



Université du Québec à Montréal



Centre d'étude de la forêt

Réseau de transport métropolitain

**Suivi annuel des plantations de la tourbière du Chemin Brûlé — Printemps —
Été 2021 — Année 5**

Projet de compensation / Train de l'Est / exo / RTM



Juillet 2022

Rédaction :

Catherine Couture, biologiste

Dominique Tardif, biologiste

Collaboration :

César Gabillot, M. Sc

Florence Gagnée, candidate à la maîtrise, UQAM

Natacha Jetha, agente de recherche au laboratoire Kneeshaw

Mathieu Lamarche, agent de recherche au laboratoire Kneeshaw

Révision du rapport :

- Daniel Kneeshaw, Ph.D, chercheur au département des sciences biologiques, UQAM
- Thomas Rolland, ing., Conseiller Principal Environnement, EXO

Cartes : Catherine Couture et Francis Manka

Photos : Catherine Couture, Francis Manka, Johann Meyer et Dominique Tardif

TABLE DES MATIÈRES

1 - Mise en contexte	6
2 - Historique d'aménagement et de plantation 2016-2018	9
2.1 - Zone 1	9
2.1.1 - Conditions initiales de la zone	9
2.1.2 - Travaux réalisés	9
2.1.3 - Essences et nombre d'arbres plantés dans la zone 1	10
2.2 - Zone 2	11
2.2.1 - Conditions initiales de la zone	11
2.2.2 - Travaux réalisés	12
2.2.3 - Essences et nombre d'arbres plantés dans la zone 3	103
2.3 Zone 3	13
2.3.1 - Conditions initiales de la zone	13
2.3.2 - Travaux réalisés	14
2.3.3 - Essences et nombre d'arbres plantés dans la zone 2	105
3 - Historique de broutage sur le site	15
4 - Suivis 2021	16
4.1 - Suivi du coefficient de distribution (<i>stocking</i>)	17
4.1.1 - Méthodologie	17
4.1.2 - Résultats	18
4.2 - Suivi de la survie et de la mortalité de la plantation	239
4.2.1 - Méthodologie	19
4.2.2 - Résultats	19
4.3 - Suivi de la vigueur	21
4.3.1 - Méthodologie	21
4.3.2 - Résultats	22
4.4 - Suivi du broutage	24
4.5 - Suivi de la croissance	25

4.6 - Conclusion sur les résultats des suivis	28
5 - Gestion des espèces exotiques envahissantes (EVÉE)	30
5.1 - Le roseau commun	30
5.2 - Le nerprun	31
5.2.1 Résultats des méthodes d'éradication du nerprun	36
5.2.2 Conclusion des méthodes d'éradication du nerprun	40
6 - Saison 2022	40
7 - Conclusion	41

Liste des cartes

Carte 1. Emplacement de la propriété d'EXO (AMT) à L'Assomption, Québec	7
Carte 2. Carte générale des zones de plantation	8
Carte 3. Travaux préalables à la plantation dans la zone 1	10
Carte 4. Patrons de plantation dans la zone 1	11
Carte 5. Patrons de plantations de la zone 2	12
Carte 6. Patrons de plantations de la zone 3	14
Carte 7. Distribution et classes de densité du nerprun bourdaine sur le site du BTN en 2018	32

Liste des photos

Photo 1. Zone 1 avant et après le creusage des sillons à l'origine des buttes de plantation	9
Photo 2. Bétulaie (zone 2) et son sous-bois de roseau	12
Photo 3. Traitements contre le roseau commun dans la Zone 3	15
Photo 4. Aperçu avant et après le pliage du roseau commun dans la zone 3 en 2019	30
Photo 5. Le nerprun au boisé des terres noires	33

Liste des figures

Figure 1. Proportion des plants selon quatre catégories de vigueur	23
Figure 2. Proportion des arbres selon différentes catégories de hauteur pour l'année 2019 à 2021	27
Figure 3. Proportion des arbustes selon différentes catégories de hauteur pour l'année 2019 à 2021	28
Figure 4. Comparaison de la densité après 3 mois par rapport à la densité initiale pour les différents traitements d'arrachage pour le nerprun bourdaine et cathartique	36
Figure 5. Comparaison de la densité par rapport par rapport à la densité initiale des placettes de nerprun bourdaine traitées par débroussaillage	37

Liste des tableaux

Tableau I. <i>Stocking</i> (coefficient de distribution) par zone de plantation pour les arbres et les arbustes ligneux	18
Tableau II. Vitalité des plants selon leur espèce entre 2020 et 2021	20
Tableau III. Proportion des plants selon quatre catégories de vigueur par espèce.	23
Tableau IV. Proportion des plants protégés en 2020 et 2021	25
Tableau V. Hauteur (cm) à l'année 2021 des arbres et des arbustes selon les espèces	26
Tableau VI. Traitements appliqués sur les plants de nerpruns juvéniles et objectifs à surveiller	34
Tableau VII. Traitements appliqués sur les nerpruns matures et objectifs à surveiller	35
Tableau VIII. Temps moyen pour la coupe et l'arrachage des juvéniles	38
Tableau IX. Mortalité, interruption de la production de fruits, temps moyen et écart-type pour chacun des traitements effectués sur nerpruns matures	39

