'espèces arborescentes ont donc été observées (environ une douzaine espèces végétales rencontrées, et seulement herbacées) (Tableau X).

Tableau X. Caractérisation spécifique des zones 1 à 5 et 9

Espèces	Espèces ligneuses dominantes	Espèces herbacées dominantes	Espèces envahissantes	Espèces rares ou à statut observées
Zone 1	<i>Acer saccharinum</i> * <i>Carya cordiformis</i> <i>Fraxinus americana</i> * <i>Ilex verticillata</i> <i>Quercus rubra</i> <i>Ulmus americana</i> *	<i>Sagittaria latifolia</i> <i>Sparganium eurycarpum</i> <i>Typha angustifolia</i> * <i>Typha latifolia</i> *	<i>Lysimachia nummularia</i>	<i>Quercus bicolor</i>
Zone 2	<i>Acer saccharinum</i> * <i>Fraxinus americana</i> * <i>Salix</i> sp. <i>Ulmus americana</i> *	<i>Amphicarpaea bracteata</i> <i>Laportea canadensis</i> * <i>Myosotis scorpioides</i> <i>Onoclea sensibilis</i> * <i>Solidago</i> sp.	<i>Lysimachia nummularia</i>	<i>Quercus bicolor</i>
Zone 3	<i>Acer saccharinum</i> * <i>Fraxinus americana</i> * <i>Ulmus americana</i> *	<i>Arisaema triphyllum</i> <i>Bidens frondosa</i> <i>Carex</i> sp. <i>Galium palustre</i> <i>Lycopus uniflorus</i> <i>Onoclea sensibilis</i> *	N/A	N/A
Zone 4	<i>Acer saccharinum</i> * <i>Fraxinus americana</i> *	<i>Bidens frondosa</i> <i>Laportea canadensis</i> * <i>Rorippa palustris</i> <i>Sagittaria latifolia</i> <i>Sparganium eurycarpum</i> <i>Typha latifolia</i>	N/A	<i>Carya ovata</i> <i>Carex typhina</i> <i>Quercus bicolor</i> <i>Quercus alba</i> <i>Trillium grandiflorum</i>
Zone 5	<i>Acer rubrum</i> <i>Acer saccharinum</i> * <i>Carya cordiformis</i> <i>Fraxinus americana</i> * <i>Fraxinus pennsylvanica</i> <i>Populus deltoides</i> <i>Quercus rubra</i> <i>Salix</i> sp. <i>Ulmus americana</i> *	<i>Amphicarpaea bracteata</i> <i>Bidens frondosa</i> <i>Carex</i> sp. <i>Mentha canadensis</i> <i>Symphyotrichum lateriflorum</i>	<i>Lysimachia nummularia</i> <i>Lythrum salicaria</i> <i>Phragmites australis</i>	<i>Carya ovata</i> <i>Carex typhina</i> <i>Iris virginica</i> <i>Quercus bicolor</i>
Zone 9	N/A	<i>Bidens frondosa</i> <i>Typha angustifolia</i> *	<i>Phalaris arundinacea</i> <i>Phragmites australis</i> <i>Setaria faberi</i>	N/A

Légende : Les espèces possédant un astérisque (*) sont les espèces ayant la plus forte dominance

2.3. Milieu de compensation (Terres enclavées)

Le milieu de compensation comprend les terres enclavées acquises par le MTQ qui seront reboisées (Image 1). La grande majorité de ce milieu est composée des terres agricoles, et une faible partie de friches. Un gazoduc sépare les milieux récepteurs (MR1 à MR7) du milieu de compensation, ce qui fait en sorte que les mêmes friches sont partagées entre ces deux milieux (Image 1 en rose, rouge et turquoise). Certains endroits sont aussi envahis par des EVEC. Le milieu de compensation comprend donc trois types de zones qui sont recouverts d'une végétation différente et qui subiront des aménagements différents. Pour cette raison, les zones sont caractérisées indépendamment, soit : zones agricoles, zones de friches et zones avec EVEC.

2.3.1. Zones agricoles

Les terres enclavées sont des terres agricoles présentant des monocultures. Les cultures qui y ont été retrouvées sont le maïs (*Zea mays*), le soja (*Glycine max*), ainsi que des plantes fourragères. Lors de la caractérisation, la majorité des champs étaient cultivés par du maïs, mais ces champs sont aussi cultivés en alternance avec du soja ou du blé. Le sol dans les zones agricoles est meuble, modérément humide et de type limoneux-argileux, sans présence de racines profondes. Les sols agricoles sont généralement riches en éléments nutritifs, mais sont plus compacts que les sols en milieu forestier. De plus, il est scientifiquement reconnu que la pédofaune, dont les bactéries et les mycorhizes, est moins abondante et moins diversifiée dans les champs agricoles qui sont dominés par des monocultures (Figuerola *et al.*, 2014). À l'intérieur des zones agricoles se trouvent deux ruisseaux (Edwin et Louis-Rochelleau), ainsi que plusieurs fossés de drainage. Les fossés sont peu profonds et présentent généralement des talus aux dénivelés importants. Qui plus est, une digue est présente au fond des terres enclavées et longe la forêt (milieu de conservation) (du nord-est au sud-ouest) et permet de protéger les terres agricoles des inondations saisonnières. À cet effet, plusieurs pompes de drainage souterraines sont présentes aux niveaux des fossés et permettent l'évacuation de l'eau excédentaire des champs agricoles vers la rivière aux Brochets.

2.3.2. Zones de friches

La délimitation séparant les zones de friches (MR1 à MR7 et MR8B) des terres enclavées suit grossièrement celle d'un gazoduc souterrain (Image 1). Cependant, la végétation ne se limite pas à cette délimitation et les friches sont donc partagées entre ses deux milieux adjacents, soit entre les champs agricoles et la forêt marécageuse. Pour avoir une idée de la caractérisation des friches dans les terres enclavées, se référer aux caractéristiques des milieux récepteurs adjacents.

2.3.3. Zones avec espèces végétales exotiques envahissantes

Des EVEE sont présentes dans les zones de friches des terres enclavées. Comme les sections de friches incluant les différents milieux récepteurs, une grande partie des friches des terres enclavées sont fortement envahies par des EVEE. Plus particulièrement, le roseau commun est observé en grande abondance en bordure du MR7 dans les terres enclavées. Pour avoir une idée de la caractérisation des EVEE dans les friches des terres enclavées, se référer aux caractérisations des milieux récepteurs adjacents.

3. ÉVALUATION DU BILAN DU CARBONE

La restauration et création de milieux naturels (milieux humides et reboisement) dans une perspective de compensation peut agir comme puits de carbone. Le carbone des milieux terrestres et aquatiques sera donc suivi pendant plusieurs années afin de mesurer l'impact des aménagements sur le bilan global à travers les années. Ceci pourra aiguiller les actions subséquentes pour se rapprocher de l'objectif de carboneutralité du MTQ, malgré qu'il n'y ait pas d'obligation à cet effet pour ce projet.

3.1. Carbone terrestre

Le carbone du sol a été mesuré dans différents types de végétation présents dans les différents milieux, soit les friches, les boisés, les zones agricoles, les zones de fourrages et les zones envahies par les EVEE (Guo & Gifford, 2002). Un échantillonnage annuel aux mêmes endroits permettra une analyse de l'évolution du carbone du sol à l'intérieur de ces milieux et zones. Pour ce qui est du carbone séquestré dans les arbres, la biomasse coupée par la construction l'A35 sera mesurée et déduite de la productivité primaire nette des plants plantés. À cet effet, un inventaire des zones de déboisement a été effectué à la fin de l'automne 2020. Cette productivité sera suivie au cours des années afin d'en effectuer le bilan du carbone et de voir si le projet de compensation (création habitat du poisson, milieux humides et reboisement) permet de compenser ou mitiger les émissions de carbone relatives aux travaux de construction de l'autoroute.

3.2. Carbone aquatique

La teneur en carbone organique dissous, les nutriments (azote et phosphore), le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄), l'oxygène (O₂),

l'acidité (pH), la conductivité et finalement, la température, ont été prélevées dans les milieux aquatiques environnants. Des échantillons ont été recueillis sur la rivière aux Brochets à deux endroits, soit en amont de tous les travaux et en aval, à l'embouchure de la rivière. Les ruisseaux qui ont été échantillonnés sont les ruisseaux Bellefroid-Archambault, Edwin et Louis-Rocheleau (*voir Annexe 10*). Comme pour la rivière, deux échantillonnages ont eu lieu, soit en amont et en aval des éventuels travaux.

Des échantillons de sol ont aussi été prélevés dans les futures zones d'habitat du poisson et milieux humides, afin de suivre l'évolution du carbone suite à la modification de l'écosystème. Lorsque les habitats seront créés, les mêmes mesures que celles prises dans les milieux aquatiques environnants y seront effectuées.

4. CONTRAINTES LIÉES AUX MILIEUX

Dans le cadre de ce projet de compensation, différentes contraintes peuvent potentiellement venir affecter le rendement et les délais des plantations et des transplantations. Une grande proportion des zones octroyées sont des zones agricoles à proximité de canaux de drainage, de zones riveraines, ou encore comportant des EVEC. La qualité du sol, le drainage et la compétition végétative sont tous des facteurs pouvant susciter un stress chez les plants nouvellement plantés ou transplantés. L'identification de ces contraintes est donc essentielle à l'élaboration de méthodologies adéquates.

4.1. Qualité du sol

Herbacées : La qualité du sol observée ne devrait pas représenter une trop grande contrainte pour l'établissement de la majorité des herbacées transplantées, car celles-ci ne nécessitent qu'une plantation se trouvant dans les limites des « horizons a » des MR. L'ameublement et l'ajout matière organique dans les milieux récepteurs pour la transplantation des herbacées et semis devraient favoriser leur survie en améliorant la qualité générale du sol (St-Denis et *al.*, 2017).

Arbres : Dans le cas de la plantation d'arbres pour le reboisement, la qualité des sols pourrait être une plus grande contrainte, puisqu'en sols mésiques des racines pourraient aller dans les horizons b et c, et qu'à l'intérieur de nos sites, ces horizons sont souvent saturés en eau (abordé au point 4.2). Pour ce qui est du manque de matière organique dans les sols, l'ajout de matière organique (terre, litière, etc.) et de legs biologiques (comme du bois mort, de la terre et des feuilles) permettra d'améliorer la qualité du sol et aider à la croissance des arbres (St-Denis et *al.*, 2017). Ainsi, la relocalisation des petites quantités du sol forestier des environs sur les sols agricoles pourrait

permettre la recolonisation de microorganismes (mycorhizes, bactéries et pédofaune) associés aux sols forestiers.

4.2. Caractère inondable des milieux récepteurs

Une autre contrainte non négligeable en lien avec les milieux disponibles à la plantation est qu'ils se retrouvent à l'intérieur de zones inondables (LHE sur l'image 1, voir *Annexe 11*). Entre autres, la zone de conservation et le MR8B sont sous la LHE (ligne des hautes eaux), ils sont donc susceptibles aux inondations de récurrence de 0-2 ans. Les autres MR et les terres enclavées sont dans la zone de récurrence d'inondation de 20 ans. Aussi, puisque les zones agricoles sont actuellement drainées, car elles sont utilisées pour l'agriculture, il est possible que certaines zones qui n'étaient pas sursaturées en eau le deviennent avec l'arrêt du drainage. Cet aspect sera donc à surveiller lors de l'évolution du projet.

Les chocs hydriques causés par les submersions peuvent mener à une augmentation de mortalité chez les semis et herbacées. C'est pourquoi la création de monticules pourrait être envisagée afin de garder les racines des plants hors du niveau d'accumulation au sol. Il pourrait également s'avérer utile de récolter de jeunes arbres (semis et gaules) se trouvant déjà dans d'autres secteurs inondables à proximité afin de s'assurer que les individus soient mieux tolérants à ce genre de conditions (Image 1, voir *Annexe 11*). Une sélection des essences plantées sera aussi primordiale afin que les arbres soient tolérants à ce type de milieu, comme c'est le cas pour les espèces facultatives ou obligées des milieux humides, par exemple.

4.3. Végétation compétitrice

La végétation indigène pourrait entrer en compétition avec les plants transplantés. S'il est observé que certaines essences limitent particulièrement la croissance des espèces végétales rares ou à statut précaire transplantées, la végétation compétitrice sera contrôlée (ex. désherbage, coupe de branches ou tiges, pliage, etc.).

4.4. Espèces végétales exotiques envahissantes

Parmi les EVEC se trouvant sur les lieux du projet, il y a le roseau commun. À maturité, les tiges de roseau commun peuvent atteindre jusqu'à 6 mètres de hauteur, ce qui empêche la majorité des espèces de pousser en sous-étage et limite la croissance d'autres. Le roseau commun s'accapare donc les ressources et l'espace nécessaire à l'établissement, croissance et survie des autres espèces indigènes qui sont présentes dans les habitats qu'il

envahit (MRNO, 2011). Le roseau commun est dominant dans le MR7 et ses alentours incluant une partie des terres enclavées. Cette EVEE se trouve aussi en périphérie de MR5B, au MR8B et dans la zone 9 de conservation.

D'autres EVEE sont également présentes dans le secteur (*voir Annexe 12*). Malgré qu'elles ne soient pas aussi nuisibles que le roseau commun, elles ont une grande plasticité adaptative et sont hautement compétitives (Lee, 2002). Bien que certaines de ces espèces ne soient pas officiellement classées par le gouvernement, plusieurs autres œuvres les considèrent nuisibles et envahissantes pour les écosystèmes et représentent donc une menace pour la biodiversité (Lavoie et *al.*, 2014 ; Fleurs du Québec, 2020). Considérant qu'un des objectifs du mandat est de planifier la création d'un écosystème résilient et diversifié, il semble donc primordial d'inclure toutes espèces reconnues comme nuisibles. Ceci permettra de dresser une idée des stratégies d'intervention qui seront nécessaires dans les milieux et zones en considération de l'espèce. Les informations telles que les superficies ainsi que les densités (ou % de recouvrement) de ces espèces ont été caractérisées en plus d'avoir effectué une recherche sur les différentes résistances des EVEE aux méthodes conventionnelles de traitements (Tableau XI et XII). La caractérisation exhaustive des EVEE a été réalisée à l'automne 2020.

Tableau XI. Résistance des espèces végétales exotiques envahissantes aux méthodes de contrôle

Espèces	<i>Echinochloa crus-galli</i>	<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	<i>Phalaris arundinacea</i>	<i>Setaria faberi</i>	<i>Lythrum salicaria</i>	<i>Lysimachia nummularia</i>	<i>Phragmites australis</i>
Coupe	Oui	Oui	Non	Non	Non*	Oui**	Non [†]
Labourage	Non	Oui	Non	Non	Oui	N/A	Non [†]
Enfouissement (semences)	Non	Oui	Oui	Oui	Non	N/A	Non
Herbicides	Oui	Non	Non	Non	Non*	Non	Non
Lutte biologique⁸	Non	Non	N/A	Non	Non	N/A	N/A
Couvert végétal	Non	Non	Non	Non	Non, si >50 % ombre	Non	Non [†]
Arrachage	Non	Non	Non	Oui	Non*	Non	Oui
Feu	Non*	Oui	Oui	Oui	Oui	Non	Oui
Bâchage	Oui	Non	Non	N/A	Oui	N/A	Non [†]
Inondation	Non	N/A	Non	N/A	Non	Oui	Non [†]

Légende : (*) Aide cependant la germination des graines dans le sol. (†) La majorité des traitements seuls sont inefficaces si l'espèce est établie, la banque de semences est trop importante. (**) Coupe non envisageable, car pousse au ras du sol. (†) La majorité des traitements seuls sont inefficaces si l'espèce est établie.

⁸ Les méthodes de lutte biologique proposent l'utilisation d'autres espèces (végétales ou animales) pour lutter contre la prolifération des EEEE. Par exemple, l'utilisation de *Archana geminipuncta* (esp. végétale) est présentement étudiée pour compétitionner contre *P. australis*, alors que d'autres expériences menées avec des larves de papillons ont montré une réduction possible de la biomasse aérienne des tiges de roseau commun (Häfliger et al. 2006).

Tableau XII. Caractérisation des différentes espèces végétales exotiques envahissantes, de leur superficie et de leur densité dans les différents milieux

Sites	Espèces	Superficies (M²)	Recouvrement (%)	Densité (Tiges/m²)	Commentaires
MR1A	<i>Setaria faberi</i>	70	N/A	81	Hors MR : terres enclavées
MR1A	<i>Phalaris arundinacea</i>	425	N/A	121	Partie sur gazoduc
MR1C	<i>Lythrum salicaria</i>	N/A	N/A	N/A	Pas trouvé, retourner au printemps 2021
MR1C	<i>Phalaris arundinacea</i>	2 655	N/A	104	N/A
MR2A	<i>Phalaris arundinacea</i>	+/- 30	N/A	-	N/A
MR2A	<i>Setaria faberi</i>	250	N/A	29	N/A
MR2A	<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	250	N/A	44	N/A
MR2C	<i>Phalaris arundinacea</i>	1 040	N/A	262	N/A
MR2C	<i>Setaria faberi</i>	1 060	N/A	75	N/A
MR3A	<i>Phalaris arundinacea</i>	650	N/A	96	N/A
MR3B	<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	+/- 30	N/A	46	N/A
MR3B	<i>Setaria faberi</i>	930	N/A	36	N/A
MR4A	<i>Phalaris arundinacea</i>	390	N/A	133	N/A
MR4B	<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	1 550	N/A	60	Superficie comprend zone gazoduc + terres enclavées
MR4B	<i>Setaria faberi</i>	+/- 30	N/A	N/A	Hors MR : terres enclavées
MR4B	<i>Setaria faberi</i>	185	N/A	70	N/A
MR5A	<i>Echinochloa crus-galli</i>	N/A	N/A	N/A	Non rencontrée, retourner au printemps 2021
MR5A	<i>Phalaris arundinacea</i>	795	N/A	138	N/A
MR5A	<i>Setaria faberi</i>	990	N/A	86	Mélangé avec <i>Ambrosia artemisiifolia</i>

REBOISEMENT DES TERRES ENCLAVÉES À PIKE-RIVER ET SAINT-ARMAND
R850.1

Sites	Espèces	Superficies (M²)	Recouvrement (%)	Densité (Tiges/m²)	Commentaires
MR5A	<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	990	N/A	22	Mélangé avec <i>Setaria faberi</i>
MR5B	<i>Phalaris arundinacea</i>	405	N/A	166	N/A
MR5B	<i>Setaria faberi</i>	+/- 30	N/A	58	N/A
MR5B	<i>Phragmites australis</i>	385	N/A	102	N/A
MR6B	<i>Phalaris arundinacea</i>	16 165	N/A	153	N/A
MR7A	<i>Phragmites australis</i>	805	N/A	38	Présent sur tout le MR7
MR7A	<i>Phalaris arundinacea</i>	355	60	N/A	N/A
MR7B	<i>Phragmites australis</i>	2 595	N/A	61	Présent sur tout le MR7
MR8B	<i>Phalaris arundinacea</i>	1 335	80-100	N/A	N/A
MR8B	<i>Setaria faberi</i>	915	70-80 30-35	N/A	La zone à 30-35 % est dominée par <i>Bidens frondosa</i>
MR8B	<i>Phragmites australis</i>	220	N/A	138	Sous 35 pouces d'eau
Zone 1	<i>Lysimachia nummularia</i>	N/A	N/A	42	Omniprésente sur toute la zone
Zone 2	<i>Lysimachia nummularia</i>	N/A	20-80	N/A	Omniprésente sur toute la zone
Zone 9	<i>Phragmites australis</i>	330	N/A	284	Aucune eau
Zone 9	<i>Phragmites australis</i>	160	N/A	N/A	En bordure du ruisseau ch. du Bois
Zone 9	<i>Phragmites australis</i>	415	N/A	N/A	Longe le chemin de la zone 5
Zone 9	<i>Phalaris arundinacea</i>	1 690	80-100	N/A	N/A
Zone 9	<i>Setaria faberi</i>	815	70-80	N/A	N/A
Terres enclavées	<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	810	N/A	60	N/A
Terres enclavées	<i>Echinochloa crus-galli</i>	N/A	N/A	N/A	Pas trouvé, retourner au printemps 2021
Terres enclavées	<i>Setaria faberi</i>	1 170	N/A	79	N/A

Sites	Espèces	Superficies (M²)	Recouvrement (%)	Densité (Tiges/m²)	Commentaires
Terres enclavées	<i>Phragmites australis</i>	24 125	N/A	61	N/A
Terres enclavées	<i>Phalaris arundinacea</i>	955	N/A	153	N/A

4.5. Bruit

Une contrainte pour la faune en lien avec la disposition de certains des milieux récepteurs sera le bruit. Actuellement, les milieux récepteurs sélectionnés pour la transplantation et le reboisement (MR1 à MR8 et les terres enclavées) s'avèrent être des parcelles de terre entourées soit de champs agricoles, soit de forêt ou encore de zones riveraines sans grands bruits reliés aux activités anthropiques. Par contre, la construction de l'autoroute et la circulation routière généreront un bruit plus fort et pourraient causer une contrainte pour des espèces fauniques qui sont sensibles aux bruits. La construction de ces nouvelles infrastructures pourrait donc avoir un impact négatif sur un cortège d'espèces fauniques du secteur. Par exemple en ayant un impact sur les oiseaux et les amphibiens en affectant la portée de leur chant durant la période de reproduction (Slabbekoorn & Ripmeester, 2008). L'élaboration d'une bande sonore végétative dans les terres enclavées pourrait être judicieuse afin d'atténuer la pollution sonore en provenance de la nouvelle structure routière (Dobson & Ryan, 2000). Cette approche sera également discutée dans le plan d'approche écosystémique du rapport 3.