1. MISE EN CONTEXTE

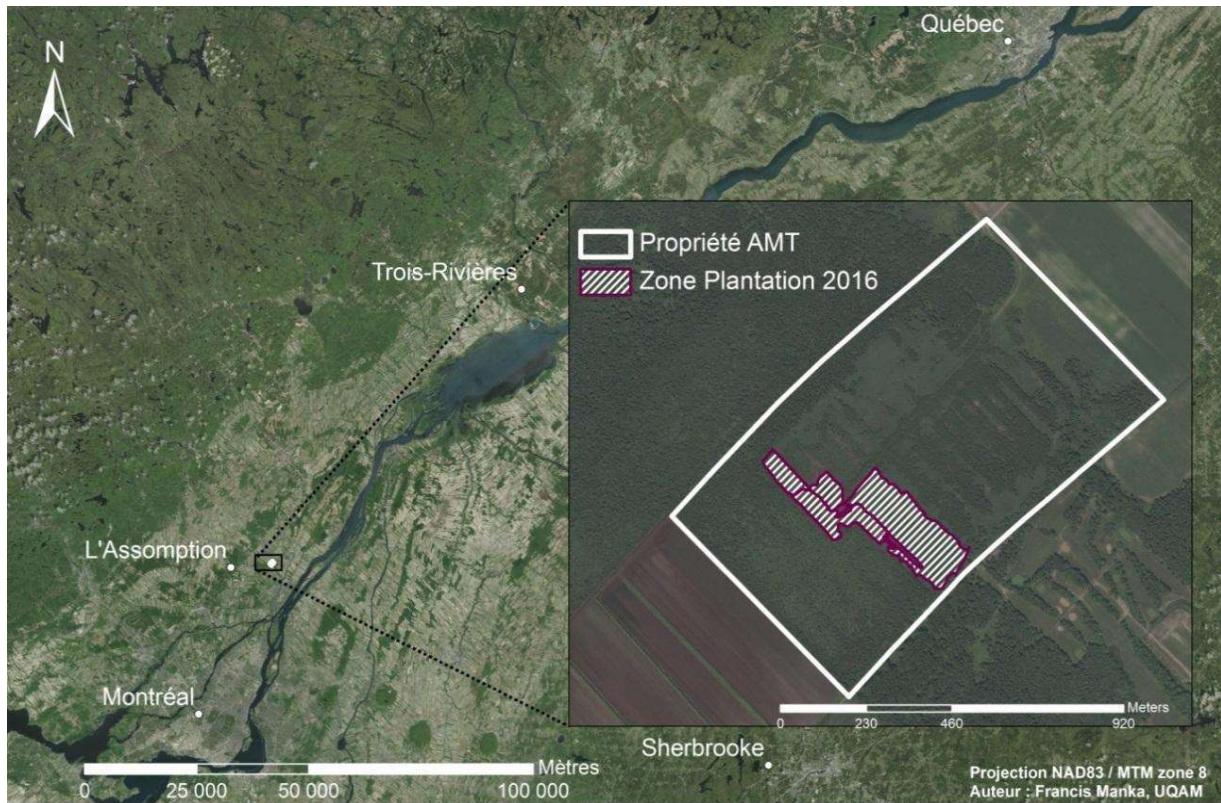
Les travaux de construction du tronçon nord du Train de l'Est ont engendré une perte de 19,39 ha de milieux humides et boisés (selon le document concept de compensation pour le tronçon nord - train de l'est), lesquels devaient être compensés par des superficies de terrain qui devaient être aménagées et d'autres conservées. En guise de lieu de compensation, exo (AMT à l'époque) a acquis une tourbière située dans la MRC de l'Assomption sur le chemin Brûlé (Carte 1), d'une superficie de 37 hectares (ha), maintenant appelée Boisé des Terres Noires (BTN).

Il y a plus de 25 ans, ce site fut illégalement drainé dans le but d'en faire des terres cultivables et certaines parties ont été décapées afin de vendre la tourbe et la terre noire qui s'y trouvait. Par la suite, ce milieu perturbé fut envahi par le roseau commun exotique (*Phragmites australis* subsp. *australis*), aussi communément appelé phragmite. Il s'agit d'une espèce végétale exotique envahissante (EVEE) considérée comme la pire de l'Amérique du Nord et connue pour perturber le fonctionnement des écosystèmes dans lesquels elle s'implante¹. L'envahissement par le roseau dans un milieu humide, qui plus est, est perturbé comme celui du BTN, crée rapidement des monocultures très denses de l'espèce qui atteignent plusieurs mètres de hauteur, privant ainsi de lumière les autres plantes en sous-étage. Les répercussions sur la flore et la faune, et donc la biodiversité et l'écosystème en général, sont donc considérables. Également, en plus de cette EVEE au BTN, on compte également une présence croissante du nerprun bourdaine (*Frangula alnus*) ainsi qu'un peu de nerprun cathartique (*Rhamnus cathartica*), aussi reconnue pour perturber les écosystèmes dans lesquels elle s'implante².

En juillet 2016, le *Protocole d'entente relatif à la lutte contre le phragmite via une plantation ciblée : Plan de compensation* fut conclu entre exo et le Centre d'étude de la forêt (CEF) de l'Université du Québec à Montréal (UQAM). Le but ultime de ce plan de compensation était l'aménagement écologique viable, la lutte contre les EVEE, plus précisément concernant le roseau commun, ainsi que la conservation et restauration de la tourbière du BTN. L'objectif du projet était donc de développer des méthodes de lutte contre les EVEE au BTN, entre autres à travers de plantations de végétaux et d'aménagements territoriaux. Dans le cadre de ce projet de recherche, les objectifs incluaient la compréhension des effets des aménagements et des plantations sur la biodiversité et la croissance, survie et recouvrement des essences forestières, et ce sur une période de suivi de 10 ans.

¹ Ministère des Richesses naturelles de l'Ontario. (2011). *Phragmite envahissant. Pratiques de gestion exemplaires*, ministère des Richesses naturelles de l'Ontario Peterborough (Ontario). https://www.ontarioinvasiveplants.ca/wp-content/uploads/2016/07/Phragmites_BMP_FINAL_french.pdf

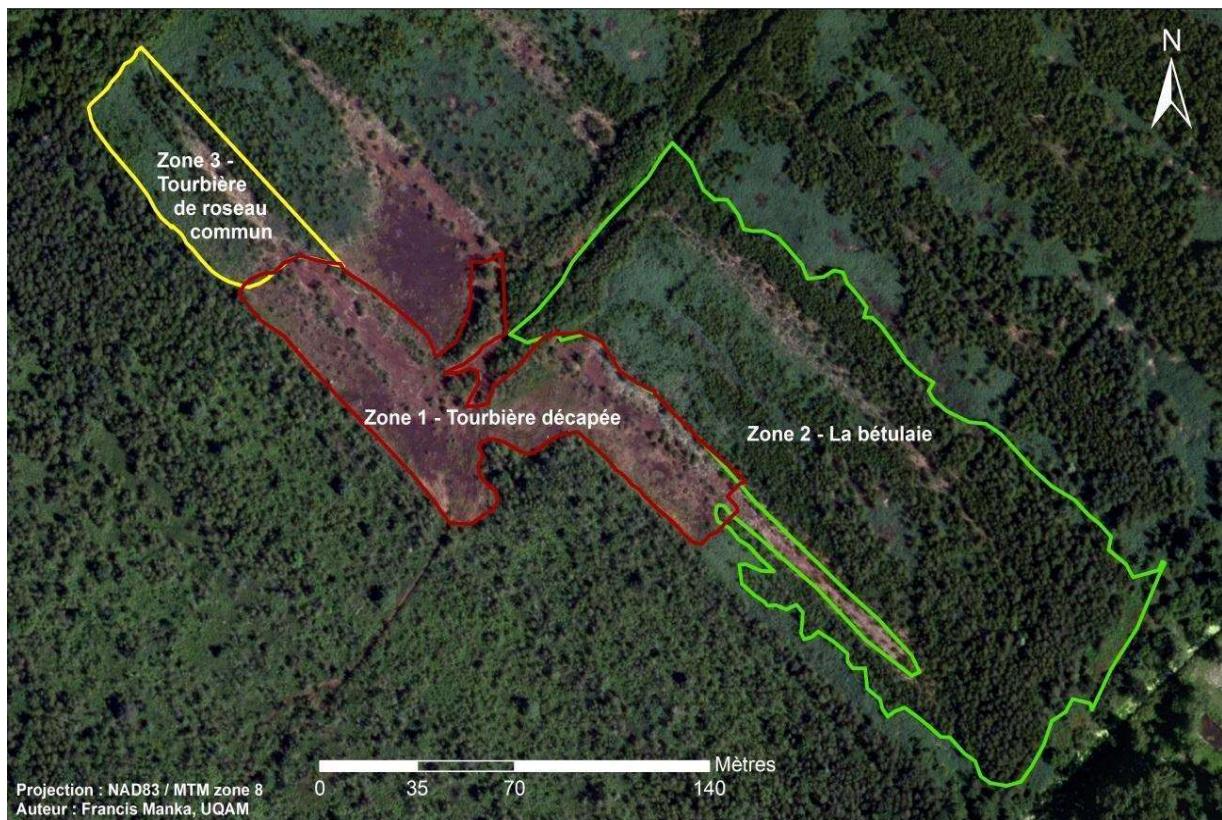
² Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP). (2014). *Le nerprun bourdaine : un envahisseur exotique qui menace l'établissement des plantations*. Avis de recherche forestière. <https://mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Hebert-Francois/Avis52.pdf>



Carte 1. Emplacement de la propriété d'EXO (AMT) à L'Assomption, Québec

Afin de répondre à ces objectifs, une plantation d'essences dans 2,75 ha du BTN fut d'abord effectuée en 2016 par l'équipe de l'UQAM, en collaboration avec la firme WSP, plus précisément sur les lots 2 890 719 et 2 790 721 à 2 790 725 du cadastre du Québec. Le but étant dans un premier temps que les nouvelles plantations compétitionnent avec le roseau commun exotique pour la lumière et, dans un deuxième temps, de créer un écosystème écologique viable. Les plantations et aménagements furent effectués dans trois différentes zones (Carte 2) :

- **Zone 1** : L'établissement d'une forêt dans une zone ouverte pour prévenir l'avancement du roseau ;
- **Zone 2** : L'établissement d'une deuxième cohorte d'arbres dans un peuplement de bouleaux gris qui est à risque d'envasissement par le roseau ;
- **Zone 3** : L'établissement d'une forêt dans une zone dominée par le roseau.



Carte 2. Carte générale des zones de plantation

Afin d'identifier et de documenter les traitements efficaces et rentables de lutte contre le roseau, différents types d'aménagements ont été réalisés à différents endroits. Ces traitements se différencient entre eux par la composition d'espèces plantées (monoculture vs polyculture), la densité de plantation, le milieu de plantation (sur membrane de géotextile, sur des monticules délimités par des sillons, sur sol non modifié avec une plantation directe dans les monocultures de roseau commun, ou à l'intérieur de colonies de roseaux communs préalablement coupées) ou par un mélange de ces paramètres (types de cultures, types d'intervention contre le roseau et types de plantations). A priori, 13 685 plants d'arbres et d'arbustes devaient être plantés pour que toute la superficie visée par l'entente soit traitée (28 988 m²). Le succès des plantations et de la régénération du site est mesuré à travers plusieurs suivis s'échelonnant sur une période de 10 ans (2017 à 2026), incluant des suivis de survie, de croissance (hauteur et diamètre), de vigueurs ainsi qu'un suivi du coefficient de distribution (*stocking*) sur un certain pourcentage des plants ou du territoire. Au Québec, le seuil visé par le MFFP pour déterminer le succès ou non d'une plantation est de 60 % du *stocking*. Puisque nous visons un couvert forestier dense pour empêcher le roseau commun de dominer et de se propager, un seuil de *stocking* plus élevé est souhaité pour assurer le succès de l'aménagement.

Le rapport de cette année, 2021, représente la cinquième année de suivi après la plantation initiale de 2016. L'historique des plantations et aménagements réalisés entre 2016 et 2018 sera d'abord décrit. La section « suivis », qui décrit l'état des plantations au moment des suivis réalisés aux mois de juin et juillet 2021, sera présentée par la suite.