4.6. Herbivores

Le secteur de Pike River héberge des cerfs de Virginie (*Odocoileus virginianus*), des lapins à queue blanche (*Sylvilagus floridanus*), des lièvres d'Amérique (*Lepus americanus*) et des castors du Canada (*Castor canadensis*). Ceux-ci se nourrissent pendant l'hiver de l'écorce et des bourgeons et peuvent donc avoir un grand impact sur la croissance, la reproduction et la survie des plants. La pose de protecteurs autour des semis d'arbres constitue une solution pertinente pour répondre à cette problématique.

5. CONCLUSION

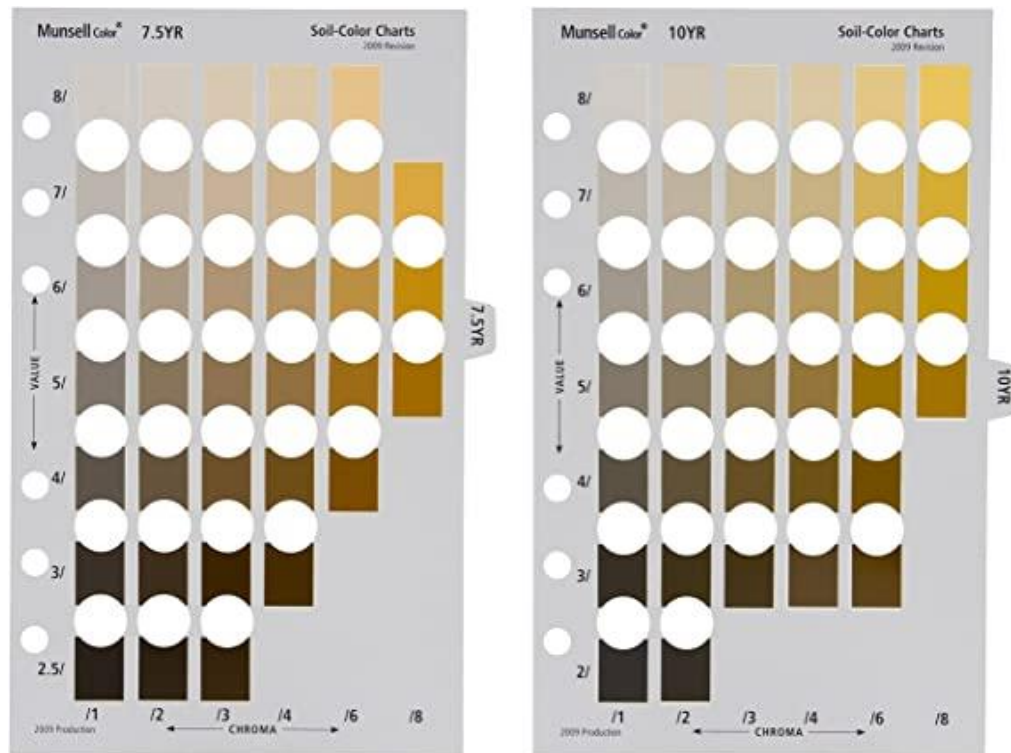
La mitigation des impacts de l'extension de l'autoroute 35 dans le secteur de Pike River et Saint-Armand se fera par une transplantation d'espèces floristiques rares et à statut précaire, par la renaturalisation de certains milieux terrestres, par la conservation d'autres, ainsi que par la restauration, la création et la conservation de milieux aquatiques et humides. À travers ces interventions, le Ministère vise la carboneutralité du projet, en plus de créer un habitat favorable à la colonisation par la faune. La caractérisation des milieux servant à la réalisation de ces objectifs a été présentée dans ce rapport afin d'élaborer des méthodologies adaptées à ces derniers et qui seront présentées dans le prochain rapport (rapport 3). En résumé :

- *Les milieux récepteurs (MR)* sont principalement des friches, situées entre des terres agricoles exploitées jusqu'en 2020 et une forêt marécageuse. Ils recevront des transplantations de végétaux rares et à statut précaire, avec leurs espèces accompagnatrices, en plus d'être renaturalisés via la plantation de semis. Dans la majorité de ces milieux, le sol présente des horizons de couleurs gléiques avec mouchetures, caractéristiques d'un mauvais drainage et d'une saturation en eau. De plus, certaines zones sont sous la LHE 0-2 ans ou dans la zone de grand courant et sont donc susceptibles aux inondations. Le roseau commun, une EVEC extrêmement envahissante, est dominant dans le MR7, en périphérie de MR5B et dans le MR8B. D'autres espèces nuisibles sont aussi présentes dans tous les MR.
- *Les milieux de conservation* sont des milieux boisés, où les essences dominantes sont des espèces de milieux humides, soit le frêne rouge, l'érable argenté et l'orme d'Amérique. Ce boisé a une dominance de jeunes tiges entrecoupées de quelques vieux arbres de forte dimension et suggère un peuplement âgé de moins de 100 ans. La couverture de la canopée y est complète malgré la faible densité de tige trouvée, qui reflète d'ailleurs des conditions d'une plaine inondable. Le roseau commun est dominant dans la zone 9 et une autre espèce nuisible, soit *Lysimachia nummularia* est présente dans la zone 1 et 2.
- *Le milieu de compensation* comprend les terres enclavées qui sont d'anciennes terres agricoles de maïs ou de soja. Il comprend aussi certaines sections de friches qui sont partagées avec celles qui composent les milieux récepteurs. La délimitation entre ces deux milieux consiste grossièrement au tracé du gazoduc (Image 1). Les sols agricoles sont généralement riches en éléments nutritifs, par contre les microorganismes y sont peu abondants. Qui plus est,

considérant le type de cultures, l'état des sols et les pratiques agricoles régionales, il est probable que des pesticides (notamment herbicides et fongicides) aient été utilisés pendant plusieurs années. Ceci impacte négativement la diversité et l'abondance de la vie dans le sol, de même que la qualité du sol (structure, texture). Celui-ci est meuble, modérément humide et de type limoneux-argileux. Les terres enclavées sont actuellement drainées par l'entremise de fossés, de deux ruisseaux, de drains souterrains et à l'aide de pompage. Il est donc possible que certains secteurs deviennent sursaturés en eau avec l'arrêt des pompes de drainage. Puisque la totalité des terres enclavées est située dans la zone de grand courant, elles sont donc sujettes à des inondations à récurrence de 20 ans. Certains secteurs sont aussi envahis par des EVEC, dont le roseau commun.

ANNEXES

ANNEXE 1



Charte de couleur de sol « Munsell soil color ». (Source de l'image : Munsell.com)

ANNEXE 2



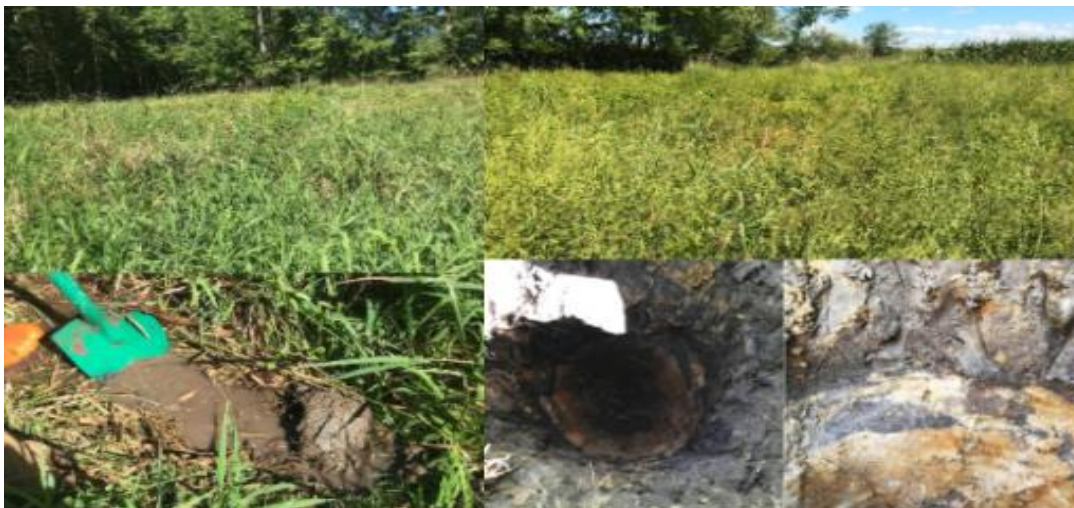
Sous-zones de MR1. De gauche à droite : présentation des sous-zones et des horizons présents dans MR1A, MR1B et MR1C.

ANNEXE 3



Sous-zones de MR2. De gauche à droite : présentation des sous-zones et des horizons présents dans MR2A, MR2B et MR2C.

ANNEXE 4



Sous-zones de MR3. De gauche à droite : présentation des sous-zones et des horizons présents dans MR3A et MR3B.

ANNEXE 5



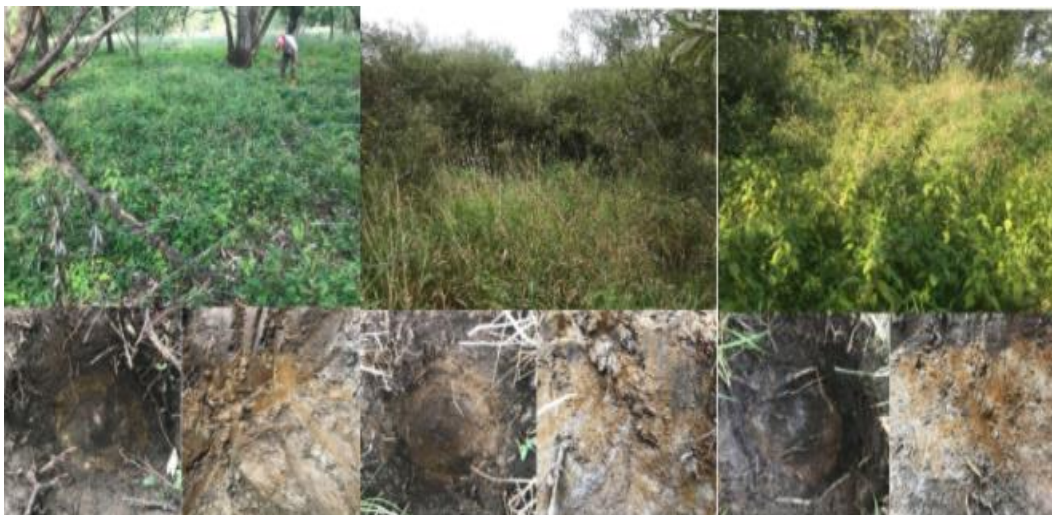
Sous-zones de MR4. De gauche à droite : présentation des sous-zones et des horizons présents dans MR4A et MR4B.

ANNEXE 6



Sous-zones de MR5. De gauche à droite : présentation des sous-zones et des horizons présents dans MR5A et MR5B.

ANNEXE 7



Sous-zones de MR6. De gauche à droite : présentation des sous-zones et des horizons présents dans MR6A, MR6B et MR6C.

ANNEXE 8



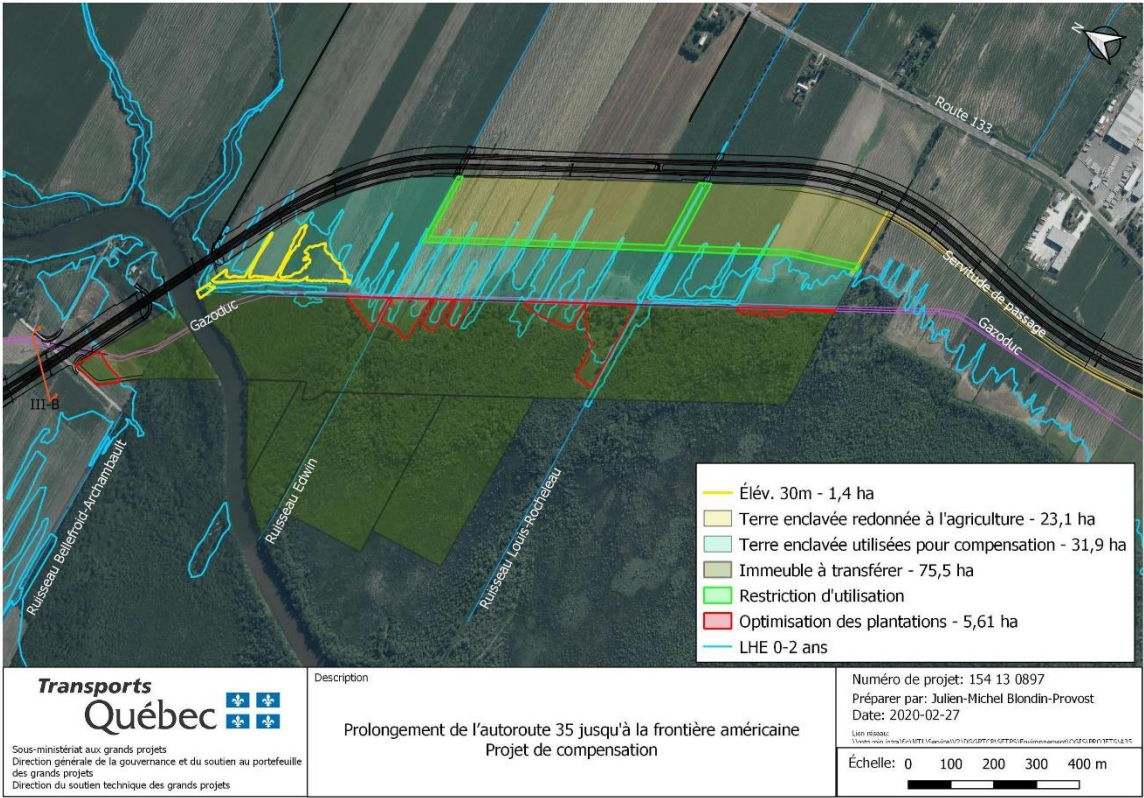
Sous-zones de MR7. De gauche à droite : présentation des sous-zones et des horizons présents dans MR7A et MR7B.

ANNEXE 9



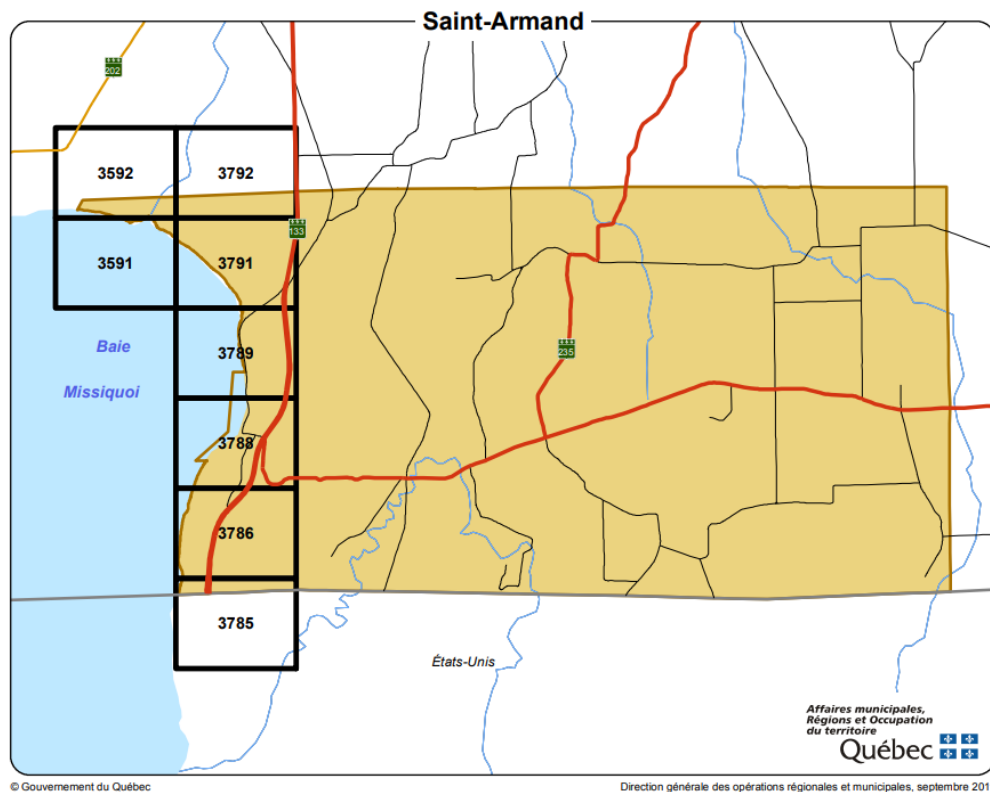
Sous-zones de MR8. De gauche à droite : présentation des sous-zones et des horizons présents dans MR8A et MR8B.

ANNEXE 10



Cartographie de la région de Pike River démontrant les trois ruisseaux échantillonnés.

ANNEXE 11



Carte de la zone d'intervention spéciale (ZIS) — Montérégie dans le secteur de Saint-Armand. Les secteurs encadrés 3592 et 3792 représentent les zones inondables à l'intérieur desquelles des plantations auront lieu dans les milieux récepteurs sont disposés.

ANNEXE 12



Cartographie des espèces végétales exotiques envahissantes dans les milieux récepteurs avec grossissement sur les zones d'intérêts

RÉFÉRENCES

- Bazoge, A., Lachance, D. & Villeneuve, C. (2014). *Identification et délimitation des milieux humides du Québec méridional*. Québec : Les Publications du Québec : Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques.
- Benayas, J. M. R. & Bullock, J. M. (2012). Restoration of biodiversity and ecosystem services on agricultural land. *Ecosystems*, 15(6), 883–899.
- Dobson, M. & Ryan, J. (2000). *Trees and shrubs for noise control*. Arboricultural Advisory & Information Service. Récupéré de <https://www.trees.org.uk/Trees.org.uk/files/8c/8c69f212-a82e-424b-96d1-c8ff6dc02403.pdf>
- Duchaufour, P. (1982). Hydromorphic soils. Dans *Pedology* (p.335-372). Dordrecht : Springer. Récupéré de https://doi.org/10.1007/978-94-011-6003-2_12
- Figuerola, E. L. M., Guerrero, L. D., Türkowsky, D., Wall, L. G. & Erijman, L. (2014). Crop monoculture rather than agriculture reduces the spatial turnover of soil bacterial communities at a regional scale. *Environmental Microbiology*, 17(3), 678–688. Récupéré de <https://doi.org/10.1111/1462-2920.12497>
- Fischer, J., Lindenmayer, D. B. & Manning, A. D. (2006). Biodiversity, ecosystem function, and resilience: ten guiding principles for commodity production landscapes. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 4(2), 80–86.
- Fleurs du Québec. (2020). Lysimaque nummulaire. Dans *Encyclopédie des fleurs*. Récupéré de <http://www.fleursduquebec.com/encyclopedie/1804-lysimaque-nummulaire.html>
- Gagnon, D. (2004). *La forêt naturelle du Québec, un survol (Rapport préparé pour la Commission d'étude sur la gestion de la forêt publique québécoise)*. Récupéré de https://www.bibliotheque.assnat.qc.ca/depotnumerique_v2/AffichageFichier.aspx?idf=31935
- Guo, L. B. & Gifford, R. M. (2002). Soil carbon stocks and land use change: a meta analysis. *Global change biology*, 8(4), 345–360.
- Häfliger, P., M. Schwarzländer & B. Blossey. (2006). Impact of *Archana geminipuncta* (Lepidoptera : Noctuidae) on aboveground biomass production of *Phragmites australis*. *Biological Control*, 38, 413–421.
- Lavoie, C., Guay, G. & Joerin, F. (2014). Une liste des plantes vasculaires exotiques nuisibles du Québec : nouvelle approche pour la sélection des espèces et l'aide à la décision. *Écoscience*, 21(2), 133-156.

Lee, C. E. (2002). Evolutionary genetics of invasive species. *Trends in ecology & evolution*, 17(8), 386–391.