2. HISTORIQUE D'AMÉNAGEMENT ET DE PLANTATION 2016-2018

Le site comprend 3 zones distinctes plantées initialement en septembre et octobre 2016 (Carte 2). À l'été 2017 et à l'automne 2018, de nouveaux arbres ont été plantés pour remplacer ou compenser les arbres morts lors des premières saisons. Des ajustements dans le choix des essences plantées ont été faits dans le but de favoriser le succès du projet.

2.1. Zone 1

2.1.1. Conditions initiales de la zone

La zone 1 ou « tourbière décapée », est une aire ouverte de 5 420 m² sans couvert forestier dont la tourbe a été décapée, il y a plus de 25 ans (Photo 1 à gauche). Le roseau a envahi ce sol perturbé et a été observé en forte densité dans trois endroits de la zone (Carte 3). Cette zone se caractérise également par une faible régénération naturelle de semis installés sur des microsites légèrement surélevés (buttes de plantation ; Photo 1 à droite), incluant essentiellement des bouleaux gris (*Betula populifolia*) et érables rouges (*Acer rubrum*), puis quelques mélèzes laricins (*Larix laricina*), épinettes noires (*Picea mariana*) et cerisier de Virginie (*Prunus virginiana*). Ailleurs que sur ces monticules, les semis établis à la hauteur du sol présentaient des racines pourries résultant probablement d'une fluctuation importante de la nappe phréatique.



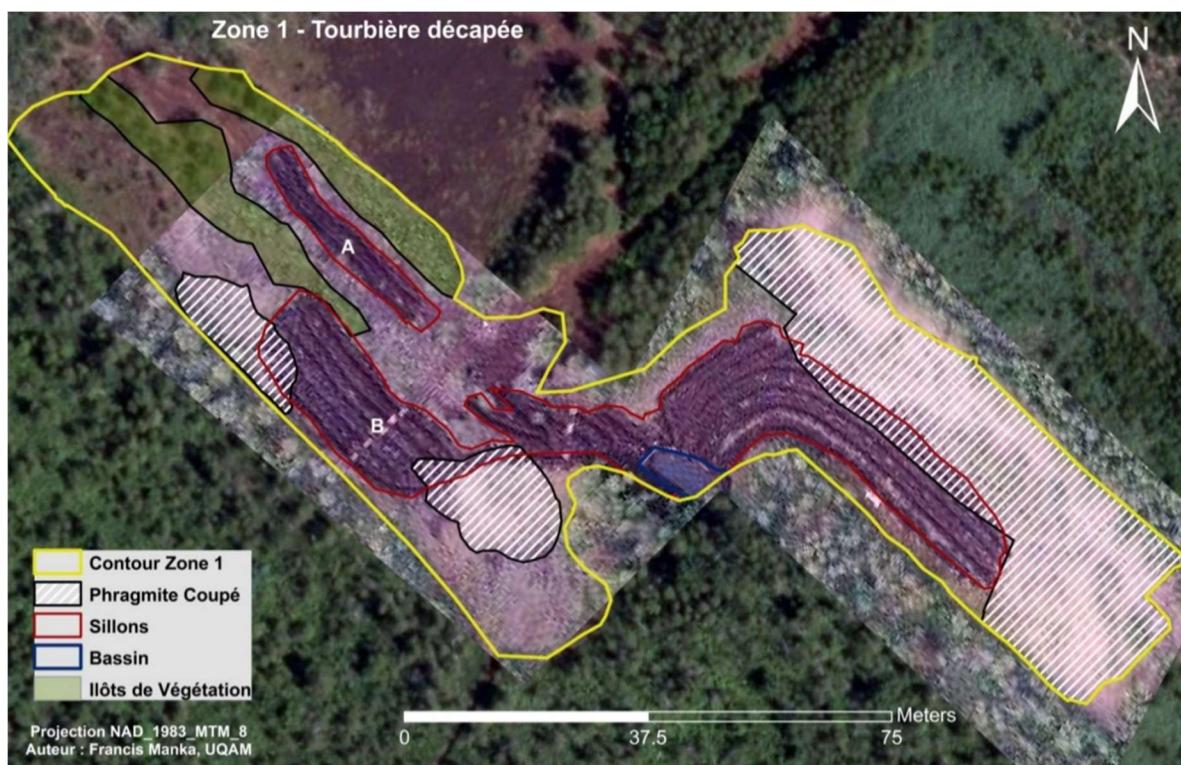
Photo 1. Zone 1 avant et après le creusage des sillons à l'origine des buttes de plantation

2.1.2. Travaux réalisés

À l'intérieur de la zone 1, deux aménagements ont été faits préalablement à la plantation :

1. La coupe du roseau à la débroussailleuse, suivi de son retrait manuel et du recouvrement de ces zones avec une membrane géotextile pour empêcher qu'il ne repousse (Carte 3 et 4) ;

2. Des sillons ont par la suite été creusés pour permettre l'évacuation du surplus d'eau vers un bassin dans les endroits présentant une problématique d'accumulation d'eau. Cette activité a permis de casser des rhizomes de phragmites et s'est avérée efficace comme moyen de contrôle de l'espèce. C'est ainsi que des buttes de plantation ont été créées avec la terre excavée afin de reproduire l'effet de microtopographie retrouvé naturellement sur le site et d'accueillir une plantation surélevée (Carte 3 et 4 ; Photo 1 à droite).



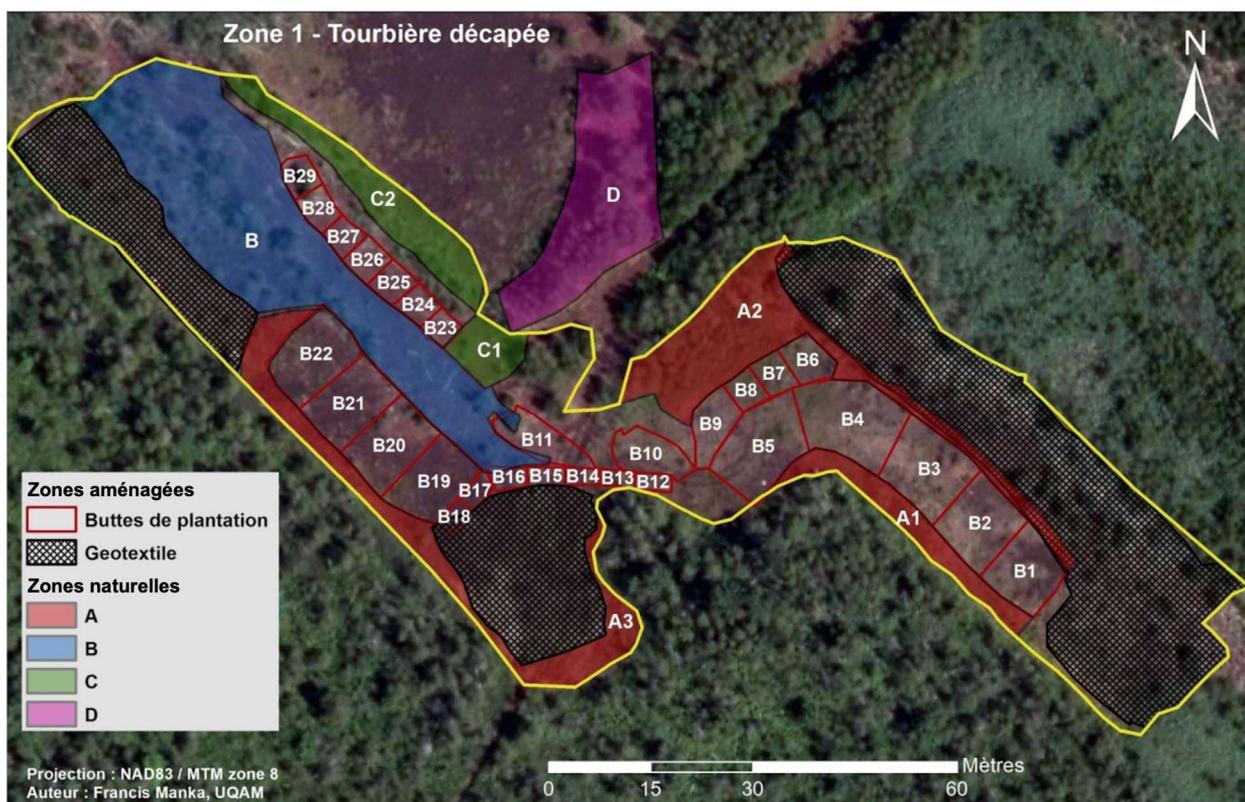
Carte 3. Travaux préalables à la plantation dans la zone 1

La plantation d'arbres fut donc réalisée dans des zones ayant subi des aménagements, ainsi que dans des zones non aménagées, puisque non envahie par le phragmite (zones aménagées et zones naturelles, Carte 4). Dans les zones aménagées de la zone 1, les plantations ont été faites sur une membrane de géotextile et sur des buttes.

2.1.3. Essences et nombre d'arbres plantés dans la zone 1

Au total, 19 essences différentes ont été plantées dans cette zone à une densité de 1 tige/m², à savoir l'aulne crispé (*Alnus viridis crispa*), l'aulne rugueux (*Alnus incana rugosa*), le bleuet à feuilles étroites (*Vaccinium angustifolium*), le cerisier de Virginie, l'épinette blanche (*Picea glauca*), l'épinette noire, l'érable argenté (*Acer saccharinum*), l'érable de Pennsylvanie (*Acer pensylvanicum*), l'érable rouge, le kalmia à feuilles étroites (*Kalmia angustifolia*), le mélèze laricin, le myrique baumier (*Myrica gale* L.), le peuplier deltoïde (*Populus deltoides*), le pin blanc (*Pinus strobus*), le pin gris (*Pinus banksiana*), le rosier des marais (*Rosa palustris*), le sapin baumier (*Abies balsamea*), le saule pourpre (*Salix purpurea*) et le thuya occidental (*Thuja occidentalis*).

Les différents patrons de plantation sont décrits en détail dans les rapports des années précédentes.