Ministère des Richesses Naturelles de l'Ontario (MRNO). (2011). *Phragmite envahissant – Pratiques de gestion exemplaires*. Peterborough : Ministère des Richesses naturelles de l'Ontario

Slabbekoorn, H. & Ripmeester, E. A. P. (2008). Birdsong and anthropogenic noise: implications and applications for conservation. *Molecular ecology*, 17(1), 72–83.

St-Denis, A., Kneeshaw, D., Bélanger, N., Simard, S., Laforest-Lapointe, I. & Messier, C. (2017). Species-specific responses to forest soil inoculum in planted trees in an abandoned agricultural field. *Applied Soil Ecology*, 112, 1–10.

Voulligny, C. & Gariépy, S. (2008). *Les friches agricoles au Québec : état des lieux et approches de valorisation*. Ottawa : Agriculture et Agroalimentaire Canada.

ANNEXE D
RAPPORT 3. LIGNES DIRECTRICES DU PROJET DE
COMPENSATION

Rapport 3 : Lignes directrices du projet de compensation

**Projet de compensation, phase I et II
Reboisement et restauration d'habitat à Pike-River et Saint-Armand
R850.1**

Conception et rédaction

**Catherine Couture, Biologiste ;
Natacha Jetha, Agente de recherche ;
Dominique Tardif, Biologiste ;
Laboratoire du Dr Kneeshaw, UQAM**

Collaboration

**Laurie Auclair, Assistante de recherche ;
César Gabillot, Agent de recherche ;
Laboratoire du Dr Kneeshaw, UQAM**

**Daniel Kneeshaw, Chercheur principal
Centre d'étude de la forêt
Département des sciences biologiques
Faculté des sciences
Université du Québec à Montréal
Téléphone : 514-987-3000, poste 4480
Courriel : kneeshaw.daniel@uqam.ca**

Février 2021

TABLES DES MATIÈRES

Partie 1 — DESCRIPTION, OBJECTIFS ET RÉSUMÉ DU PROJET

1. INTRODUCTION	321
2. CHAPITRE 2 : OBJECTIFS	323
2.1. Objectifs du projet.....	323
2.2. Sous-objectifs du projet	323
2.2.1. Objectif 1 : Création des habitats propices pour la faune via la création d'une structure forestière verticale et horizontale.....	325
2.2.2. Objectif 2 : Création d'une forêt résiliente via une plantation diversifiée.....	328
2.2.3. Objectif 3 : Maintien et augmentation d'espèces végétales rares ou à statut précaire.....	329
2.2.4. Objectif 4 : Lutte contre les espèces végétales exotiques envahissantes	330
2.2.5. Objectif 5 : Faire un bilan du carbone	330

Partie 2 — MÉTHODES ET PATRONS

3. CHAPITRE 3 : LUTTE CONTRE LES ESPÈCES VÉGÉTALES EXOTIQUES ENVAHISSANTES	333
3.1. Roseau commun	334
3.2. Autres espèces nuisibles	334
4. CHAPITRE 4 : PATRONS D'AMÉNAGEMENT ET DE PLANTATION SUGGÉRÉS	335
4.1. Aménagements	335
4.2. Transplantations.....	337
4.2.1. Transplantation d'herbacées rares et à statut précaire	337
4.2.2. Transplantation de semis d'arbres rares et à statut précaire	338
4.2.3. Transplantation de grands arbres et arbustes.....	339
4.3. Plantations à partir de 2021.....	343
4.3.1. Patrons temporaires	345
4.3.2. Patrons de composition	346
4.3.3. Patrons de densité.....	347
4.3.4. Patrons d'atténuation acoustique pour la faune	347
4.3.5. Patrons d'aménagement des legs biologiques.....	349
4.3.6. Exemples de patrons.....	349
5. CHAPITRE 5 : SÉQUENCE DES TRAVAUX.....	350
5.1. Travaux effectués en 2020	351
5.2. Travaux à venir (2021).....	351
5.3. Travaux en 2022.....	352
5.4. Travaux en 2023.....	352
5.5. Travaux en 2024 et 2027.....	353

5.6.	Travaux en 2025, 2026, 2028, 2029 et 2030	353
5.7.	Plan d'entretien.....	353
6.	CHAPITRE 6 : SUIVI — MESURE DE L'ATTEINTE DES OBJECTIFS	354
6.1.	Plan de suivi général	355
7.	CONCLUSION.....	355
	ANNEXES	357
	RÉFÉRENCES	376

Partie 1 — DESCRIPTION, OBJECTIFS ET RÉSUMÉ DU PROJET

1. INTRODUCTION

Le projet visant le prolongement de l'autoroute 35 dans le secteur de Pike River et de Saint-Armand par le ministère des Transports du Québec (MTQ) a fait l'objet d'un décret gouvernemental (599-2007) autorisant sa réalisation sous le respect de certaines conditions. En premier lieu, le Ministère doit éviter et minimiser ses impacts, notamment par une transplantation d'espèces floristiques rares et à statut précaire⁹, mais aussi en procédant à l'élaboration d'un projet de compensation. Le Ministère devra ainsi élaborer un plan compensant les pertes de milieux humides, d'habitat du poisson et de boisés occasionnées par la construction du nouveau tronçon routier. Dans le cadre de la conceptualisation du projet de recherche, l'effort est centré sur le reboisement. Également, même s'il n'y a pas d'obligation de carboneutralité pour ce projet, une évaluation du bilan de carbone terrestre et aquatique s'avérera utile pour le MTQ dans le contexte de la mise en œuvre de la Directive pour la gestion du carbone lié aux projets routiers de 100 M\$ et plus, les aménagements et le reboisement dans un cadre de projet de compensation pourraient contribuer à la réduction de l'empreinte des émissions de carbone produites par ses activités, en surcroît d'être bénéfiques pour la faune à statut du secteur.

Les immeubles excédentaires du MTQ sont localisés en périphérie de la forêt marécageuse de la rivière aux Brochets. Le plan de compensation a différents objectifs, soit : la plantation et la transplantation d'espèces floristiques rares et à statuts dans les milieux récepteurs, la conservation d'autres territoires et finalement le reboisement de milieux de compensation (respectivement en rouge, vert et turquoise sur l'image 1). L'ensemble de ces milieux ont déjà été caractérisés de manière détaillée dans le rapport 2 précédent (Caractérisation des immeubles excédentaires du MTQ dans la région de Pike River et St-Armand), il peut donc être utile de s'y référer au besoin. Quant à ces territoires, le Ministère a pour objectifs de favoriser la biodiversité, d'accélérer la succession forestière, de créer des structures propices à la faune de la région, incluant la faune à statut, ainsi que d'évaluer le bilan du carbone dans le secteur.

⁹ Selon le MELCC, les espèces végétales rares et à statut précaire comprennent les plantes vasculaires visées par la *Loi sur les espèces menacées ou vulnérables*. Une espèce rare a un nombre d'individus très bas ce qui peut faire en sorte qu'elle est menacée ou en voie de disparition, alors qu'une espèce à statut précaire à une survie qui est menacée, mais elle n'est pas en voie de disparition.

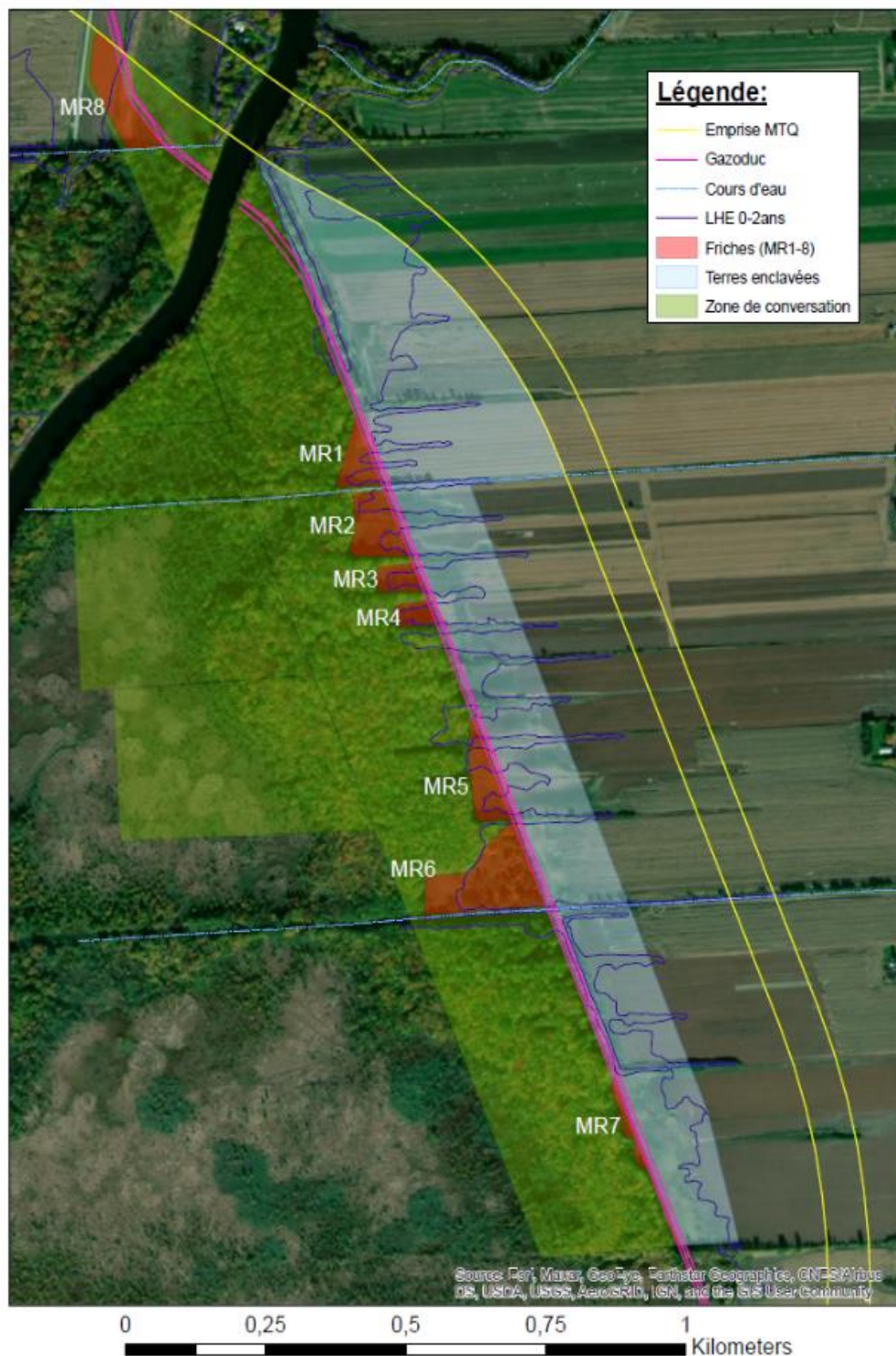


Image 1. Emprise du prolongement de l'autoroute 35 dans le secteur de Pike River et Saint-Armand et milieux récepteurs disponibles à la plantation. Délimitation de l'emprise de la construction de l'autoroute (tracé jaune) et milieux récepteurs (en rouge).

Afin de répondre à ces objectifs, un plan d'approche écosystémique, basé sur la littérature scientifique et les principes d'aménagement écosystémique, est détaillé dans ce présent rapport. Une approche de restauration écosystémique sera donc mise en place afin de créer une forêt diversifiée et résiliente, favorisant le retour de la faune, ainsi que le maintien des espèces végétales rares et à statuts précaires du secteur. Cette approche sera réalisée via transplantations de végétaux rares et à statuts précaires, avec certaines de leurs espèces accompagnatrices, ainsi que l'aménagement et l'entretien du territoire, et ce en considérant les contraintes présentes sur les sites (espèces végétales exotiques envahissantes (EVEE), risques d'inondation, etc.). Un suivi de la flore, de la faune et du bilan de carbone (terrestre et aquatique) permettra d'apporter des ajustements au cours du projet en plus de déterminer si les objectifs sont atteints. L'approche de compensation de ce projet est donc d'élaborer et d'appliquer un plan de restauration des fonctions écologiques (biodiversité, habitat pour la faune) dans une perspective de conservation à long terme.

Ce document présente l'ensemble des lignes directrices de ce projet de restauration pour les 10 prochaines années, incluant la méthodologie des patrons d'aménagement et de plantation, la séquence des travaux, l'entretien et les suivis nécessaires au succès du projet.

2. OBJECTIFS

2.1. Objectifs du projet

Les trois objectifs principaux du projet sont :

1. La planification de la création d'un écosystème résilient et diversifié ;
2. La transplantation d'espèces rares ou à statut précaire ;
3. Faire un bilan de la séquestration du carbone avant le début et durant le projet.

Ce rapport consiste en la présentation des avantages du projet pour la faune, des moyens de luttés contre les EVEE, des mesures du bilan du carbone, des patrons de plantations suggérés pour renaturaliser certains des milieux, de la séquence des travaux de reboisement envisagés et finalement d'un plan d'entretien et de suivi sur 10 ans.

2.2. Sous-objectifs du projet

Afin d'atteindre les objectifs du projet, le projet de compensation a été divisé en plusieurs sous-objectifs. Les sous-objectifs sont représentés visuellement à l'image 2 et sont les suivants :

1. La restauration d'habitats propices pour la faune par le développement et la production d'une structure forestière verticale et horizontales inspirées des écosystèmes adjacents ;
2. Le développement d'une forêt résiliente aux changements globaux via des patrons de plantation de diverses densités et espèces arborescentes ;
3. Le maintien et l'augmentation de la présence d'espèces végétales rares et à statut précaire ;
4. La lutte contre les espèces végétales exotiques envahissantes ;
5. La réalisation d'un bilan du carbone.

Le succès du projet sera évalué en fonction des résultats obtenus via des suivis de la flore, de la faune et du carbone, qui seront effectués pendant les 10 prochaines années. Ainsi, le succès du projet sera estimé via l'évaluation de :

- L'utilisation par la faune des sites restaurés ;
- L'influence du projet sur le bilan du carbone ;
- L'évolution des populations d'EVEE dans le temps ;
- La restauration des fonctions écologiques des écosystèmes ;
- Le développement de la canopée ;
- Le taux de survie des plants ;
- La biodiversité présente sur les sites.

Pour chaque suivi annuel, des indicateurs précis en fonction des objectifs permettront de mesurer le succès du projet et d'apporter au besoin des modifications aux traitements lors des entretiens (détails au chapitre 6). Par exemple, le succès du second objectif principal sera annuellement représentatif du taux de survie globale des essences végétales ayant été transplantées et de leur taux de croissance. Alors que les sous-objectifs devront avoir une évaluation sur plusieurs années afin de déterminer l'évolution de chacun et d'indiquer s'ils sont atteints ou sont en voie d'être atteints. Notamment, l'utilisation des sites restaurés par la faune sera mesurée à travers les suivis de différents groupes taxonomiques annuellement. Alors que le suivi portant le bilan du carbone se fera plusieurs fois par année pour mesurer l'influence du projet sur celui-ci. Le plan de suivi détaillé pour mesurer le succès du projet au complet se trouve au chapitre 6 du rapport.

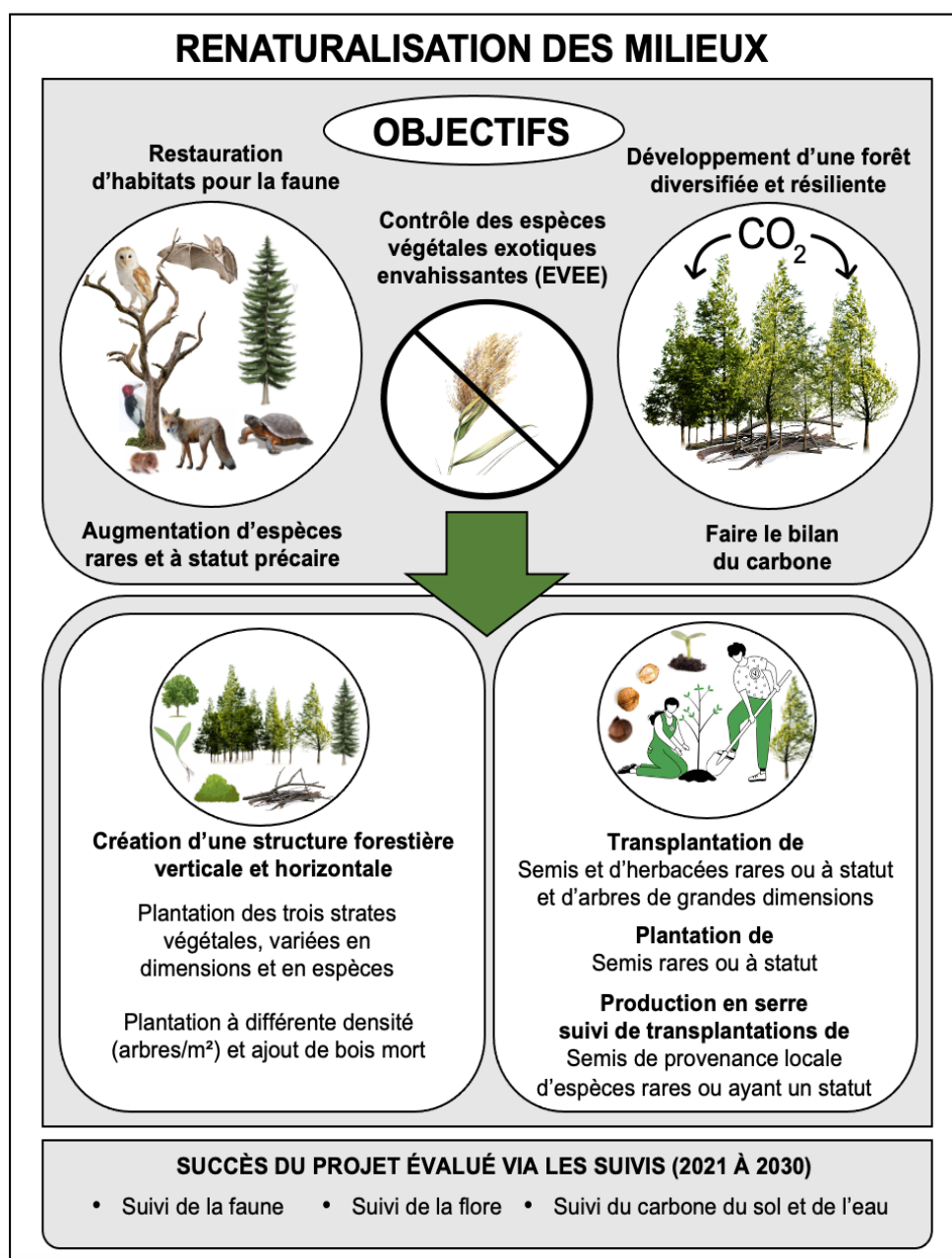


Image 2. Organigramme de la renaturalisation des milieux visés par le projet de compensation

2.2.1. Objectif 1 : Création des habitats propices pour la faune via la création d'une structure forestière verticale et horizontale

Le premier objectif du projet est la restauration d'habitats propices pour la faune via la création d'une structure forestière verticale et horizontale (Image 3). Plusieurs études montrent que la structure forestière et la diversité végétale sont des éléments clés pour augmenter la diversité

spécifique, puisqu'elles créent différentes niches propices pour la faune (Shugart *et al.*, 2010). Cet objectif sera donc réalisé par la transplantation de végétaux rares et à statut précaire avec certaines de leurs espèces accompagnatrices, de patrons de plantations variées en considération de leur rôle au sein de la succession végétale et leur rapidité de croissance (Tableau I), en plus de la création de structures verticales et horizontales diversifiées. Les milieux visés à cet effet incluent les milieux récepteurs et les terres enclavées (Image 1).

La création d'une forêt avec une structure verticale sera composée de différentes strates végétales (herbacées, arbustes et arbres) de différentes dimensions, tailles et d'essences. Combinée à la structure verticale, la création d'une structure horizontale comprenant la répartition du bois au sol, selon sa grosseur, sa densité et sa distribution, sera complémentaire dans l'atteinte de l'objectif visant la création d'habitats pour la faune (Image 2). Ainsi, l'édification de structures diversifiées est des plus importantes afin d'émuler la succession de la forêt et de permettre à la faune, incluant la faune à statut, de recoloniser le site reboisé (*voir Annexe 1*).

Une structure forestière variée sera ainsi créée en élaborant :

- Diverses densités de plantation par parcelle (arbres/m²) ;
- En plantant des semis au taux de croissance et stade successional différent (Tableau I) ;
- En plantant et transplantant des végétaux issus de différentes strates végétales ;
- En transplantant des arbres de gros calibres de différentes tailles (entre 7,5 et 25 cm de DHP) ;
- En transplantant les arbres à différentes configurations soit en groupes ou isolés ;
- En ajoutant du bois mort et des feuilles mortes aux sites.