Carte 4. Patrons de plantation dans la zone 1

2.2. Zone 2

2.2.1. Conditions initiales de la zone

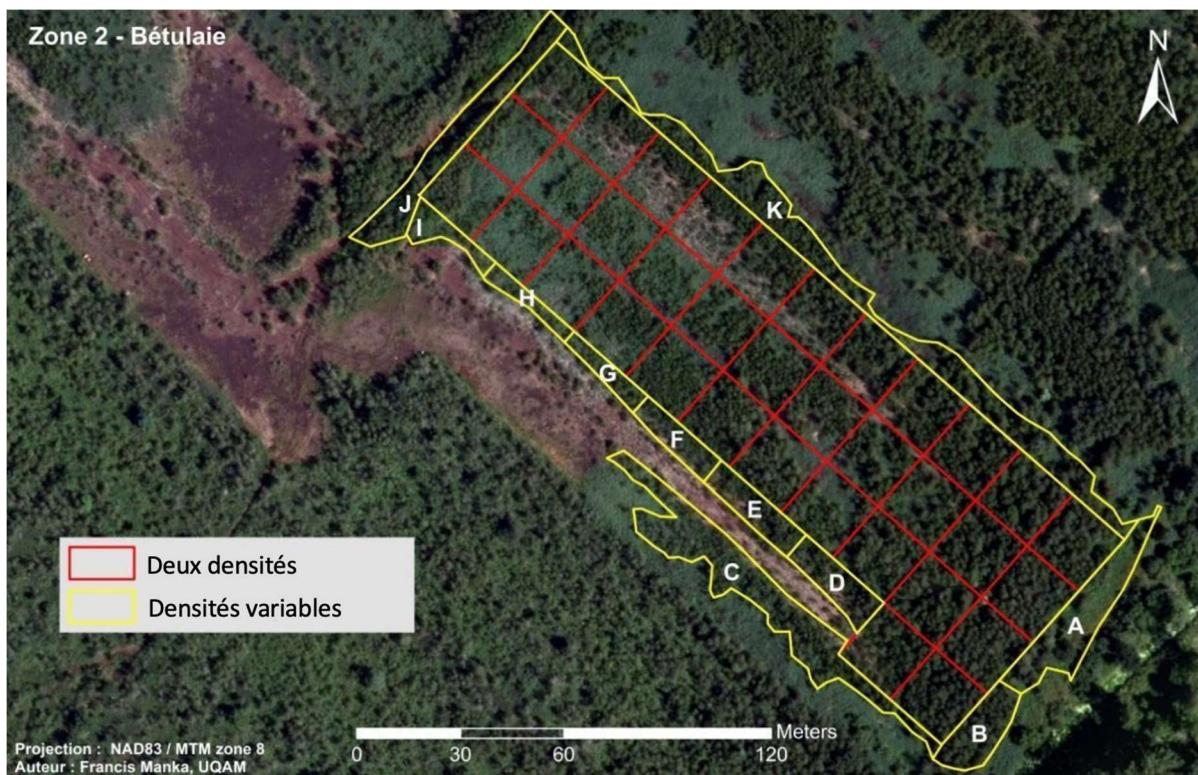
La zone 2, d'une superficie de 19 128 m² est appelée la « bétulaie », puisqu'elle héberge un peuplement de bouleaux gris, dont le sous-bois est envahi de roseau (Photo 2). Le bouleau gris est présent sur plus de 90 % de cette zone. Il s'agit d'une espèce possédant une courte durée de vie en comparaison avec la plupart des autres espèces arborescentes du Québec. À proportion plus faible se trouve des saules, des peupliers faux-trembles (*Populus tremuloides*) et des cerisiers de Virginie dans cette zone. Puisque la densité du roseau commun augmente avec l'ouverture de la canopée, celle-ci est très élevée dans les zones ouvertes de la zone 2 et elle diminue aux endroits où il y a une plus forte présence d'arbres qui participent à refermer la canopée. Les semis d'essences arborescentes sont pratiquement absents de cette zone, la régénération naturelle est donc très limitée, probablement à cause de l'ombrage causé par le roseau et le bouleau.



Photo 2. Bétulaie (zone 2) et son sous-bois de roseau

2.2.2. Travaux réalisés

La plantation en zone 2 a pour but que la population de bouleaux, dont la sénescence débutera dans les prochaines décennies, ne soit pas remplacée par des colonies de roseaux communs. Différents patrons de densité ont été expérimentés dans cette zone, soit une grande zone centrale plantée à deux densités (1 plant/4m² ou 25 m² c'est-à-dire 2500 tiges/ha ou 400 tiges/ha) (la densité faible a été testée comme moyen de transition d'une bétulaie grise à une forêt de stade de succession plus avancé) et le contour planté à densité variable (1 plant/m², /2 m², /4 m² ou /9 m²) (ou 10 000 tiges/ha, 5000, 2500 ou 1111 tiges/ha) (Carte 5).



Carte 5. Patrons de plantations de la zone 2

2.2.3. Essences et nombre d'arbres plantés dans la zone 2

Au total, 3 825 plants de neuf espèces différentes ont été plantés dans la zone 2 ($0,28 \text{ tige/m}^2$ ou 2800 tiges/ha), soit le cerisier de Virginie, l'épinette noire, l'épinette blanche, l'érable argenté, l'érable rouge, le pin gris (près du sentier), le sapin baumier, le thuya occidental et le sumac vinaigrier (*Rhus typhina*).

Dans la zone à deux densités, 35 parcelles de 400 m^2 sont plantées avec trois espèces tolérantes à l'ombre, soit l'érable rouge, le thuya occidental et le sapin baumier. Le contour de la bétulaie a été séparé en 11 sections plantées à des densités variables et en monoculture et polyculture (Carte 5).

En 2017, à la suite d'un broutage important des épinettes noires et blanches par les lapins à queue blanche (*Sylvilagus floridanus*) et les lièvres (*Lepus americanus*), 750 nouveaux plants de sapins baumiers ont été plantés à côté de chaque plant d'épinette pour compenser leur perte éventuelle. Plus tard en 2018, 400 plants (épinette noire, sapin baumier et érable rouge) ont été ajoutés à la zone 2 pour remplacer les arbres morts.

2.3. Zone 3

2.3.1. Conditions initiales de la zone

La zone 3 est appelée la « tourbière de roseau commun ». Cette zone semi-ouverte est située à proximité d'une forêt mixte et est dominée par le roseau (Carte 6). On y trouve néanmoins une densité élevée de gaules et de semis arborescents naturels, principalement de bouleau gris et d'érable rouge, ainsi que d'épinette noire, de cerisier de Virginie et de mélèze laricin. Nous supposons que le roseau n'a pas atteint une densité suffisante pour nuire à l'établissement des arbres.



Carte 6. Patrons de plantations de la zone 3

A : Zone où le roseau a été coupé et retiré, puis est contrôlé annuellement par un pliage manuel ; B : Zone où le roseau a été conservé

2.3.2. Travaux réalisés

Lors des visites de caractérisation du milieu avant la plantation de 2016, nous avons observé des semis de plusieurs espèces qui s'étaient établis dans le phragmite. En plus de vouloir contrôler le roseau commun dans cette zone, notre objectif était aussi de savoir si son retrait avant la plantation amènerait un meilleur taux de survie et de croissance pour les espèces plantées. Pour ce faire, sur une partie de la zone (zone « A »), le roseau fut coupé et retiré du site avant la plantation, tandis que sur l'autre moitié (zone « B ») il fût laissé en place (Carte 6, Photo 3). Lors de la coupe du roseau, un effort a été fait pour préserver la régénération végétale préétablie. Les zones « C » et « D » sont plantées en monoculture, sans aucun traitement préalable.

Pour s'assurer de la pérennité des traitements réalisés dans la zone 3-A, un pliage manuel est réalisé annuellement. Cet aspect sera abordé plus en détail à la section 5.1 portant sur le roseau commun.



Photo 3. Traitements contre le roseau commun dans la Zone 3.

À gauche : zone 3-A. Section de roseau coupé, retiré et entretenue annuellement par un pliage manuel.

À droite : zone 3, B. Section avec le roseau commun laissé intact.

2.3.3. Essences et nombre d'arbres plantés dans la zone 3

En 2016, 3 215 plants ont été plantés, dans les 3 029 m² pour une densité de 1,06 tige/m² (10 600 tiges/ha). Les zones A et B se composent de 24 lignes de plantation espacées de 1 mètre. Huit espèces ont été plantées à raison d'une par ligne avec une distance d'un mètre entre chaque plant, soit le peuplier deltoïde, le pin gris, l'épinette blanche, le mélèze laricin, l'aulne rugueux, le pin blanc, l'érable rouge et l'érable argenté. La plupart des plants dans ces zones ont été protégés contre l'herbivorie. La zone « C » a été plantée au m² en épinette noire, mais n'a pas été protégée. Un taux de broutage important par des lapins et des lièvres a été observé entre 2016 et 2017 sur les épinettes noires dans cette zone. Pour compenser leur perte potentielle à long terme, une nouvelle zone (zone « D », Carte 6) a été plantée au mètre carré en 2017 (10 000 tiges/ha) avec environ 470 sapins baumiers, espèce jugée peu affectée par le broutage. Plutôt que de rajouter des plants autour de ceux broutés comme dans la zone 2, nous avons opté pour la plantation d'une nouvelle zone (« D ») pour augmenter les chances de survie des épinettes en minimisant la compétition avec d'autres plants. En outre, en 2018 environ 570 plants (sapin baumier, peuplier deltoïde, épinette noire et blanche, érable rouge et argenté, mélèze laricin, pin gris et blanc) ont été plantés dans la zone 3 pour remplacer les arbres morts.

3. HISTORIQUE DE BROUTAGE SUR LE SITE

En 2016, au moment de la plantation, les essences les plus susceptibles d'être broutées par le cerf de Virginie (*Odocoileus virginianus*) – l'herbivore observé sur le site avant les plantations – ont été protégées, soit l'érable argenté, l'érable de Pennsylvanie, l'érable rouge, le thuya occidental et le pin blanc. Un total de 3963 plants sur les 14 155 plants plantés, a été protégé, soit 28 % de la plantation qui était protégée. Cependant, ce sont des lapins à queue blanche et les lièvres d'Amérique qui ont causé les dégâts pendant l'hiver et le printemps. Une protection supplémentaire a rapidement été apportée en 2017. Environ 4 000 protecteurs supplémentaires ont été installés sur les essences ayant eu le plus fort taux de broutage de 2016 à 2017, soit les

épinettes blanches, les aulnes rugueux, les pins gris, les saules pourpres et les peupliers deltoïdes, qui ont été protégés en entiereté ainsi que certaines épinettes noires. En raison des coûts reliés aux protecteurs et à leur pose (comparé au budget disponible), il n'était pas possible de protéger tous les plants, en 2017, il y avait donc 7963 plants protégés sur les 14 155 plants (note : plus d'arbres ont été plantés que prévu dans l'entente), soit 56 % de la plantation qui était protégée. Cette protection immédiate a permis d'évoluer vers la réalisation de notre objectif, soit l'établissement d'un nouveau couvert forestier, en permettant à plus de la moitié de la plantation de croître.

Notre réaction subséquente visant à protéger les plants par des protecteurs individuels a fait ses preuves : la survie et la croissance des espèces sensibles au broutage ont été améliorées après l'installation de protecteurs (voir rapports 2018 et 2019 tableaux 5 et 6). Cependant, des protecteurs n'ont pas été installés autours de tous les plants d'espèces sensibles. Or, le broutage affecte toujours significativement les espèces sensibles non protégées dans les plantations, tant en limitant leur croissance, qu'en augmentant le nombre d'arbres dépérissants et ultimement d'arbres morts. En 2020, les quatre espèces les plus broutées étaient le sapin baumier, l'épinette noire, le cerisier de Virginie et le pin gris.

4. SUIVIS 2021

Le but du projet de compensation est d'aménager et de conserver un écosystème viable. Pour parvenir à ce but, il était d'abord nécessaire de développer des méthodes de lutte contre le roseau commun, notamment en réalisant des plantations de végétaux et des aménagements territoriaux réalisés en 2016 et 2017 (abordés à la section 2). Le but des plantations étant dans un premier temps de réaliser une fermeture de la canopée afin d'entrer en compétition avec le roseau et, dans un deuxième temps, d'ajouter à la valeur écologique de l'écosystème, en incluant une plus grande biodiversité par une plantation floristique diversifiée d'espèces indigènes et d'espèces facultatives ou obligées de milieux humides.

Tel que mentionné précédemment, le succès de l'aménagement sera mesuré à partir des résultats obtenus au cours des suivis annuels qui ont lieu au début de chaque saison estivale. Pendant la saison de suivis, plusieurs aspects de la plantation sont mesurés, tels que la survie, l'état des plants (vigueur), le broutage et finalement la croissance. En 2019, le MFFP et le MELCC nous ont conseillé de réaliser un exercice de définition de couvert forestier, en suivant la méthode de « *stocking* » afin d'avoir une mesure qui prévoit la probabilité de la fermeture de la canopée dans les prochaines années. Pour cette raison, le succès de la plantation est mesuré en fonction des résultats obtenus pour ce suivi qui sera abordé à la section 4.1 suivante.