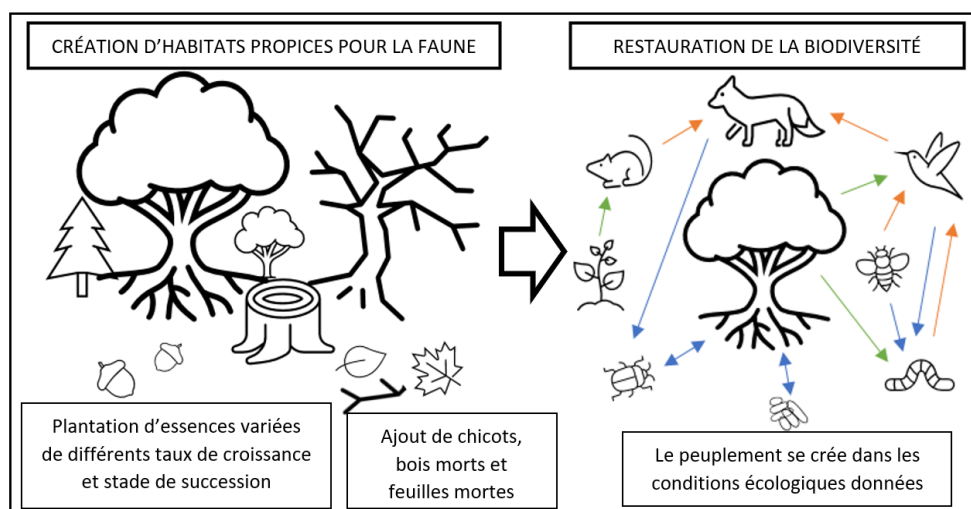


Image 3. Schéma des objectifs du projet visant la création d'habitats propices pour la faune et la restauration de la biodiversité. Les flèches indiquent les différentes interactions possibles entre les espèces animales et végétales.

Tableau I. Liste préliminaire d'espèces arborescentes considérées pour les plantations en fonction de leur rôle au sein de la succession végétale et de leur rapidité de croissance

Taux de croissance	Stade successional		
	Pionnières	Intermédiaires	Fin de succession
Croissance rapide	<i>Alnus rugosa</i> <i>Betula papyrifera</i> <i>Populus deltoides</i> <i>Populus tremuloides</i> <i>Salix sp.</i> <i>Sambucus canadensis</i>	<i>Acer saccharinum</i> <i>Fraxinus americana</i> <i>Fraxinus pennsylvanica</i> <i>Fraxinus quadrangulata</i> <i>Pinus strobus</i> <i>Ulmus americana</i> <i>Ulmus rubra</i>	<i>Tilia americana</i>
Croissance moyenne	<i>Betula nigra</i> <i>Juglans nigra</i> <i>Juniperus virginiana</i> <i>Pinus rigida</i> <i>Prunus serotina</i>	<i>Acer rubrum</i> <i>Betula alleghaniensis</i> <i>Carya cordiformis</i> <i>Celtis occidentalis</i> <i>Fraxinus nigra</i> <i>Quercus rubra</i> <i>Ulmus thomasi</i>	<i>Tsuga canadensis</i> <i>Abies balsamea</i>
Croissance lente	<i>Crataegus crus-galli</i>	<i>Acer saccharum</i> <i>Carpinus caroliniana</i> <i>Carya ovata</i> <i>Juglans cinerea</i> <i>Quercus alba</i> <i>Quercus bicolor</i> <i>Quercus macrocarpa</i>	<i>Acer nigrum</i> <i>Fagus grandifolia</i> <i>Ostrya virginiana</i> <i>Thuja occidentalis</i>

Légende : Les espèces en rouge sont les espèces rares au Québec ou ayant un statut de précarité

Les sites visés pour la restauration font partie de la MRC Brome-Missisquoi et entrent dans la classification écologique 1a et l'unité de paysage 2 — Saint-Jean-Sur-Richelieu. La caractérisation de chacun des immeubles excédentaires du MTQ a été réalisée de manière exhaustive dans le rapport 2. Ainsi, la restauration des milieux est effectuée selon la caractérisation des écosystèmes adjacents et les espèces végétales sélectionnées à cet effet font toutes parties de cette distribution géographique (Tableau I).

Les résultats obtenus via des suivis évalueront comment la création d'une structure diversifiée :

- Est favorable pour augmenter la diversité faunique dans le temps ;
- Affecte la faune différemment selon les structures érigées (structure verticale) et celles présentes au sol (structure horizontale) ;
- Affecte la faune différemment lorsqu'il y a et lorsqu'il n'y a pas de déplacement de legs biologiques¹⁰.

2.2.2. Objectif 2 : Création d'une forêt résiliente via une plantation diversifiée

Le second objectif est le développement d'une forêt résiliente aux changements globaux à venir (changements climatiques, envahissement d'EVEE, montées des eaux, épidémies d'insectes, etc.). Les plantations diversifiées, incluant certaines espèces méridionales comme des noyers (*Juglans sp.*), le chêne blanc (*Quercus alba*), le bouleau noir (*Betula nigra*), le charme de Caroline (*Carpinus caroliniana*), le micocoulier occidental (*Celtis occidentalis*) et le frêne bleu (*Fraxinus quadrangulata*), sont considérées comme un gage d'une meilleure résilience aux changements globaux à venir (Fisher *et al.*, 2006). L'argument étant que, parmi toutes les espèces plantées, plusieurs espèces devraient persister et même prospérer dans les conditions futures, même si d'autres espèces dépérissent et que certaines en meurent.

L'atteinte de cet objectif pourra être réalisée grâce à une plantation qui considère différents designs, incluant :

- Une grande diversité d'espèces végétales issues de différentes strates végétales :

¹⁰ Selon le MFFP, les legs biologiques font partie des aménagements durables des forêts. Ils peuvent être des structures et/ou organismes (terre, litière, strate résiduelle de végétation, chicots, débris ligneux, etc.) pouvant présenter une valeur faunique et pour la biodiversité.

- Des monocultures de petites superficies (disposées en damier) et polycultures allant jusqu'à 5 espèces.
- Des espèces à vitesses de croissance variées, plantées à différents moments :
 - Espèces à croissance lente (fin de succession) plantées avant celles à croissance rapide (début de succession) ;
 - Espèces à croissance rapide suivies par la plantation d'espèces à croissance lente.

En général, les espèces à croissance rapide et lente sont plantées en même temps, où celles à croissance lente (fin de succession) sont plantées en sous-étage des espèces à croissance rapide (début de succession). Cependant, une plantation en deux temps comprenant une plantation initiale d'espèces à croissance lente peut faire en sorte de faciliter leur établissement avant qu'elles ne soient rattrapées en hauteur par les autres arbres à croissance rapide. La plantation d'espèces à croissance rapide peut ensuite être réalisée en les insérant entre les plants à croissance lente, sous des ouvertures de la canopée qui offrent une pleine luminosité.

- Quatre densités sont considérées :
 - Celles recommandées par le MFFP : 625, 850 et 1200 tiges à l'hectare ;
 - Une supérieure aux premières (2000 tiges/ha).

Il est aussi dit que les plantations denses pourraient mieux conserver leurs fonctions écologiques et être plus résistantes face à la compétition avec les EVEE comparativement à une forêt qui est peu dense. Cependant, une forte densité peut aussi exposer une plantation à un plus grand risque de stress hydrique (Thompson *et al.*, 2009 ; Brown & Westaway, 2011).

2.2.3. Objectif 3 : Maintien et augmentation d'espèces végétales rares ou à statut précaire

Afin de répondre à cet objectif, trois démarches seront effectuées. D'abord, des herbacées et des semis d'arbres rares ou à statut précaire (abordées en détail dans le rapport 1), qui auraient été détruits lors de la construction du tronçon routier¹¹, ont été récoltés et transplantés à l'automne 2020 (point 4.2). Des graines (glands, samares, etc.) ont été récoltées à l'intérieur des lieux atteints par la construction routière et seront plantées *ex-situ* (ex.

¹¹ Dans le cas échéant où certaines espèces seraient absentes ou en faible présence (< 10 %) des sites visés pour la récolte, un prélèvement pourrait être fait à partir de colonies existantes situées en territoire non impacté par l'autoroute, à condition que cette action soit soumise et autorisée par le MELCC afin de s'assurer de ne pas mettre en péril ces espèces.

serres, pépinière ou milieu contrôlé à l'extérieur) et *in-situ* (ensemencement direct) pour produire des semis d'arbres d'espèces rares ou à statut précaire qui seront adaptés aux conditions locales. Finalement, des semis d'espèces rares ou à statut précaire issus de serres commerciales seront plantés (voir suggestions en rouge dans le Tableau I).

La disponibilité des graines et des semis d'arbres sera une contrainte logistique en termes d'approvisionnement (ex. les semences d'érables noirs (*Acer nigrum*) n'ont pas été trouvées en 2020). Des graines des espèces ci-dessous ont été récoltées en 2020 :

- Caryer ovale (*Carya ovata*) ;
- Chêne bicolore (*Quercus bicolor*) ;
- Chêne blanc (*Quercus alba*).

De plus, pour participer au maintien et à l'augmentation d'espèces végétales rares ou à statut précaire du secteur, un ensemencement de trèfle vert mélangé pourrait être envisagé dans certains milieux afin d'augmenter les quantités d'azote dans le sol et favoriser leur établissement en plus d'éviter la colonisation par les EVEC sur les terres en friches.

2.2.4. Objectif 4 : Lutte contre les espèces végétales exotiques envahissantes

Plusieurs milieux sont envahis par des EVEC (Chapitre 3). La menace diffère selon l'espèce, mais le roseau commun (*Phragmites australis* subsp. *australis*) a été identifié dans la liste des « 100 espèces exotiques envahissantes les plus néfastes au monde » (Lowes *et al.*, 2000) et est reconnu comme étant l'espèce la plus envahissante en Amérique du Nord (Touglas-Tellier *et al.*, 2015). Il s'agit d'une EVEC nuisible à la biodiversité et elle mérite donc des interventions et méthodes de luttes particulières pour empêcher sa propagation (point 3.1). Nous suivrons et traiterons aussi l'envahissement des lieux par d'autres EVEC qui ont déjà été caractérisées dans le rapport 2. La majorité des EVEC à l'intérieur du site sont retrouvées dans les friches et subiront donc des traitements basés selon leur degré de perturbation. Les friches qui ne sont pas ou moins perturbées seront conservées dans leur état naturel de sorte à conserver les habitats de certaines espèces fauniques à statut (consulter le rapport 2 au besoin).

2.2.5. Objectif 5 : Faire un bilan du carbone

Un autre des objectifs du Ministère quant à la restauration vise à réaliser un bilan du carbone. Le bilan net du carbone des aménagements effectués dans les immeubles excédentaires du MTQ sera donc étudié à travers des suivis dans les différents habitats créés, soit dans les plantations (reboisement),

dans les milieux humides et dans l'habitat du poisson (Chapitre 6). Ces deux derniers milieux, en particulier, ne sont généralement pas évalués lors des différents bilans de la séquestration du carbone des projets du MTQ et mériteraient donc d'être évalués afin de déterminer leurs rôles à des fins de compensation.

Pour ce qui est du reboisement, une plantation d'arbres, d'arbustes et d'herbacées participe généralement à favoriser un bilan carbone positif (Image 4). En effet, la photosynthèse est un procédé permettant aux végétaux d'utiliser le CO₂ atmosphérique afin de construire de la biomasse organique telle que leurs troncs, branches et feuilles. Selon Catanzaro & D'Amato (2019), la photosynthèse est particulièrement efficace pour les arbres âgés de 30 à 70 ans. Ainsi, une plantation d'arbres de différents âges permettrait une combinaison de caractéristiques pertinentes pour optimiser la séquestration et le stockage du carbone. De plus, une plantation d'arbres ayant différents types de croissances à différents moments (point 2.2.2) permettra aussi un stockage du carbone à travers le temps.

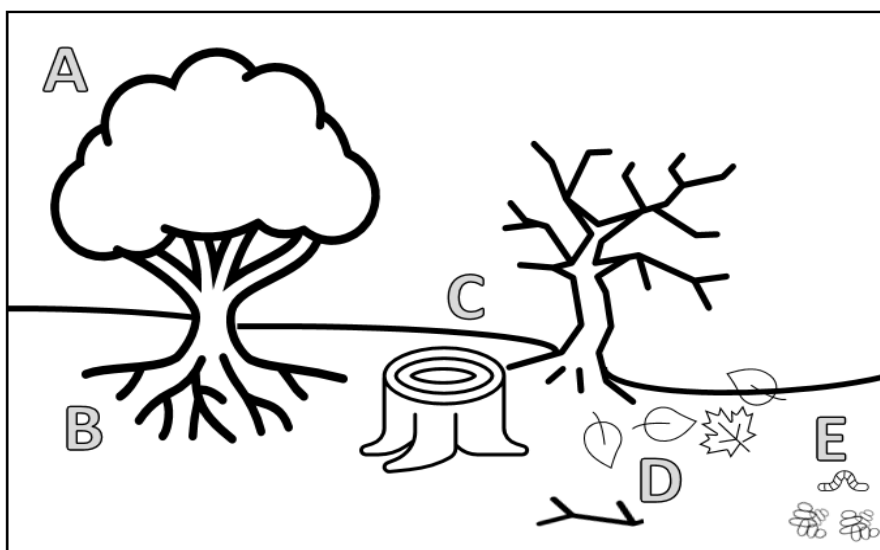


Image 4. Mécanismes pour améliorer la séquestration du carbone dans les écosystèmes forestiers (Catanzaro & D'Amato, 2019). Par ces mécanismes de séquestration, une forêt peut emmagasiner du carbone sous cinq formes : a) dans les parties aériennes des plantes (feuilles, branches et tronc) ; b) dans les parties souterraines des plantes (racines) ; c) dans le bois mort et les chicots présents sur le sol ; d) dans la litière, feuilles mortes, etc. ; e) et dans le sol par la minéralisation du carbone effectuée par les microorganismes.

Selon une étude de Körner (2017), la réserve de carbone dans les sols est environ trois fois plus importante que dans la biomasse terrestre. C'est pourquoi en favorisant les microorganismes du sol qui fixent le carbone et les éléments nutritifs, on favorise indirectement la croissance des végétaux et donc la séquestration du carbone dans la biomasse émergée. Un dialogue

sera mis en place avec les experts du carbone chez le MTQ et les chercheurs de l'UQAM et du TÉLUQ (spécialistes de la pédofaune et des sols) pour définir une stratégie pour mesurer le bilan carbone de tous ces compartiments et donc de faire un bilan global du projet.

Partie 2 — MÉTHODES ET PATRONS

3. LUTTE CONTRE LES ESPÈCES VÉGÉTALES EXOTIQUES ENVAHISSANTES

Les EVEC sont réputées pour leur forte compétitivité, leur capacité de reproduction, leur habileté à s'acclimater dans diverses conditions (luminosité, teneur en eau, nutriments, etc.), pour leur grande capacité de propagation, ainsi que pour la perte de biodiversité qu'elles occasionnent une fois qu'elles sont établies dans un milieu (Haber, 2000 ; Chengxu *et al.*, 2011).

Parmi les EVEC présentes sur les lieux du projet se trouve le roseau commun (*P. australis* subsp. *australis*) (voir Annexe 2). Une fois implantée, cette espèce forme des monocultures très denses pouvant compter plus de 325 tiges par mètre carré (Lavoie, 2008). Au sein des milieux visés par le projet, le roseau commun se retrouve dans le MR7, où il domine, ainsi que dans une partie des terres enclavées. Il est aussi présent en périphérie du MR5B et des terres enclavées adjacentes, en plus d'être présent en talles dans le MR8B et en Zone 9 (Image 5). Au total, le roseau commun occupe une superficie d'environ 2,9 ha, tous milieux compris.

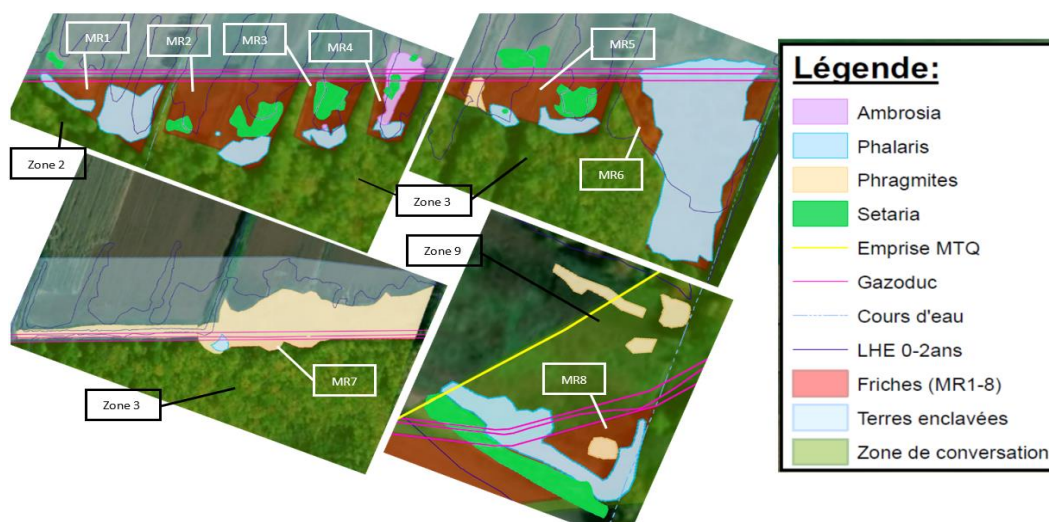


Image 5. Délimitations des espèces végétales exotiques envahissantes dans les milieux récepteurs (Carte complète à l'Annexe 3).

D'autres EVEC sont également présentes dans les milieux (voir Annexes 2 à 7 ; Image 5). Comme abordé dans le rapport 2, même si certaines des EVEC ne sont pas encore officiellement reconnues par le gouvernement, elles sont considérées comme nuisibles et envahissantes par de multiples auteurs et représentent donc une menace potentielle à la biodiversité (Lavoie *et al.*, 2014 ; Fleurs du Québec, 2020). Pour répondre à un des objectifs qui

est de planifier la création d'un écosystème résilient et diversifié, tout en assurant la durabilité de celui-ci, ces espèces, qui sont déjà reconnues comme étant nuisibles, seront contrôlées à l'aide de différents traitements.

3.1. Roseau commun

L'objectif du contrôle du roseau commun dans les secteurs envahis est de l'éradiquer localement lorsque c'est possible, ou bien de limiter et de contenir sa propagation. Pour ce faire, plusieurs traitements sont envisagés, mais leur efficacité reste à tester dans le secteur d'étude.

Plusieurs méthodes font présentement l'objet de projets de recherche dirigés par le Dr Daniel Kneeshaw (UQAM) au Boisé des Terres Noires (BTN) à l'Assomption, ainsi qu'au Ruisseau du feu à Terrebonne. Après 4 ans de traitements au BTN, plusieurs méthodes ont démontré une efficacité pour le contrôle du roseau commun, à savoir : le pliage manuel (1), la coupe sous l'eau (2), le débroussaillage à répétition (3), la scarification (labourage) mécanique du sol (4), la pose de membrane géotextile (bâchage) (5) et finalement la création d'un couvert forestier par la plantation de végétaux (6) (voir *Annexe 8*). Certaines de ces méthodes peuvent dans quelques cas être efficaces seules, mais la clé du succès repose généralement dans la répétition et/ou la combinaison de plusieurs d'entre elles.

Les méthodes employées pour le roseau commun diffèrent légèrement de celles employées pour contrer la propagation des autres espèces nuisibles. En outre, la pose de membrane de géotextile sera exclusivement utilisée pour traiter les populations de roseau commun, qui sont réputées comme étant coriaces à contenir. Également, suivant les épisodes de coupes et de scarification du sol, il faudra porter une attention particulière à bien se débarrasser des tiges de roseau commun et des morceaux de rhizomes afin d'éviter la propagation de l'espèce ailleurs. En ce même sens, un nettoyage de l'équipement et/ou de la machinerie utilisé sur le site peut aussi s'avérer nécessaire afin de prévenir la propagation.

3.2. Autres espèces nuisibles

Un pliage manuel (1), un débroussaillage à répétition (3), une scarification mécanique du sol et du réseau racinaire (4) suivi d'une plantation d'arbres (6), pourraient permettre de lutter efficacement contre les autres EVEC présentes en limitant leur propagation et en minimisant ainsi leur impact négatif sur la biodiversité du site. Les méthodes envisagées selon les espèces et les secteurs sont disponibles à l'Annexe 8.

4. PATRONS D'AMÉNAGEMENT ET DE PLANTATION SUGGÉRÉS

Les sections suivantes donnent plus de détails sur les approches prévues pour les lecteurs intéressés.

Les patrons de reboisement s'inscrivent dans une démarche d'aménagement écosystémique et sont inspirés des écosystèmes avoisinants en considérant les essences qui y sont présentes, leurs dimensions, ainsi que la densité forestière observée. Le tout est élaboré dans le but de maximiser la diversité structurale de la végétation, afin de favoriser la diversité spécifique de la région. Les patrons de reboisement visent donc ultimement à encourager l'utilisation des lieux par la faune de la région et celle à statut précaire, en plus de secondariser un bilan positif (séquestration) du carbone.

Une élaboration de patrons de plantations diversifiées permettra une expérimentation des types de cultures, des densités et des structures étant les plus efficaces dans l'atteinte de nos objectifs. De plus, certaines friches seront conservées, alors que d'autres, si elles sont envahies par les EVEC, subiront des traitements (point 4.1) avant les plantations. Suite aux suivis annuels (Chapitre 6), des ajustements pourront être effectués afin de s'assurer du succès des objectifs.

4.1. Aménagements

L'aménagement des sites permettra de réduire l'impact négatif que pourraient avoir certaines contraintes sur le succès de nos plantations, notamment la présence d'EVEC et le caractère inondable des lieux.

- *Aménagement en présence d'EVEC* : Les endroits ayant une présence d'EVEC auront besoin d'interventions pour lutter contre leur propagation et pour assurer le succès de nos plantations. La sélection du ou des traitement(s) approprié(s) se fera en fonction des EVEC présentes dans un milieu et se fera préalablement à la plantation (Image 5). Pour les méthodes de lutte qu'il est possible d'employer contre chacune des EVEC présentes dans les différents milieux, se référer à l'Annexe 8.
- *Aménagement en secteur inondable* : Pour les plantations se trouvant dans des milieux localisés à l'intérieur de la zone d'inondation de 0-2 ans et où les sols sont saturés en eau pour une partie de l'année (Image 6), un aménagement précédent la plantation pourra être réalisé. Par exemple, le MR8B est facilement accessible

pour la machinerie lourde par la route et un aménagement du sol est actuellement visé pour 2021 afin de minimiser les possibilités de choc hydrique chez les nouveaux plants et ainsi favoriser leur survie (point 5.2). Pour ce faire, un aménagement comprenant la création de monticules est envisagé, ce qui permettra de surélever les arbres et de garder la cime des plus petits arbres hors de l'eau jusqu'à ce qu'ils grandissent. Le système racinaire sera aussi davantage au sec, ce qui permettra d'éviter qu'il ne pourrisse (Löf *et al.*, 2006). L'aménagement de ces monticules devra faire l'objet d'un certificat d'autorisation de la part du MELCC, considérant qu'il s'agit d'une intervention dans une zone littorale. Ceux-ci seront effectués à partir du milieu initial, et donc, sans ajout de remblai. Finalement, les monticules créés s'effondrent normalement avec le temps et la topographie du site revient à la normale après 5 à 10 ans, ce qui offre un délai respectable pour l'acclimatation des arbres au milieu.

Cet aménagement de monticules pourra également être répété en 2022 au sein des terres enclavées dont une grande superficie se trouve sous la ligne des hautes eaux (LHE) (point 5.3). La création des monticules est très efficace dans les endroits ayant des périodes avec trop d'eau et permettrait la création d'une forêt typique des plaines d'inondations.



Image 6. Secteur inondable près du MR8. Le ruisseau Bellefroid-Archambault, adjacent aux champs agricoles, démontre des fluctuations hydriques importantes. Cette photo a été prise au mois de novembre 2020.

Finalement, un aménagement s'effectuant durant la plantation, ou après celle-ci, comprend dans la mesure du possible un apport en legs biologiques qui pourra être réalisé de sorte à créer des habitats pour la faune et favoriser les processus écologiques de l'écosystème.

4.2. Transplantations

Des espèces d'herbacées et d'arbres rares et à statut précaire qui étaient localisées à l'intérieur du tracé du futur tronçon routier ont été récoltées à l'automne 2020 afin d'être transplantées vers des milieux récepteurs propices (rapport 1). Ces milieux récepteurs sont situés principalement dans des friches (MR1 à MR7 et MR8B), mais aussi en partie dans une ancienne terre agricole (MR8A) (les MR sont en rouge sur l'image 1). D'autres transplantations d'espèces rares et à statut précaire seront à venir en 2021 suivant une recherche des espèces manquantes lors de l'inventaire 2020. Pour l'instant, des transplantations ont eu lieu dans le [*Information sensible*].

Puisque le MR8A est situé en bordure du chemin Molleur, cela le rendait facilement accessible par la route, ce qui était idéal pour l'accès de machinerie lourde. Ainsi, en plus des semis d'arbres rares et à statut précaire récoltés, des arbres de gros calibres (entre 7,5 et 25 cm de DHP) (voir Annexe 9) ont été récoltés à l'aide d'une transplanteuse et transplantés à l'intérieur du MR8A. Cette transplantation d'arbres de tailles différentes avait pour but de créer rapidement une structure forestière diversifiée et accueillante pour la faune.

Ce chapitre aborde donc les transplantations ayant été effectuées en 2020, incluant les patrons de plantations réalisés ainsi que ceux à venir dans les prochaines années, notamment dans MR8B et dans les terres enclavées (Chapitre 5)

4.2.1. Transplantation d'herbacées rares et à statut précaire

La transplantation des herbacées rares ou à statut précaire fut basée sur leur disponibilité dans les milieux allant être détruits par la construction de l'autoroute. Les patrons de plantations pour ces espèces ont été déterminés en fonction de la superficie disponible dans les milieux récepteurs convenant à leurs besoins. Différentes densités ont été expérimentées lors de la transplantation des herbacées à l'intérieur de quadrats de 1 m (Tableau II). Également, trois quadrats expérimentaux ont été réalisés afin de pouvoir comparer l'effet des colonies en monoculture de celles en polycultures. À la suite des suivis, le succès des différents patrons sera évalué afin de produire des recommandations concernant la transplantation générale et pour certaines espèces en particulier (à venir dans le rapport final de 2021).

Tableau II. Essence et densité des transplantations d'herbacées rares ou à statut

Espèces rares ou à statut	Nombre de plants récoltés	[Information sensible]	[Information sensible]	[Information sensible]	[Information sensible]
<i>Asarum canadense</i>	156	2 Q x 5 ind. 1 Q x 10 ind.	5 Q x 2 ind.	2 Q x 5 ind. 1 Q x 10 ind.	15 Q x 1 ind. 2 Q x 5 ind. 1 Q x 10 ind.
<i>Carex typhina</i>	50	2 Q x 5 ind.	5 Q x 1 ind. 1 Q x 5 ind.	N/A	3 Q x 10 ind.
<i>Iris virginica</i>	124	5 Q x 2 ind. 2 Q x 5 ind. 1 Q x 10 ind.	N/A	N/A	10 Q x 1 ind. 4 Q x 5 ind. 4 Q x 10 ind.
<i>Matteuccia struthiopteris</i>	71	N/A	5 Q x 1 ind. 1 Q x 5 ind.	1 Q x 5 ind. 1 Q x 10 ind.	5 Q x 1 ind. 2 Q x 5 ind. 1 Q x 10 ind.
<i>Sanguinaria canadensis</i>	88	2 Q x 5 ind. 1 Q x 10 ind.	5 Q x 2 ind.	2 Q x 5 ind. 1 Q x 10 ind.	15 Q x 1 ind. 2 Q x 5 ind. 1 Q x 10 ind.
<i>Trillium grandiflorum</i>	22	N/A	N/A	N/A	7 Q x 1 ind. 3 Q x 5 ind.
Quadrat expérimental 1 (2m²)	48	N/A	N/A	N/A	48 Asarum
Quadrat expérimental 2 (1m²)	26	N/A	N/A	N/A	3 Sanguinaria 23 Asarum
Quadrat expérimental 3 (2m²)	45	N/A	N/A	N/A	21 Matteuccia 24 Iris
TOTAL IND.	511	80	40	55	336

Légende : Le premier chiffre sous les MR est le nombre de quadrats (Q) de 1 m², le second chiffre représente le nombre d'individus (ind). Les MR peuvent être visualisés aux annexes 10 et 11.

4.2.2. Transplantation de semis d'arbres rares et à statut précaire

Comme pour les herbacées, les semis d'arbres rares et à statut précaire ont été récoltés dans des sites se trouvant à l'intérieur de la trajectoire du futur tronçon routier. Pour la transplantation des semis en 2020, seulement deux espèces ont été récoltées et transplantées dans un milieu récepteur (le MR1B) localisé dans les friches (Tableau III). L'inaccessibilité par la route pour accéder aux friches impliquait une difficulté logistique non négligeable

concernant la transplantation générale du côté est de la rivière aux Brochets (Image 1). La transplantation des semis dans les friches a donc dû être effectuée à la main après avoir traversé la rivière à l'aide d'une embarcation. Cette contrainte vécue dans une fenêtre de temps réduite a donc compromis le nombre de semis ayant été transplantés à l'automne 2020.

Tableau III. Essence et densité des transplantations de semis d'arbres rares ou à statut

Espèces rares ou à statut	MR1B (1 ind./m²)
<i>Carya ovata</i>	5 ind.
<i>Quercus bicolor</i>	20 ind.
TOTAL IND.	25 ind.

Légende : * ind. = individus de moins de 30 cm à 1 m de hauteur

Malgré cette période de temps réduite, des semis d'arbres rares et à statut précaire ont pu être transplantés plus tardivement dans le MR8A qui était accessible par la route du côté ouest de la rivière aux Brochets (Tableau IV). Qui plus est, d'autres semis rares et à statut précaire seront transplantés dans les milieux récepteurs et les terres enclavées (milieu de compensation) durant les années à venir afin de promouvoir l'atteinte des objectifs ministériels. Les contraintes de logistiques de transports seront abordées dans le rapport final, incluant des recommandations pour le futur du projet.

4.2.3. Transplantation de grands arbres et arbustes

La transplantation de grands arbres a eu lieu exclusivement dans le MR8A, puisqu'il s'agit de la seule zone accessible par la route pour la machinerie lourde¹². Les arbres ont, comme pour les herbacées et semis, été récoltés dans des sites se trouvant à l'intérieur du tracé du futur tronçon routier. Au moment de la récolte des arbres par la transplanteuse, peu d'espèces rares ou à statut précaire se trouvaient sur son passage ou en bordure de chemin. Ainsi, à l'exception de quelques chênes bicolores et d'un caryer ovale, seulement des individus d'espèces accompagnatrices d'espèces rares ou à statut précaire furent récoltés (voir Annexe 9).

Les transplantations ont été réalisées en considération d'un patron de plantation préétabli, basées sur deux types de structures issues de méthodes utilisées en foresterie de rétention (Gustafsson *et al.*, 2020), soit :

¹² La transplantation d'arbres matures et de grandes dimensions fut effectuée par une transplanteuse, soit une machine spécialisée montée sur un camion de 10 roues de plus de 17 tonnes. Il faut donc une route et/ou un sol compact pour qu'il puisse se déplacer.

des individus regroupés et des individus isolés (Tableau IV). La dimension des arbres a aussi été prise en compte de sorte à créer une structure verticale complexe. Au total, 31 individus récoltés par la transplanteuse ont été transplantés à l'intérieur des parcelles du MR8A, et 16 semis ont été récoltés à la main puis transplantés, incluant 9 semis d'espèces rares ou à statut précaire.

Tableau IV. Essences et densités des transplantations dans les parcelles (P) du MR8A

Parcelle	Espèce	DHP (cm)	Hauteur	Densité
P1 (Individuels) n=7	Arbres isolés			1,75 arbre/ 100 m²
	Ulmus americana	14,7	10,9 m	
	Acer saccharinum	16,2	12,8 m	
	Populus deltoides	N/A	1,32 m	
	Populus tremuloides	N/A	4,7 m	
	Salix sp.	N/A	3,8 m	
	Populus deltoides	N/A	1,7 m	
	Ulmus americana	16,8	9,7 m	
P2 (Groupes) n=9	Groupe arbres			2,25 arbre/ 100 m²
	Acer saccharinum	19,7	11 m	
	Fraxinus pennsylvanica	N/A	2,7 m	
	Quercus bicolor	N/A	1,5 m	
	Acer saccharinum	9	5,3 m	
	Groupe arbres/arbustes			
	Cornus stolonifera	N/A	1,9 m	
	Cornus stolonifera	N/A	2,3 m	
	Acer saccharinum	N/A	5,4 m	
	Quercus bicolor	N/A	0,4 m	
	Salix x fragilis	13,1	9,6 m	
	P3 (Individuels) n=7	Arbres isolés		
Populus deltoides		N/A	0,91 m	
Crataegus sp.		8,3	5,9 m	
Ulmus americana		15,7	12,3 m	
Salix sp.		20	7,8 m	
Populus deltoides		N/A	0,98 m	
Quercus bicolor		N/A	2,8 m	
Fraxinus pennsylvanica		24,9	12,1 m	

Parcelle	Espèce	DHP (cm)	Hauteur	Densité
P4 (Individuels) n=7	Arbres isolés			1,75 arbre/ 100 m²
	Alnus rugosa	N/A	5,4 m	
	Populus deltoides	N/A	1,29 m	
	Ulmus americana	13,4	8,4 m	
	Populus deltoides	N/A	2,6 m	
	Salix sp.	N/A	4,6 m	
	Fraxinus americana	N/A	9,7 m	
	Ulmus americana	15	9,6 m	
P5 (Groupes) n=9	Groupe arbres			2,25 arbre/ 100 m²
	Acer saccharinum	N/A	3,7 m	
	Fraxinus pennsylvanica	12,9	10 m	
	Quercus bicolor	N/A	0,88 m	
	Carya ovata	N/A	0,31 m	
	Groupe arbres/arbustes			
	Crataegus sp.	6,7	7,2 m	
	Cornus stolonifera	N/A	2,6 m	
	Fraxinus pennsylvanica	N/A	2,5 m	
	Quercus bicolor	N/A	2,7 m	
	Quercus macrocarpa	N/A	1 m	
	P6 (Groupes) n=8	Groupe arbres		
Acer saccharinum		18,3	15,3 m	
Fraxinus pennsylvanica		14,2	8,1 m	
Quercus bicolor		N/A	2,2 m	
		N/A	2 m	
Groupe arbres/arbustes				
Cornus stolonifera		N/A	3,3 m	
Quercus bicolor		N/A ¹³	0,39 m	
Acer saccharinum		13,3	12,1 m	
Crataegus sp.		13,9	8,1 m	

¹³ Les valeurs manquantes correspondent aux individus arborescents de DHP < 7,5 cm. Comme ils étaient trop petits, nous ne les avons pas considérés pour les mesures de DHP.

4.3. Plantations à partir de 2021

Les plantations qui débiteront en 2021 seront effectuées à partir de semis provenant de pépinières, mais aussi de semis d'espèces rares ou à statut précaires qui auront été produits à partir de graines récoltées localement en 2020. Différents types de patrons de plantation seront alors expérimentés, divergents en espèces, en niveaux de succession et en vitesse de croissance, ainsi qu'en dimensions et en densités. Cette diversité végétale et structurelle permettra l'optimisation d'une succession rapide et résiliente de la nouvelle forêt, tant au point de vue floristique que faunique à l'intérieur des différentes zones traitées (Fisher *et al.*, 2006).

À l'intérieur du secteur inondable (voir LHE sur l'image 1 et le rapport 2 pour les détails), la plantation de semis d'espèces tolérantes au stress hydrique sera favorisée pour tous les types de patrons. Dans le tableau V, les espèces considérées pour la renaturation ont été catégorisées selon deux critères : leur niveau de succession (pionnières, intermédiaires, ou fin de succession) et leur caractère de tolérance aux sols saturés en eau, soit les espèces hydrophytes qui sont adaptées aux milieux humides (Bazoge *et al.*, 2014). Parmi les autres espèces, catégorisées comme des « essences de milieux forestiers », certaines peuvent tout de même se retrouver dans des milieux humides et donc tolérer des conditions avec un certain niveau d'humidité selon les moments de l'année.

Tableau V. Catégorisation des différentes essences en fonction de leur rôle au sein de la succession végétale et de leur caractère hydrophile

Type d'espèce	Essences pionnières	Essences intermédiaires	Essences de fin de succession
Essences de milieux humides	<i>Alnus rugosa</i> <i>Betula nigra</i> <i>Populus deltoides</i> <i>Salix sp.</i> <i>Sambucus canadensis</i>	<i>Acer rubrum</i> <i>Acer saccharinum</i> <i>Fraxinus nigra</i> <i>Fraxinus pennsylvanica</i> <i>Quercus bicolor</i> <i>Ulmus americana</i>	<i>Thuja occidentalis</i>
Essences de milieux forestiers	<i>Betula papyrifera</i> <i>Crataegus crus-galli</i> <i>Juglans nigra</i> <i>Juniperus virginiana</i> <i>Pinus rigida</i> <i>Populus tremuloides</i> <i>Prunus serotina</i>	<i>Acer saccharum</i> <i>Betula alleghaniensis</i> <i>Carpinus caroliniana</i> <i>Carya cordiformis</i> <i>Carya ovata</i> <i>Celtis occidentalis</i> <i>Fraxinus americana</i> <i>Fraxinus quadrangulata</i> <i>Juglans cinerea</i> <i>Pinus strobus</i> <i>Quercus alba</i> <i>Quercus macrocarpa</i> <i>Quercus rubra</i> <i>Ulmus rubra</i> <i>Ulmus thomasi</i>	<i>Abies balsamea</i> <i>Acer nigrum</i> <i>Fagus grandifolia</i> <i>Ostrya virginiana</i> <i>Tilia americana</i> <i>Tsuga canadensis</i>

Légende : Les espèces en **rouge** sont les espèces rares au Québec ou ayant un statut de précarité

4.3.1. *Patrons temporaux*

Dans une partie des terres enclavées, nous comptons tester deux patrons divergents en séquences de plantations temporelles et comportant des individus à différents niveaux de succession (point 2.2.2). Le premier patron (1) sera une plantation de semis de fin de succession, suivie d'une seconde plantation deux ans plus tard avec des espèces intermédiaires et, trois ans après, par la plantation d'espèces pionnières. Le deuxième patron (2) sera l'inverse du premier patron (1) (Tableau VI). Ainsi, le patron #2 simulera la succession naturelle tandis que le patron #1 pourrait créer des conditions forestières typiques plus rapidement.

Tableau VI. Séquence temporelle des différents patrons de plantation des terres enclavées

	2022	2024	2027
Patron #1	Espèces de fin de succession	Espèces intermédiaires	Espèces pionnières
Patron #2	Espèces pionnières	Espèces intermédiaires	Espèces de fin de succession

Les espèces pionnières ont généralement une croissance rapide, ce qui fait en sorte qu'elles captent rapidement le carbone atmosphérique (CO₂) sur le court terme, et permettent une fermeture de la canopée relativement rapide (Gauthier-Éthier, 2013). Cependant, utilisées seules, les espèces pionnières (croissance rapide) ne suffiraient pas à restaurer une forêt typique de la région (souvent dominée par les espèces de fins de succession) (Formi, 2005). Cela s'avère particulièrement vrai dans la cadre de ce projet, puisque l'ampleur et la localisation des terres enclavées (entre des friches agricoles et la route) permettent peu d'apports en graines en provenance d'une forêt adjacente. C'est pourquoi des patrons temporaux impliquant des espèces pionnières, intermédiaires et de fin de succession sont à envisager. En effet, les espèces de fins de succession croissent généralement plus lentement et leur établissement est plus graduel que celui des espèces pionnières (Nappi & Poulin, 2013). Néanmoins, elles possèdent un bois plus dense et sont dotées d'une plus grande longévité, ce qui leur permet de séquestrer plus de carbone en plus de fournir un habitat faunique plus persistant que les espèces à croissance rapide sur le long terme (Nappi & Poulin, 2013 ; Gauthier-Éthier, 2013). Un mélange d'espèces de différents stades successionnels permettra donc de créer une structure forestière diversifiée qui aura des retombées positives pour la faune.

Le succès des deux patrons par leur dynamique successive sera mesuré à travers les suivis du carbone, de la faune et de la flore (Chapitre 6).

4.3.2. *Patrons de composition*

À l'intérieur des zones traitées, différents patrons de composition d'arbres et d'arbustes seront étudiés : des patrons de polycultures et, dans une moindre mesure, des patrons de monocultures. Les patrons de monocultures serviront principalement de témoin aux patrons de polycultures et ne comporteront qu'une seule espèce par parcelle (la taille des parcelles sera abordée dans le rapport final). Alors que les patrons de polycultures regrouperont entre deux à cinq espèces différentes dans une même parcelle.

Les patrons de composition seront basés sur les traits fonctionnels des espèces ainsi que les groupements taxonomiques (conifères/feuillus). Par exemple, pour les parcelles de polycultures à deux espèces seulement, les individus seront plantés en damiers. Pour celles avec un plus grand nombre d'espèces, les individus auront toujours comme voisin une espèce différente. Finalement, pour ce qui est des parcelles de monocultures, celles-ci auront toujours une parcelle de monoculture composée d'une espèce différente à ces côtés, reproduisant encore un patron en damier (Image 7). Ces patrons de composition permettront de comparer les résultats des monocultures et polycultures à deux échelles différentes, soit à l'échelle des parcelles et à l'échelle des individus se trouvant à l'intérieur des parcelles.

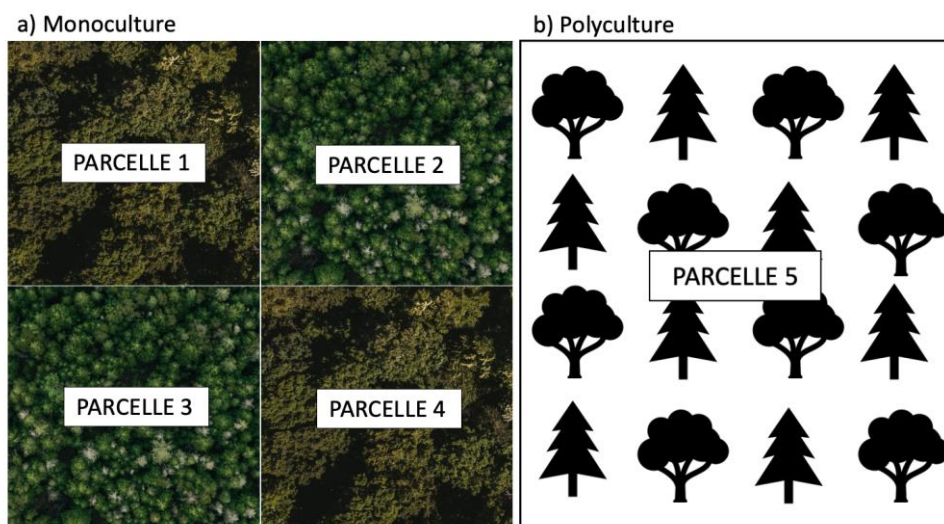


Image 7. Représentation des patrons de composition en damier à l'échelle de la parcelle (à gauche) et à l'échelle de l'individu (à droite).

4.3.3. *Patrons de densité*

Les patrons de différentes densités permettent de développer différentes structures au sein des milieux. L'utilisation de ces patrons par la faune en plus de la résistance des plants face aux épidémies de ravageurs sera étudiée et les patrons ayant le plus de succès seront reproduits à plus grande échelle. Les expériences sur les espèces mentionnées au tableau V pourront être répétées selon différentes densités et ce à différentes échelles. Par exemple :

- Plantations de 625, 850 et 1200 tiges/ha ;
- À l'échelle des parcelles :
 - Certaines parcelles plantées à faible densité (ex. : 625 tiges/ha) ;
 - Certaines parcelles plantées à forte densité (ex. : 2000 (et/ou plus) tiges/ha).

D'autres patrons de densités pourront également être considérés. Notamment selon les expérimentations qui seront faites et en considération des mortalités qui auront lieu. Les densités de plantation seront donc choisies en fonction des questions de recherches, du type de milieu présent et en fonction du but recherché pour l'expérimentation.

4.3.4. *Patrons d'atténuation acoustique pour la faune*

Les chercheurs spécialistes des volets de recherche sur l'avifaune, l'herpétofaune et les chiroptères ont identifié l'environnement sonore en tant qu'élément à étudier et expérimenter dans le contexte de création d'habitats, et ce, même malgré le faible débit de circulation qui soit prévu pour l'autoroute 35. Cette voie routière sera principalement une route commerciale empruntée par des poids lourds et la construction du nouveau tronçon et de sa circulation seront inévitablement accompagnés de bruits et de vibrations potentiellement dérangeantes à des moments critiques de l'année. En effet, le bruit a le potentiel de nuire à la communication de certaines espèces fauniques, incluant l'avifaune, l'herpétofaune et les chiroptères (Vehrencamp & Bradbury, 1998) surtout durant la période d'appariement et de reproduction (Rheindt, 2003 ; Dutilleux, 2012). De plus, les bruits et les vibrations de véhicules lourds peuvent aussi réduire l'efficacité de communication des alertes de prédateurs ou d'autres dangers pour les mammifères se trouvant à proximité de la route (Slabbekoorn & Ripmeester, 2008). Certaines parcelles des milieux de compensation se trouvant à proximité du tracé de l'autoroute seront aménagées avec des patrons à forte densité de plantation dans le but de réduire les répercussions sonores pour la faune, et ce, en rappelant l'impact que peut avoir même un changement minime du portrait acoustique.

Afin de limiter ces conséquences sur la faune, l'élaboration de parcelles plantées à haute densité composées de différents sous-étages permettra de

créer une atténuation du bruit et des vibrations entre la route et les habitats de la faune. Ainsi, des rangées d'arbres, d'arbustes et d'herbacées de différentes espèces et dimensions seront plantées à certains endroits stratégiques, entre l'autoroute et les zones de plantations à l'intérieur des terres enclavées. Les arbres et arbustes ayant des feuilles de forte dimension et une canopée dense seront favorisés, pour atténuer les répercussions sonores en provenance de la route (Slabbekoorn & Ripmeester, 2008). La plantation de conifères est aussi envisagée afin de conserver un effet d'atténuation durant l'hiver pour les espèces fauniques résidentes.

En somme, parmi les espèces à favoriser (*voir Annexe 12*) pour maximiser l'atténuation du bruit et des vibrations, les patrons de plantation doivent comporter :

- Des essences d'arbres et d'arbustes à grosses feuilles (érables, chênes, tilleuls, caryers, etc.) et des essences à forte densité de branches et de feuilles (saules, peupliers, cornouillers, etc.) :
 - Offrent une atténuation sonore efficace.
- Des herbes et herbacées de différentes hauteurs :
 - Renforcent la densité de plantation.
- Des conifères (sapins, épinettes, thuyas, pins) :
 - Offrent une atténuation sonore toute l'année.

Deux stratégies sont proposées pour minimiser les répercussions sonores. La première stratégie (1) comprend une plantation de conifères, derrière laquelle une plantation de feuillus mixte (arbres et arbustes) et d'herbacées sera effectuée. La seconde stratégie (2) comporte un patron de plantation mélangée de feuillus mixtes et conifères en différentes strates végétales (arbres, arbustes et herbacées). Ces deux stratégies seront appliquées sous la recommandation des chercheurs associés de façon à cibler les parcelles les plus appropriées pour minimiser, dans la mesure du possible, les impacts potentiels sur la faune.

L'efficacité de ces stratégies visant une atténuation des répercussions acoustiques serait évaluée de façon spécifique lors des suivis de la faune. Nous évaluerons directement le bruit sonore à différents moments charnières durant l'année, soit en fonction des saisons et du moment dans la journée (saison de reproduction et pour les chants d'appariements) et aussi l'effet sur le succès de reproduction et de population d'oiseaux et autres organismes (Chapitre 6).

4.3.5. *Patrons d'aménagement des legs biologiques*

L'aménagement des legs biologiques se fait durant la plantation ou post-plantation. Ces patrons d'aménagement sont considérés de façon à reproduire des caractéristiques retrouvées en milieux naturels adjacents possédant une diversité fonctionnelle favorable à accélérer la succession (des microorganismes, champignons, végétaux) et l'utilisation par la faune (Aerts & Honnay, 2011). Les legs biologiques sont composés de :

- Terre, litière et/ou paillis :
 - Favorise les microorganismes (bactéries, mycorhizes, micros, mésos et macrofaune, etc.).
- Feuilles mortes :
 - Permet la formation d'un humus riche.
- Bois mort de différentes tailles :
 - Petits morceaux de bois mort (copeaux) : permettent la formation d'un humus riche et de créer des microhabitats pour la petite faune ;
 - Branches de différentes dimensions : habitats importants pour plusieurs espèces fauniques (mésafaune) ;
 - Gros billots de bois mort : permettent de créer des habitats propices pour la faune et l'établissement des arbres.

Ces legs biologiques seront récoltés dans les écosystèmes avoisinants et dans des sites se trouvant sur la trajectoire du futur tronçon routier. À l'intérieur de milieux perturbés, soit par l'agriculture soit par des EVEC, des parcelles sélectionnées recevront une distribution de legs biologiques (75 %), alors que d'autres de ces parcelles perturbées demeureront telles quelles (25 %). Cette stratégie permettra de comparer les effets observés par l'ajout de legs biologiques avec nos parcelles témoins.

4.3.6. *Exemples de patrons*

Traitements étudiés dans le MR8A

- Transplantation d'arbustes et d'arbres matures de gros calibres (entre 7,5 et 25 cm de DHP) :
 - Transplantation d'arbres de gros calibre ;
 - Plantation d'arbustes et de semis d'arbres diversifiés et à densité variée à travers les grands arbres (Tableau I).

- Structure :
 - Utilisation de patrons regroupant des arbres, des arbres et arbustes, ainsi que des patrons d'arbres isolés ;
 - Ajout de legs biologiques au sol (matière organique, bois mort de différents calibres).

- But :
 - Créer rapidement une structure verticale similaire à une forêt mature.

Traitements étudiés dans le MR8B

- Plantation de semis d'arbres à croissance rapide et lente (Tableau I).

- Structure :
 - Regroupement d'arbres, d'arbres et arbustes, et arbres isolés ;
 - Ajout de legs biologiques au sol (matière organique, bois mort de différents calibres).

- But :
 - Créer une structure verticale sur le long terme avec des arbres de différentes grosseurs, hauteurs et stades de succession.

5. SÉQUENCE DES TRAVAUX

La séquence des travaux pour les transplantations, l'aménagement des sites, de lutte contre les EVEC, les plantations ainsi que le plan d'entretien, a été envisagée sur une échelle de 10 ans. La séquence de plantation sur multiples années et le suivi conséquent permettront une réhabilitation et une renaturalisation des lieux propices pour la faune. Les résultats obtenus via les suivis (Chapitre 6) permettront d'apporter des ajustements en cours de route aux milieux, soit en modifiant la séquence des travaux, afin de contribuer au mieux au succès du projet.

5.1. Travaux effectués en 2020

- Caractérisation des milieux (Image 1 et rapport 2) :
 - Milieux récepteurs ;
 - Milieux de conservation ;
 - Milieux de compensation (terres enclavées, incluant l'habitat du poisson).
- Échantillonnage :
 - Échantillonnage des sols dans tous les milieux et des eaux de surface (rivière en amont et en aval du site et à l'embouchure des ruisseaux) pour un bilan carbone complet (terrestre et aquatique).
- Aménagements :
 - MR8A : ajout de bois mort, de branches et matière organique.
- Plantations :
 - MR8A : Transplantation de gaules, de grands arbres et d'arbustes en patrons regroupés et isolés (Tableau IV) ;
 - MR1 à 7 : Transplantation d'herbacées et de semis rares ou à statut précaire (voir Annexe 13).

5.2. Travaux à venir (2021)

- Aménagements :
 - Milieux récepteurs et milieux de compensation : ajout de bois mort et matière organique déterminés en fonction des patrons de plantation.
- Traitements pour les EVEC :
 - Mise en place des protocoles de lutte selon les contraintes des milieux (voir Annexe 8).
- Plantations :
 - Croissance *ex-situ* et *in-situ* : plantation des graines d'arbres rares ou à statut local ;
 - Milieux récepteurs ou de conservation : Transplantation d'herbacées rares ou à statut précaire ¹⁴ ;

¹⁴ Nouvelle recherche prévue pour trouver les espèces manquantes en 2020 et les transplanter (si présentes). Autrement, une approche de transplantation avec faible prélèvement (ex. : 10 %) à partir de colonies existantes situées en territoire non impacté par l'autoroute sera proposée au MELCC afin de ne pas perturber les populations présentes.

- MR8A : Semis d'arbres et d'arbustes plantés à densités variées en sous-étage des grands arbres transplantés en 2020 ;
- MR8B : Semis d'espèces tolérantes aux milieux humides (ex. FACH) à croissance rapide et lente plantés à densités variées sur monticules qui vont être créés.

5.3. Travaux en 2022

- Aménagements :
 - Milieux récepteurs et milieu de compensation : ajout de bois mort et matière organique sur des parcelles déterminées en fonction des patrons de plantation (si nécessaire) ;
 - Terres enclavées (situées en zone d'inondation 0-2 ans) : création de monticules et apport de legs biologiques (seulement si le terrain et les autorisations le permettent).
- Traitement pour les EVEE :
 - Continuité du protocole de lutte selon les contraintes des milieux (*voir Annexe 8*).
- Plantations :
 - Milieux récepteurs et de compensation : plantation des semis provenant de croissances *ex-situ* ¹⁵ ;
 - Terres enclavées : Plantation des patrons temporaires, de densité et de composition en fonction de l'ordre déterminé.

5.4. Travaux en 2023

- Aménagements :
 - Milieu de compensation : ajout de bois mort et matière organique en fonction des patrons de plantation (si nécessaire).
- Traitement pour les EVEE :
 - Continuité du protocole de lutte selon les contraintes des milieux (*voir Annexe 8*).
- Plantation :

¹⁵ Dont des semis d'espèces rares ou à statut dont les graines ne peuvent être récoltées localement.

- Terres enclavées : suite de la plantation des patrons de densité et de composition.

5.5. Travaux en 2024 et 2027

- Traitement pour les EVEC :
 - Continuité du protocole de lutte selon les contraintes des milieux (*voir Annexe 8*) ;
 - Réplication des stratégies les plus efficaces selon les résultats de suivi.
- Plantations en **2024** :
 - Terres enclavées : Plantation des semis d'essences intermédiaires plantés à densités variées, et si elle n'a pas été complétée en 2023, continuité de la plantation des patrons de densité et de composition ;
 - Zones traitées pour EVEC : plantation de semis.
- Plantations en **2027** :
 - Terres enclavées : Semis d'essences pionnières et de fin de succession (patrons temporaires) plantés à densités variées ;
 - Zones traitées pour EVEC : poursuite de la plantation de semis.

5.6. Travaux en 2025, 2026, 2028, 2029 et 2030

- Traitement pour les EVEC :
 - Continuité du protocole de lutte selon les contraintes des milieux (*voir Annexe 8*) ;
 - Réplication des stratégies les plus efficaces selon les résultats de suivi.
- Plantations :
 - Terres enclavées : plantation des semis provenant de croissance *ex-situ*, de pépinière(s) ou de milieu(x) contrôlé(s) à l'extérieur.

5.7. Plan d'entretien

Dans l'optique de favoriser le succès de la renaturalisation sur le long terme, il sera essentiel d'entretenir les plantations pour toute la période du projet (2021-2030). Le plan d'entretien comprend :

- La pose (ou la réparation) de protecteurs sur les herbacées et les semis plantés et transplantés afin de réduire l'impact des herbivores ;
- Le retrait des protecteurs lorsque les semis vont mesurer plus de 3 m de hauteur ;
- Le remplacement des plants morts ou à faible vigueur durant les premières années (2 à 4 ans) suivant leur plantation ;
- La mise en place d'un système d'irrigation en 2021 du côté ouest de la rivière aux Brochets pour l'arrosage des végétaux transplantés (MR8A).

6. SUIVI — MESURE DE L'ATTEINTE DES OBJECTIFS

Afin de vérifier l'efficacité des mesures mises en place, une collecte de données via différents suivis sera effectuée annuellement, en vue de comparer les différents patrons et leur impact sur la faune, la flore et le bilan de carbone. Ces suivis permettront ultimement de s'assurer que les engagements du Ministère pour ce projet sont remplis. Puisque les communautés végétales sont dynamiques et changeantes selon leurs conditions environnantes, les résultats obtenus au fil du temps permettront ensuite de reproduire les stratégies les plus performantes à une plus grande échelle. Les suivis débiteront dès le printemps 2021 et seront effectués à la même période jusqu'en 2031 afin d'évaluer :

- Le succès des plantations via :
 - Un suivi du coefficient de distribution (*stocking*) évaluant la densité et la répartition des individus ;
 - Un suivi de la survie et de la croissance des végétaux plantés ;
 - Le recouvrement du site par une canopée forestière.
- Le succès de la renaturalisation via :
 - Le bilan du carbone ;
 - Le rétablissement ou établissement de la faune (suivi de l'avifaune, la pédofaune, les chiroptères et l'herpétofaune).
- La résilience des écosystèmes restaurés aux changements globaux via des indicateurs de suivis, tels que :
 - Taux de survie et de croissance des différentes espèces (pour voir l'acclimatation des différentes essences en fonction du temps) ;
 - Taux de survie et de croissance des espèces plantés dans les zones à forte tendance inondable (pour voir si nos espèces adaptées aux milieux humides tolèrent des inondations plus fréquentes, si elles se produisent) ;

- Taux de survie et de croissance des espèces plantés en périphérie des EVEC (pour voir si les EVEC compétitionnent trop avec nos plantations et les affectent).

6.1. Plans de suivi général

Le plan de suivi pour 2021 et les dix prochaines années comprend :

- Un suivi de la flore, incluant toutes les espèces transplantées :
 - Mesures de la survie et de la vigueur des plants ;
 - Mesure de croissance (hauteur et DHP) pour les arbres.
- Un suivi de la faune, incluant l'avifaune, les mammifères, l'herpétofaune, la pédofaune et les chiroptères :
 - Inventaire des espèces présentes ;
 - Observation de l'utilisation de l'habitat par la faune ;
 - Analyse du portrait sonore (oiseaux, herpétofaune et chiroptères) ;
 - Analyse des échantillons de sols pour la pédofaune.
- Un suivi carbone (terrestre et aquatique) :
 - Échantillonnage mensuel et analyse en laboratoire ;
 - Suivi de la biomasse végétale.

7. CONCLUSION

L'édification des caractéristiques distinctes à chacun des sites (détaillées dans le rapport 2) a servi à l'élaboration de diverses approches pour compenser la construction du prolongement de l'A35, soit en optimisant le succès des transplantations, en identifiant les caractéristiques des forêts naturelles adjacentes qui peuvent être émuloées lors du reboisement et en permettant une évaluation du bilan de carbone de ces secteurs.

La mise en œuvre de patrons favorisant le rétablissement de la canopée forestière, ainsi que la planification d'une renaturalisation des sites ayant subi des perturbations (déboisement, exploitation agricole, EVEC, etc.), fut abordée dans ce rapport. Le plan d'approche écosystémique et ses lignes directrices présentées permettent de maximiser la diversité spécifique et structurale de la végétation, tout en luttant contre les EVEC et en créant un environnement résilient aux changements globaux. Le tout permet également de favoriser une colonisation par la faune, et autant que possible des espèces fauniques à statut précaire, en créant des habitats diversifiés et de qualité pour celle-ci. Toutes les interventions proposées seront

discutées et ajustées avec le comité d'encadrement du projet. Nous visons aussi les volets éducatifs et du transfert des connaissances acquises tout au long du projet, mais ces activités ne sont pas discutées ici (rapport final à venir).

Finalement, la renaturalisation des milieux aux abords de l'autoroute permettra au MTQ d'aller de l'avant avec son Plan d'action de développement durable et de déterminer s'il s'agit d'une stratégie viable pour remplir son objectif de carboneutralité, soit en optimisant la séquestration de carbone dans le sol et les eaux par le réaménagement et le reboisement de différents milieux.

ANNEXES

ANNEXE 1

Sommaire des structures à recréer pour les espèces fauniques à statut précaire.

Espèces fauniques à statut	Description de l'habitat pour l'espèce à statut	Espèces floristiques accompagnatrices	Associations avec espèces floristiques rares ou à statut	Milieus potentiels
Mammifères				
Campagnol sylvestre (<i>Microtus pinetorum</i>)	Forêts denses, champs, pâturages, remblais de chemins de fer, le long de clôtures, plantations de pins, pelouses, forêts de cyprès en bordure de marais et d'étangs et tourbières à sphaigne (COSEPAC, 2010a).	<i>Carya cordiformis</i>	<i>Acer nigrum</i> , <i>Allium tricoccum</i> , <i>Asarum Canadense</i> , <i>Cardamine diphylla</i> , <i>Sanguinaria canadensis</i> , <i>Trillium grandiflorum</i>	MR1 à MR4 (Friches entre champs agricoles et la forêt), terres enclavées.
		<i>Acer saccharinum</i>	<i>Carex typhina</i> , <i>Iris virginica</i> , <i>Matteuccia struthiopteris</i>	
		<i>Tsuga canadensis</i>	<i>Carya ovata</i>	
		<i>Fraxinus americana</i>	<i>Juglans cinerea</i>	
Chauvesouris argentée (<i>Lasionycteris noctivagans</i>)	Habitat surtout en milieu forestier, près des cours d'eau, marais, etc. Cette espèce a une forte affinité pour les peuplements avec chicots (NatureServe, 2014).	N/A		MR1 à MR8, à proximité d'un peuplement forestier adjacent avec chicots, terres enclavées.
Chauvesouris cendrée (<i>Lasiurus cinereus</i>)	Se retrouve dans la cime d'arbres feuillus ou conifères et a une grande affinité pour les arbres décidus et secteurs incluant des cours d'eau (NatureServe, 2004).	N/A		MR1 à MR8, à proximité d'un peuplement forestier adjacent, terres enclavées.

REBOISEMENT DES TERRES ENCLAVÉES À PIKE-RIVER ET SAINT-ARMAND
R850.1

Espèces fauniques à statut	Description de l'habitat pour l'espèce à statut	Espèces floristiques accompagnatrices	Associations avec espèces floristiques rares ou à statut	Milieux potentiels
Oiseaux				
Effraie des clochers (<i>Tyto alba</i>)	Milieus ouverts tels que des champs de foin, pâturages abords de routes herbeux, bordures de cultures en rangs et marais avec petits mammifères abondants (proies). Niche dans des cavités d'arbres vivants ou morts et espaces entre des balles de foin empilées (COSEPAC, 2010b).	<i>Acer sp.</i>	<i>Carex typhina</i> , <i>Iris virginica</i> , <i>Matteuccia struthiopteris</i>	MR8A, à proximité friches des champs agricoles et avec des chicots et arbres matures, terres enclavées.
Pioui de l'Est (<i>Contopus virens</i>)	Forêts décidues et mixtes d'âge matures à intermédiaire avec espaces dégagés et un sous-étage clairsemé (COSEPAC, 2012).	<i>Quercus sp</i>	<i>Carya ovata</i> , <i>Juglans cinerea</i> ;	MR8 et milieux adjacents avec les gros chicots et arbres matures incluant des chênes, terres enclavées.
Petit blongios (<i>Ixobrychus exilis</i>)	Marais où le niveau d'eau est relativement stable (moins d'un mètre de profondeur) et dominé par de grandes plantes émergentes, telles que des quenouilles (<i>Typha</i> spp.) ou <i>Carex sp.</i> . La structure de la végétation doit être haute et dense, mais pas impénétrable au point de limiter les déplacements, comme avec le roseau commun (COSEPAC, 2009). Besoin d'avoir accès à de l'eau claire pour repérer ses proies.	<i>Acer saccharinum</i>	<i>Carex typhina</i>	MR8, adjacent à un cours d'eau découlant dans une rivière (rivière aux broquets) ou milieux en secteurs inondables, incluant une partie des terres enclavées.

REBOISEMENT DES TERRES ENCLAVÉES À PIKE-RIVER ET SAINT-ARMAND
R850.1

Espèces fauniques à statut	Description de l'habitat pour l'espèce à statut	Espèces floristiques accompagnatrices	Associations avec espèces floristiques rares ou à statut	Milieus potentiels
Oiseaux (suite)				
Pic à tête rouge (<i>Melanerpes erythrocephalus</i>)	Forêts décidues, dominées par les érables, chênes, caryer et les hêtres. Boisés ouverts, bosquets d'arbres morts ou mourants, forêts de plaines inondables, friches ou zones agricoles parsemées d'arbres et en bordure de routes. Nécessite forte densité de chicots et d'arbres en décomposition pour nidification dans les milieux (COSEPAC, 2018a; Gouvernement du Canada, 2019).	<i>Carya cordiformis</i>	<i>Acer nigrum</i> , <i>Allium tricoccum</i> , <i>Asarum canadense</i> , <i>Cardamine diphylla</i> , <i>Sanguinaria canadensis</i> , <i>Trillium grandiflorum</i>	MR1 à MR4 (Friches entre champs agricoles et forêt), MR8A avec de gros chicots, terres enclavées.
		<i>Acer sp.</i>	<i>Carex typhina</i> , <i>Iris virginica</i> , <i>Matteuccia struthiopteris</i>	
Paruline hochequeue (<i>Seiurus motacilla</i>)	Construisent leurs nids dans les racines d'arbres tombés, dans des racines hors terre ou dans de la végétation basse. Leur habitat comporte généralement des érables (<i>Acer sp.</i>) et pruches du Canada (<i>Tsuga canadensis</i>). Ses nids doivent se situer à proximité de cours d'eau ou de marécages (COSEPAC, 2015).	<i>Acer sp.</i>	<i>Carex typhina</i> , <i>Iris virginica</i> , <i>Matteuccia struthiopteris</i>	Friches de MR1 à MR7, dans les hautes végétations et à proximité de la forêt avec des arbres tombés. MR8A avec des arbres en fin de succession, terres enclavées.
		<i>Tsuga canadensis</i>	<i>Carya ovata</i>	
Goglu des prés (<i>Dolichonyx oryzivorus</i>)	Prairies humides, tourbières herbacées, champs abandonnés, herbes hautes, friches, petits champs de grains et roseaux. Nécessite une couverture haute latérale et grande profondeur de la litière, un rapport élevé de graminées et de légumineuses, une abondance d'arbustes (perchoirs) et une couverture élevée de plantes herbacées à feuilles larges (COSEPAC, 2010 c).	N/A		MR1 à MR7 (Friches), MR8 (champs agricoles), terres enclavées.

REBOISEMENT DES TERRES ENCLAVÉES À PIKE-RIVER ET SAINT-ARMAND
R850.1

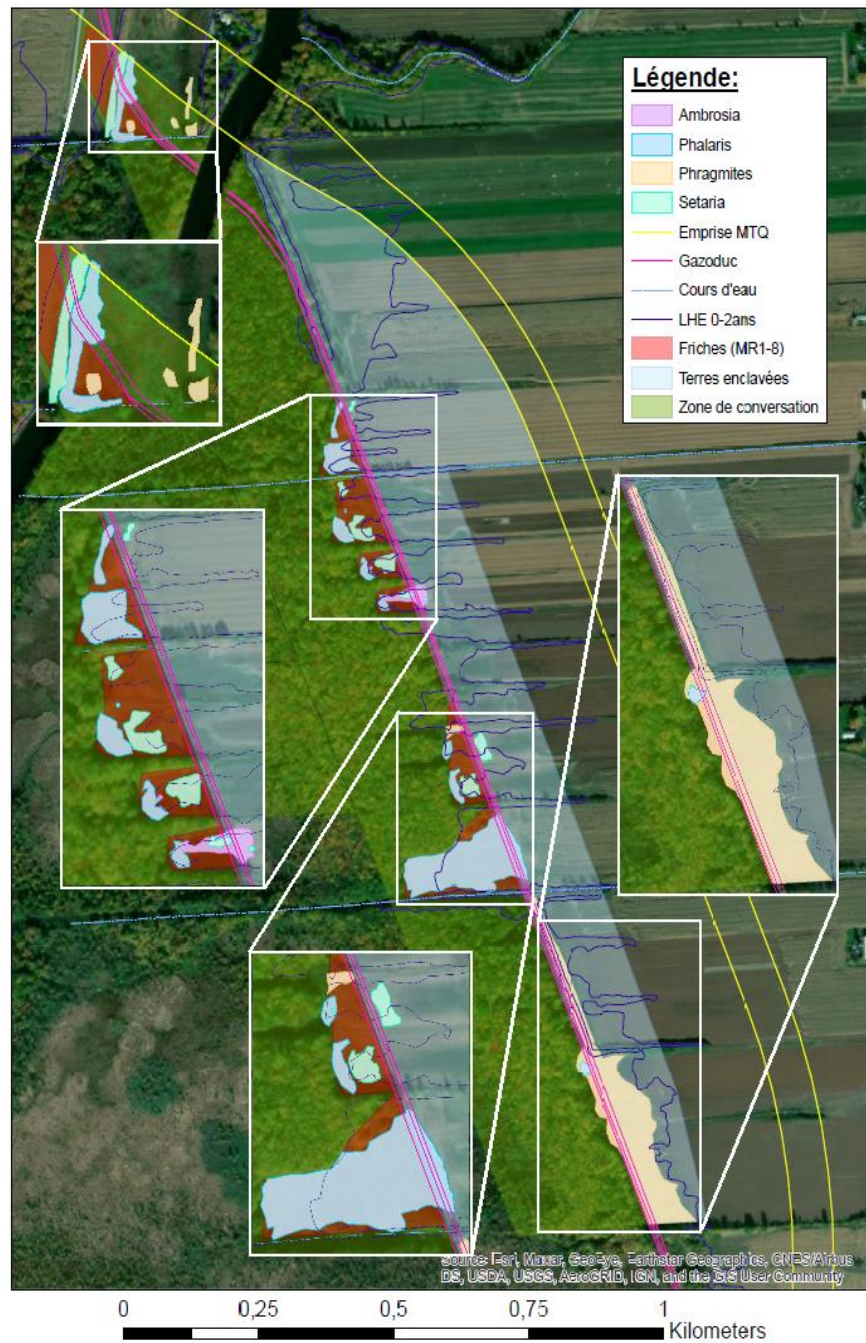
Espèces fauniques à statut	Description de l'habitat pour l'espèce à statut	Espèces floristiques accompagnatrices	Associations avec espèces floristiques rares ou à statut	Milieux potentiels
Herpétofaune				
Couleuvre tachetée (<i>Lampropeltis triangulum</i>)	Espèce généraliste qui a besoin d'un couvert adéquat pour pondre ses œufs (gros morceaux de bois en décomposition, souches, de feuilles ou de bran de scie, du composte, du bois et du sol meuble) et pour hiberner (terriers de mammifères, sol argileux ou terreux, morceaux de bois creux, souches en décomposition ou crevasses rocheuses) (COSEPAC, 2014).	N/A		MR1 à MR8 (fiches), la présence de sols argileux est avantageuse.
Tortue des bois (<i>Clemmys insculpta</i>)	Espèce opportuniste présente à proximité de cours d'eau sinueux peu profonds dont le fond est fait de sable, avec des courants modérés. Peut se trouver dans les forêts riveraines, les bosquets d'aulnes et habitat riverain (COSEPAC, 2018b).	N/A		MR8 qui est adjacent à un cours d'eau.
Rainette faux-grillon de l'Ouest (<i>Pseudacris triseriata</i>)	Espèce nécessitant un habitat terrestre (milieux humides herbeux et boisés) à proximité d'un habitat aquatique (étang sans poisson de préférence) (COSEPAC, 2008). Les fossés agricoles abandonnés, des dépressions en plaines inondables, etc. peuvent représenter des opportunités d'habitats pour la rainette.	N/A		MR1 à MR8, terres enclavées (en secteur inondable).

ANNEXE 2



Photographie d'un îlot monospécifique de *Phragmites australis* subsp. *australis* adjacent à un marais de quenouilles dans le MR8 et la zone 9 (Automne 2020).

ANNEXE 3



Cartographie des espèces végétales exotiques envahissantes dans les milieux récepteurs avec grossissement sur les zones d'intérêts.

ANNEXE 4



Photographie de *Phalaris arundinacea* (espèce trouvée dans la section de gestion des mauvaises herbes du MAPAQ) en zone MR8B et en Zone 9 (Automne 2020).

ANNEXE 5



Photographie de *Setaria faberi* en zone MR8B (Automne, 2020).

ANNEXE 6



Photographie d'*Ambrosia artemisiifolia* en zone MR4B et qui s'étend aussi sur les terres enclavées (Automne 2020).

ANNEXE 7



Photographie d'un mélange de *Setaria faberi* et de *Ambrosia artemisiifolia* en zone MR5A et sur les terres enclavées (Automne 2020).

ANNEXE 8

Méthodes de lutte contre les EVEE* dans les différents milieux.

Milieux	Méthodes de lutte contre le roseau commun	Méthodes de lutte contre les autres EVEE*	EVEE* présentes
MR1	N/A	Pliage manuel (1) Débroussaillage (3) Scarification et labourage du sol (4) Création d'un couvert via la plantation (6)	<i>Phalaris arundinacea</i> <i>Setaria faberi</i> <i>Ambrosia artemisiifolia</i>
MR2			
MR3			
MR4			
MR5	Pliage manuel (1) Coupe en dessous de l'eau (2) Débroussaillage (3) Scarification et labourage du sol (4) Pose de géotextile (5) Création d'un couvert via la plantation (6)	Pliage manuel (1) Débroussaillage (3) Scarification et labourage du sol (4) Création d'un couvert via la plantation (6)	<i>Phragmites australis</i> <i>Phalaris arundinacea</i> <i>Setaria faberi</i> <i>Echinochloa crus-galli</i> <i>Ambrosia artemisiifolia</i>
MR6	N/A		
MR7	Pliage manuel (1) Coupe en dessous de l'eau (2) Débroussaillage (3) Scarification et labourage du sol (4) Pose de géotextile (5) Création d'un couvert via la plantation (6)	Pliage manuel (1) Débroussaillage (3) Scarification et labourage du sol (4) Création d'un couvert via la plantation (6)	<i>Phragmites australis</i> <i>Phalaris arundinacea</i>
MR8B	Pliage manuel (1) Coupe en dessous de l'eau (2) Création de monticules (7) Pose de géotextile (5) Création d'un couvert via la plantation (6)	Pliage manuel (1) Débroussaillage (3) Scarification et labourage du sol (4) Création d'un couvert via la plantation (6)	<i>Phragmites australis</i> <i>Phalaris arundinacea</i> <i>Setaria faberi</i>
Terres enclavées	Pliage manuel (1) Coupe en dessous de l'eau (2) Débroussaillage (3) Scarification et labourage du sol (4) Pose de géotextile (5) Création d'un couvert via la plantation (6)		

*Le statut indigène du *Phalaris* est questionné par plusieurs, Lavoie et Dufresne (2005) suggèrent qu'il est indigène, mais le MAPAQ le considère toutefois comme une mauvaise herbe, nuisible à la biodiversité. La sétaria géante (*Setaria faberi*) est une espèce de mauvaise herbe figurant actuellement dans la catégorie 1 (mauvaises herbes nuisibles interdites) de l'Arrêté sur les graines de mauvaises herbes pris par le gouvernement fédéral en vertu de la Loi sur les semences. *Echinochloa crus-galli* est une espèce d'Europe et Asie aussi considérée comme nuisible. *Ambrosia artemisiifolia* est indigène en Amérique du Nord, mais a été introduite au Québec où elle est considérée une espèce envahissante et nuisible.

ANNEXE 9

Besoins environnementaux pour les espèces floristiques à statut précaire.

Espèces à statut	Zone(s) initiale(s)	Besoins biophysiques de l'espèce à statut	Espèces accompagnatrices	Zone(s) initiale(s)	Milieux récepteurs potentiels
Érable noir (<i>Acer nigrum</i>)	Absente à l'inventaire 2020.	Site avec une humidité moyenne, un ombrage partiel et au sol calcaire bien drainé. L'érable noir doit être éloigné de <i>A. saccharum</i> afin de prévenir l'hybridation.	<i>Carya cordiformis</i>	Z1 : Q1,2,3,4 Z7:Q1	MR1B MR3A MR6A MR6B MR6C
			<i>Tilia americana</i>	Z6:Q1,2 ; Z7:Q1	
Ail des bois (<i>Allium tricoccum</i>)	Absente à l'inventaire 2020.	Site ayant un ombrage partiel avec un sol riche, humide et bien drainé. L'oignon sauvage doit être éloigné des conifères et des hêtres.	<i>Carya cordiformis</i>	Z1 : Q1,2,3,4 Z7:Q1	MR1B MR3A MR6A
			<i>Matteuccia struthiopteris</i>	Z6 ; Z7	
			<i>Tilia americana</i>	Z6:Q1,2 Z7:Q1	
			<i>Trillium grandiflorum</i>	Z6	
Asaret du Canada (<i>Asarum canadense</i>)	Zone 6	Site à ombrage complet ou partiel avec un sol mésique et rocheux. Poussent en massif.	<i>Carya cordiformis</i> ;	Z1 : Q1,2,3,4 Z7 : Q1	MR1B MR3A MR6A MR6B MR6C
			<i>Tilia americana</i>	Z6:Q1 Z7:Q1	
Dentaire à deux feuilles (<i>Cardamine diphylla</i>)	Absente lors de l'inventaire 2020.	Site à ombrage complet ou partiel avec un sol riche, humide et bien drainé.	<i>Carya cordiformis</i>	Z1:Q1,2,3,4 Z7:Q1	MR1B MR2 MR3A MR6A
			<i>Tilia americana</i>	Z6:Q1,2 Z7:Q1	
Carex typhina (<i>Carex typhina</i>)	Zone 5	Site humide avec un ombrage partiel. Dois être éloigné des conifères. Poussent en colonie.	<i>Acer saccharinum</i>	Z1:Q1,3,4,5 Z2,3,4,5:Q1,2,3 Z7:Q1,2	MR1B MR2 MR3A MR6A
Caryer ovale (<i>Carya ovata</i>)	Zone 1 (Q3) ; Zone 2 (Q2) ; Zone 5 ; Zone 7 ; (À proximité de la rivière)	Site humide avec un sol profond et fertile, en raison de ces racines pivots. Nécessite un ombrage absent ou partiel.	<i>Pinus strobus</i>	Z6:Q2 Z7:Q1	MR1A MR1B MR2A MR4A MR4B MR4C
			<i>Quercus sp.</i> (<i>Q. rubra</i> , <i>Q. bicolor</i>)	Z1:Q1,3,4 Z3:Q3	
			<i>Tilia americana</i> ;	Z7:Q1	
			<i>Tsuga canadensis</i>	Z6:Q1,2 Z7:Q1	

REBOISEMENT DES TERRES ENCLAVÉES À PIKE-RIVER ET SAINT-ARMAND
R850.1

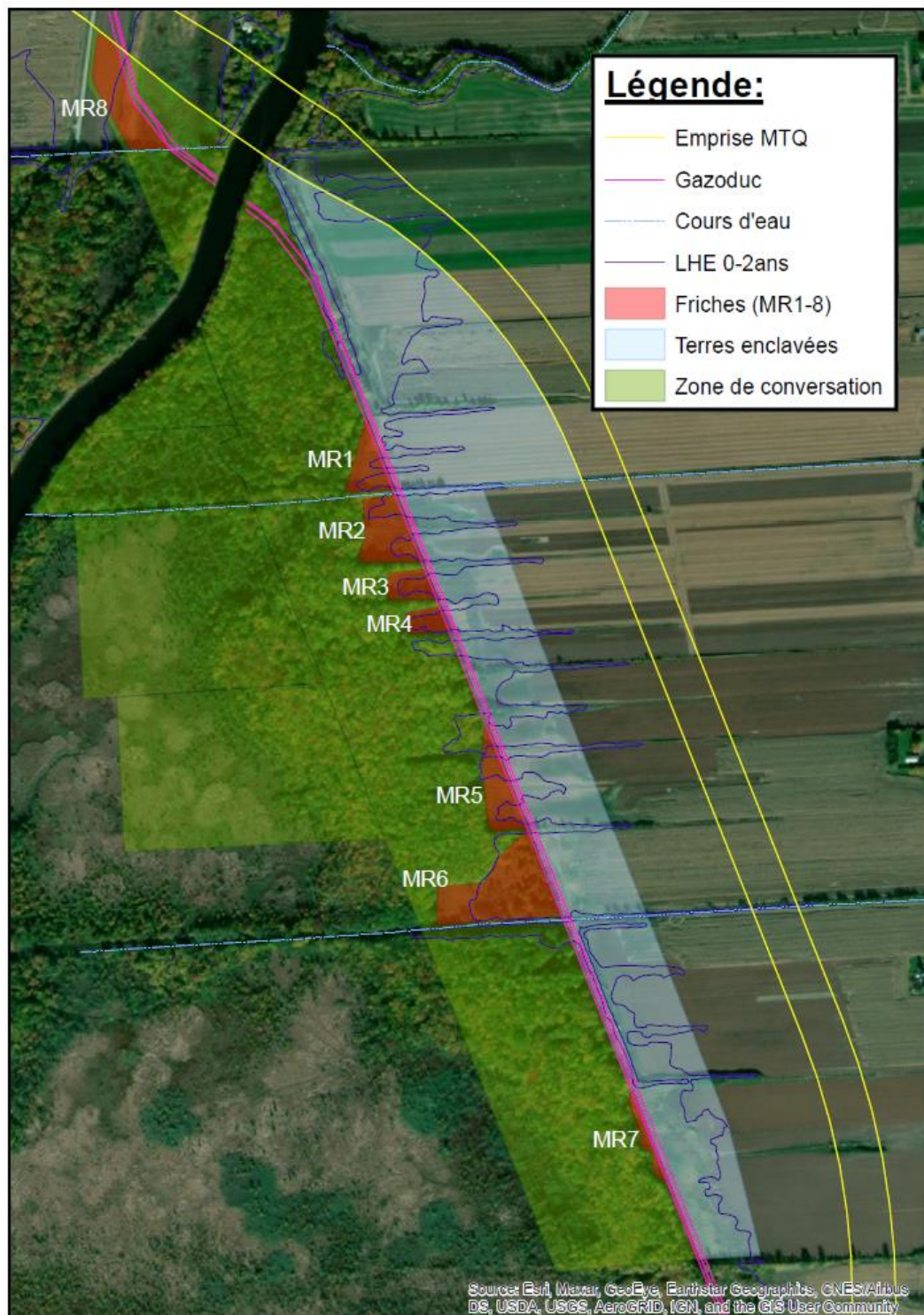
Espèces à statut	Zone(s) initiale(s)	Besoins biophysiques de l'espèce à statut	Espèces accompagnatrices	Zone(s) 0 initiale(s)	Milieux récepteurs potentiels
Iris de Virginie (<i>Iris virginica</i>)	Zone 5 ; Zone 7	Site humide avec un sol tourbeux et peu sablonneux, bien drainé, avec un ombrage partiel ou absent.	<i>Acer saccharinum</i>	Z1 : Q1,3,4,5 Z2,3,4,5 : Q1,2,3 Z7:Q1,2	MR1B MR3A MR6B
Noyer cendré (<i>Juglans cinerea</i>)	Zone 6	Site humide avec un sol profond et fertile (racine pivot), bien drainé, avec ombrage partiel.	<i>Acer rubrum</i>	Z3:Q2,3,4	MR1A MR2C MR3B MR4B MR6B
			<i>Carya sp.</i> (<i>C. cordiformis</i> , <i>C. ovata</i> ,)	Z1:Q1,2,3,4 Z2:Q2 Z7:Q1	
			<i>Fraxinus americana</i>	Z1:Q1,3,4 Z2,7:Q1,2,3 Z3:Q1,2 Z4:Q3 Z5:Q2,3	
			<i>Quercus sp.</i> (<i>Q. rubra</i> , <i>Q. bicolor</i>)	Z1:Q1,3,4 Z3:Q3	
			<i>Tilia americana</i>	Z7:Q1	
			<i>Ulmus americana</i>	Z1:Q1,3,4 Z2,5:Q1,2,3 Z3:Q1,2,4 Z7:Q2,3	
Matteucie Fougère-à-l'autruche (<i>Matteuccia struthiopteris</i>)	Zone 6 ; Zone 7	Site avec un sol riche et humide, bien drainé, avec un ombrage complet ou partiel.	<i>Acer saccharinum</i>	Z1:Q1,3,4,5 Z2,3,4,5:Q1,2,3 Z7:Q1,2	MR1B MR3A MR6A
			<i>Fraxinus americana</i>	Z1:Q1,3,4 Z2,7:Q1,2,3 Z3:Q1,2 Z4:Q3 Z5:Q2,3	
			<i>Ulmus americana</i>	Z1:Q1,3,4 Z2,5:Q1,2,3 Z3:Q1,2,4 Z7:Q2,3	
Chêne bicolore (<i>Quercus bicolor</i>)	Zone 5 ; Zone 6 ; Zone 7	Site humide avec un sol profond et avec un couvert forestier ouvert.	<i>Acer saccharinum</i>	Z1:Q1,3,4,5 Z2,3,4,5:Q1,2,3 Z7:Q1,2	MR1A MR2C MR3B MR4B MR6B
			<i>Fraxinus nigra</i>	Z 6,7: Q 2	
Sanguinaire du Canada (<i>Sanguinaria canadensis</i>)	Zone 6 ; Zone 7	Site avec un sol riche, mésique et rocheux, bien drainé, avec un ombrage complet ou partiel.	<i>Asarum canadense</i>	Z6	MR1B MR3A MR6A
			<i>Carya cordiformis</i>	Z1:Q1,2,3,4 Z7:Q1	
			<i>Tilia americana ;</i>	Z7:Q1	

REBOISEMENT DES TERRES ENCLAVÉES À PIKE-RIVER ET SAINT-ARMAND
R850.1

			<i>Trillium sp.</i>	Z5	
Espèces à statut	Zone(s) initiale(s)	Besoins biophysiques de l'espèce à statut	Espèces accompagnatrices	Zone(s) initiale(s)	Milieus récepteurs potentiels
Trille blanc (<i>Trillium grandiflorum</i>)	Zone 5	Site avec un sol riche et humide, bien drainé, avec un ombrage partiel. Dois être éloigné des conifères. Poussent en massif.	<i>Carya cordiformis</i> ;	Z1:Q1,2,3,4 Z7:Q1	MR1B MR3A MR6A
			<i>Tilia americana</i>	Z6:Q1,2 Z7:Q1	

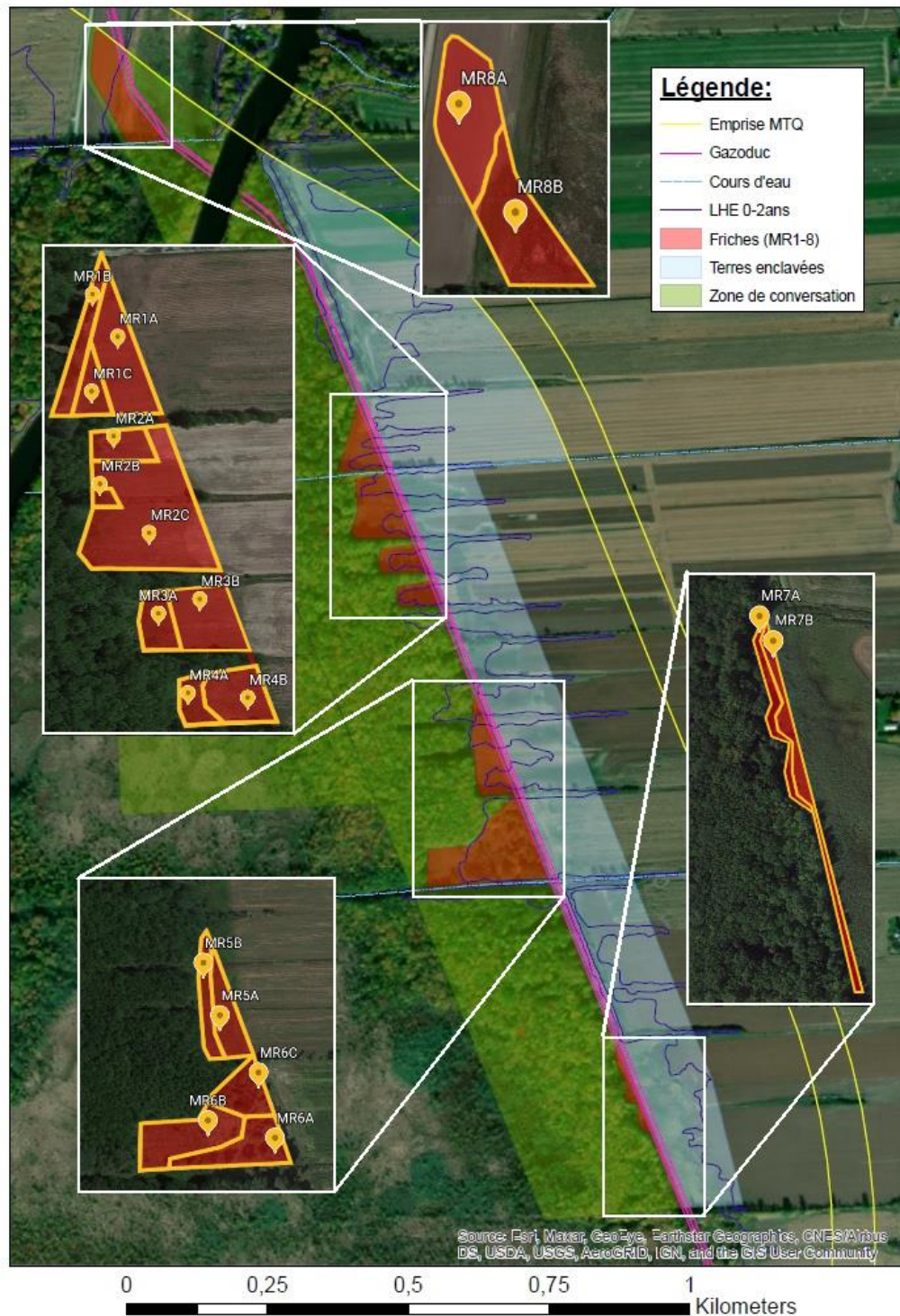
Légende : Dans la colonne des zones initiales, Z signifie zone et Q signifie quadrat, suivi du ou des numéros d'identification. Par exemple, Z1,2:Q1, 2, 3 signifie zone 1 et 2 quadrat 1, 2 et 3.

ANNEXE 10



Cartographie des zones d'optimisation des friches (MR1-8).

ANNEXE 11



Cartographie amplifiée des zones d'optimisation des friches (MR1-8) représentant leurs sous-divisions.

ANNEXE 12

Essences d'arbres rares, à statut menacé ou vulnérable du domaine bioclimatique de l'érablière à caryer.

Essence d'arbre rare

Chêne blanc	<i>Quercus alba</i>
Chêne à gros fruits	<i>Quercus macrocarpa</i>
Micocoulier occidental	<i>Celtis occidentalis</i>
Noyer noir	<i>Juglans nigra</i>
Orme rouge	<i>Ulmus rubra</i>

Essence d'arbre menacée ou vulnérable ou susceptible d'être ainsi désignée

Caryer ovale	<i>Carya ovata</i>
Chêne bicolore	<i>Quercus bicolor</i>
Érable noir	<i>Acer nigrum</i>
Genévrier de Virginie	<i>Juniperus virginiana</i>
Noyer cendré	<i>Juglans cinerea</i>
Orme liège	<i>Ulmus thomasi</i>
Pin rigide	<i>Pinus rigida</i>
Platane d'Amérique	<i>Platanus occidentalis</i>
Sumac à vernis	<i>Rhus vernix</i>

Source : Villeneuve, N. (2020). *Intérêt écologique des forêts exceptionnelles de l'île aux Tourtes, Ville de Vaudreuil-Dorion*. Québec : Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction de la protection des forêts.

ANNEXE 13

Tableau de répartition des essences végétales rares ou à statut précaire transplantées.

Herbacées rares ou à statut					
	Nombre de plants disponibles	Nombre à transplanter dans chaque zone			
		MR1B	MR2B	MR3	MR6A
<i>Asarum canadense</i>	156	20	10	20	106
<i>Carex typhina</i>	50	10	10	N/A	30
<i>Iris virginica</i>	124	30	N/A	N/A	94
<i>Matteuccia struthiopteris</i>	71	N/A	10	15	46
<i>Sanguinaria canadensis</i>	88	20	10	20	38
<i>Trillium grandiflorum</i>	22	N/A	N/A	N/A	22
Semis rares ou à statut					
<i>Carya ovata</i>	5	5	N/A	N/A	N/A
<i>Quercus bicolor</i>	29	20	N/A	N/A	9
TOTAL	545	105	40	55	345

10. RÉFÉRENCES

Aerts, R. & Honnay, O. (2011). Forest restoration, biodiversity and ecosystem functioning. *BMC ecology*, 11(1), 29.

Baskent, E. Z. & Jordan, G. A. (1995). Characterizing spatial structure of forest landscapes. *Canadian Journal of Forest Research*, 25(11), 1830–1849.

Bazoge, A., Lachance, D. & Villeneuve, C. (2014). *Identification et délimitation des milieux humides du Québec méridional*. Québec : Les Publications du Québec : Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les Changements Climatiques.

Brown, K. & Westaway, E. (2011). Agency, capacity, and resilience to environmental change: lessons from human development, well-being, and disasters. *Annual review of environment and resources*, 36.

Catanzaro, P. & D'Amato, A. (2019). *Forest carbon: An essential natural solution for climate change*. Récupéré de https://masswoods.org/sites/masswoods.org/files/Forest-Carbon-web_1.pdf

Chengxu, W., Mingxing, Z., Xuhui, C. & Bo, Q. (2011). Review on allelopathy of exotic invasive plants. *Procedia Engineering*, 18, 240-246.

Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC). (2008). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur la rainette faux-grillon de l'ouest (Pseudacris triseriata) population carolinienne et population des Grands Lacs et Saint-Laurent et du Bouclier canadien au Canada — Mise à jour*. Ottawa : Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Récupéré de <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/registre-public-especes-peril/descriptions-habitat-essentiel/rainette-faux-grillon-ouest.html>

Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC). (2009). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le Petit Blongios (Ixobrychus exilis) au Canada — Mise à jour*. Ottawa : Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Récupéré de <https://species-registry.canada.ca/index-fr.html#/especes/51-10>

Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC). (2010a). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le campagnol sylvestre (Microtus pinetorum) au Canada*. Ottawa : Comité sur la situation

des espèces en péril au Canada. Récupéré de https://www.registrelp-sararegistry.gc.ca/virtual_sara/files/cosewic/sr_campagnol_sylvestre_0911_fra.pdf

Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC). (2010 b). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur l'effraie des clochers (Tyto alba) au Canada*. Ottawa : Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Récupéré de canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/registre-public-especes-peril/evaluations-rapports-situations-cosepac/effraie-clochers-2010.html

Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC). (2010 c). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le goglu des prés (Dolichonyx oryzivorus) au Canada*. Ottawa : Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Récupéré de https://belsp.uqtr.ca/id/eprint/916/1/COSEPAC_2010_goglue_Canada.pdf

Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC). (2012). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le Pioui de l'Est (Contopus virens) au Canada*. Ottawa : Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Récupéré de <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/registre-public-especes-peril/evaluations-rapports-situations-cosepac/pioui-est-2012.html>

Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC). (2014). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur la couleuvre tachetée (Lampropeltis triangulum) au Canada*. Ottawa : Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Récupéré de <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/registre-public-especes-peril/evaluations-rapports-situations-cosepac/couleuvre-tachetee-2014.html>

Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC). (2015). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur la Paruline hochequeue (Parkesia motacilla) au Canada — Mise à jour*. Ottawa : Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Récupéré de https://faune-especes.canada.ca/registre-especes-peril/virtual_sara/files/cosewic/sr_Louisiana%20Waterthrush_2015_f.pdf

Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC). (2018a). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le Pic à tête rouge (Melanerpes erythrocephalus) au Canada*. Ottawa : Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Récupéré de <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/registre-public-especes-peril/evaluations-rapports-situations-cosepac/pic-a-tete-rouge-2018a.html>

climatique/services/registre-public-especes-peril/evaluations-rapports-situations-cosepac/pic-tete-rouge-2018.html

Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC). (2018 b). *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur la tortue des bois (Glyptemys insculpta) au Canada*. Ottawa : Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Récupéré de https://faune-especes.canada.ca/registre-especes-peril/virtual_sara/files/cosewic/TortueBoisWoodTurtle-2019-Fra.pdf

Dobson, M. & Ryan, J. (2000). *Trees and shrubs for noise control*. Arboricultural Advisory & Information Service. Récupéré de <https://www.trees.org.uk/Trees.org.uk/files/8c/8c69f212-a82e-424b-96d1-c8ff6dc02403.pdf>

Dutilleul, G. (2012). Anthropogenic outdoor sound and wildlife: it's not just bioacoustics!. *Proceedings of the Acoustics 2012 Nantes Conference*, 2301–2306.

Elmqvist, T., Folke, C., Nyström, M., Peterson, G., Bengtsson, J., Walker, B. & Norberg, J. (2003). Response diversity, ecosystem change, and resilience. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 1(9), 488–494.

Fischer, J., Lindenmayer, D. B. & Manning, A. D. (2006). Biodiversity, ecosystem function, and resilience: ten guiding principles for commodity production landscapes. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 4(2), 80–86.

Fleurs du Québec. (2020). Lysimaque nummulaire. Dans *Encyclopédie des fleurs*. Récupéré de <http://www.fleursduquebec.com/encyclopedie/1804-lysimaque-nummulaire.html>

Forni, E. (2005). *Connaître le tempérament des espèces pour prévoir l'évolution de la composition des forêts exploitées*. Récupéré de <https://agritrop.cirad.fr/520402/1/520402.pdf>

Gautier-Éthier, S. (2013). *Dynamique successionnelle cyclique des peuplements pionniers dans le paysage boréal québécois* (Mémoire de maîtrise). Université du Québec à Montréal. Récupéré de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.454.6739&rep=rep1&type=pdf>

Gustafsson, L., Hannerz, M., Koivula, M., Shorohova, E., Vanha-Majamaa, I. & Weslien, J. (2020). Research on retention forestry in Northern Europe. *Ecological Processes*, 9(1), 1–13.

Haber, E. (2000). Impact of invasive plants on species and habitats at risk in Canada. *Environment*, 1(1).

Körner, C. (2017). A matter of tree longevity. *Science*, 355(6321), 130-131.

Lavoie, C. (2008). Le roseau commun (*Phragmites australis*) : une menace pour les milieux humides du Québec. *Rapport préparé pour le Comité interministériel du Gouvernement du Québec sur le roseau commun et pour Canards Illimités Canada*. Québec.

Lavoie, C. & Dufresne, C. (2005). The spread of reed canarygrass (*Phalaris arundinacea*) in Quebec: a spatio-temporal perspective. *Écoscience*, 12(3), 366–375.

Lavoie, C., Guay, G. & Joerin, F. (2014). Une liste des plantes vasculaires exotiques nuisibles du Québec : nouvelle approche pour la sélection des espèces et l'aide à la décision. *Écoscience*, 21(2), 133-156.

Lee, C. E. (2002). Evolutionary genetics of invasive species. *Trends in ecology & evolution*, 17(8), 386–391.

Lelong, B., Lavoie, C., Jodoin, Y. & Belzile, F. (2007). Expansion pathways of the exotic common reed (*Phragmites australis*): a historical and genetic analysis. *Diversity and Distributions*, 13(4), 430–437.

Lelong, B., Lavoie, C. & Thériault, M. (2009). Quels sont les facteurs qui facilitent l'implantation du roseau commun (*Phragmites australis*) le long des routes du sud du Québec?. *Écoscience*, 16(2), 224-237.

Lindenmayer, D. B. & Hobbs, R. J. (2004). Fauna conservation in Australian plantation forests—a review. *Biological Conservation*, 119(2), 151–168.

Löf, M., Rydberg, D. & Bolte, A. (2006). Mounding site preparation for forest restoration: Survival and short term growth response in *Quercus robur* L. seedlings. *Forest Ecology and Management*, 232(1–3), 19–25.

Lowe, S., Browne, M., Boudjelas, S. & De Poorter, M. (2000). *100 of the world's worst invasive alien species: a selection from the global invasive species database* (Vol. 12) [Brochure]. Auckland: Invasive Species Specialist Group.

Nappi, A. & J. Poulin. (2013). Objectifs d'aménagements, composition végétale. Dans *Manuel de détermination des possibilités forestières*, 2013-2018 (p. 125-134). Roberval : Gouvernement du Québec.

NatureServe. (2004). *Lasiurus cinereus* — Hoary Bat. Récupéré de https://explorer.natureserve.org/Taxon/ELEMENT_GLOBAL.2.106446/Lasiurus_cinereus

NatureServe. (2014). *Lasionycteris noctivagans*—Silver-haired Bat. Récupéré de https://explorer.natureserve.org/Taxon/ELEMENT_GLOBAL.2.104362/Lasionycteris_noctivagans

Pascal, J. P. (2003). Notions sur les structures et dynamique des forêts tropicales humides. *Revue forestière française*, 55, 118-130.

Pawson, S. M., Brin, A., Brockerhoff, E. G., Lamb, D., Payn, T. W., Paquette, A. & Parrotta, J. A. (2013). Plantation forests, climate change and biodiversity. *Biodiversity and Conservation*, 22(5), 1203–1227.

Rheindt, F. E. (2003). The impact of roads on birds: does song frequency play a role in determining susceptibility to noise pollution?. *Journal für Ornithologie*, 144(3), 295–306.

Shugart, H.H., Saatchi, S. & Hall, F.G. (2010). Importance of structure and its measurement in quantifying function of forest ecosystems. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 115(G2).

Slabbekoorn, H. & Ripmeester, E. A. P. (2008). Birdsong and anthropogenic noise: implications and applications for conservation. *Molecular ecology*, 17(1), 72–83.

Thompson, I., Mackey, B., McNulty, S. & Mosseler, A. (2009). *Forest resilience, biodiversity, and climate change: CBD Technical Series no. 43*. Montreal: Secretariat of the Convention on Biological Diversity.

Tougas-Tellier, M.A., Morin, J., Hatin, D. & Lavoie, C. (2015). Freshwater wetlands: fertile grounds for the invasive *Phragmites australis* in a climate change context. *Ecology and evolution*, 5(16), 3421–3435.

Vehrencamp, S. L. & Bradbury, J. W. (1998). *Principles of animal communication*. Sunderland, MA: Sinauer Associates Inc.