4.1. Suivi du coefficient de distribution (*stocking*)

Nous évaluons la répartition de la régénération sur le site à l'aide de la méthode de « *stocking* » (coefficient de distribution), technique utilisée en foresterie pour juger le succès ou non des plantations. Le *stocking* est la méthode utilisée par le MFFP et consiste comme suivant : pour chaque zone, un échantillonnage de la répartition de la régénération est effectué en utilisant une

série de quadrats de 4 m² établis systématiquement dans la zone de plantation. Le pourcentage de quadrats ayant au moins un arbre vivant recensé indique la probabilité qu'un site soit recouvert d'une canopée fermée lorsque la plantation aura atteint la maturité. Au Québec, le seuil visé par le MFFP pour déterminer le succès ou non d'une plantation commerciale est de 60 % du *stocking*³. Nous visons donc un couvert forestier dense pour empêcher le roseau commun de dominer et de proliférer. En ce sens, un seuil de *stocking* plus élevé (> 60 %) est souhaité.

Puisque nous sommes dans un écosystème tourbeux, des arbustes ont aussi été plantés dans les zones les plus dénudées et profondes, qui sont caractéristiques de ce milieu (zone 1 : Photo 1, Carte 3). Lors du recensement, nous avons distingué les arbres et arbustes plantés des arbres et arbustes indigènes qui sont naturellement présents sur les lieux. Le *stocking* des arbres et arbustes peut donc être retrouvé sous la colonne « plantés et indigènes » (Tableau I) présenté dans la section 4.1.2 des résultats.

4.1.1. Méthodologie

Tous les plants vivants furent considérés en incluant les individus intacts, broutés et légèrement dépéris. Les arbres morts ou sévèrement dépéris (> 75 %), n'ont pas été pris en compte lors du *stocking*. À l'aide d'un azimut aléatoire, un nombre de quadrats prédéfinis (4 m²) a été mesuré à une distance de 5 mètres l'un de l'autre afin de dénombrer le nombre d'arbres et d'arbustes vivants dans les trois différentes zones de la tourbière. Les arbres et arbustes ont été inclus ensemble dans les taux de *stocking* de l'année 2021 en raison d'une erreur d'interprétation du protocole. Les suivis des prochaines années intégreront une description du milieu par groupement d'essences, c'est-à-dire que le calcul du *stocking* se fera en séparant les arbres et les arbustes en deux catégories exclusives.

Dans la zone 1, 43 quadrats aléatoires ont été définis, 25 quadrats pour la zone 2, ainsi que pour la zone 3.

4.1.2. Résultats

Comme indiqué dans le tableau I, le *stocking* moyen des arbres et arbustes plantés pour les trois zones confondues est de 81 %, comparativement à 94 % pour les arbres et arbustes plantés et indigènes. De plus, en moyenne, 47 % des quadrats recensés ne contenaient aucun plant mort. Ces résultats suggèrent donc que le site se régénère bien et qu'il pourra y avoir un bon recouvrement de la canopée lorsque la plantation aura atteint sa pleine maturité.

Tableau I : Stocking (coefficient de distribution) par zone de plantation pour les arbres et les arbustes ligneux.

³ Thiffault, N., Roy, V., Prégent, G., Cyr, G., Jobidon, R. et Ménétrier, J. (2003). La sylviculture des plantations résineuses au Québec. *Le Naturaliste Canadien*, 127(1), 63 - 80

Le tableau présente le *stocking* des nouveaux plants qui ont été plantés en 2016-2018, des plants indigènes naturellement présents avant la plantation, et ceux ayant poussé à la suite de la plantation. Le *stocking* total prend en compte les arbres et les arbustes plantés et indigènes au sein d'un même quadrat.

	<i>Stocking arbres et arbustes</i>	
	Plantés	Plantés et indigènes
Zone 1	84 %	98 %
Zone 2	68 %	94 %
Zone 3	92 %	100 %
Moyenne 3 zones	81 %	94 %

Une grande superficie de la zone 2 (la zone plantée à plus faible densité) est fortement envahie par le roseau commun, son *stocking* est donc le plus faible observé, avec une valeur de *stocking* de 68 % pour les arbres et arbustes plantés. Néanmoins, le *stocking* moyen observé dans cette zone pour les arbres et arbustes plantés et indigènes est passé de 72 % en 2020 à 94 % en 2021, ce qui représente des résultats encourageants en lien avec la régénération de ce milieu et la fermeture de la canopée. Qui plus est, bien que le *stocking* soit plus faible dans la zone 2, celui-ci demeure plus élevé que les standards établis du MFFP (60 %). Également, il faut noter que ce *stocking* n'inclut pas la strate dominante de bouleau gris, et, par conséquent, la transition d'un couvert forestier vers un autre semble bien en place.

L'ensemble des résultats de *stocking* témoignent que le site est en bonne voie de régénération et de création d'une nouvelle canopée. En ce sens, nos plantations semblent avoir été bénéfiques pour accélérer cette fermeture et permettre l'implantation de nouveaux individus indigènes. En effet, la moyenne générale du site étant de 34 points de pourcentage plus élevée que ce seuil de 60 %, cela sera suffisant pour assurer une fermeture de la canopée dans les trois zones du site (Tableau I).

4.2. Suivi de la survie et de la mortalité de la plantation

4.2.1. Méthodologie

Pour tous les plants recensés en 2021 (9 104 plants, dont 92 % sont vivants), un suivi de la survie/mortalité a été fait en juin et juillet 2021 pour une cinquième année consécutive. Ce suivi consiste à noter, pour chaque espèce, le nombre de plants qui sont vivants et morts. Pour que le

plant soit considéré comme vivant, celui-ci doit faire de la photosynthèse. Par conséquent, les plants considérés comme morts n'ont plus de feuilles, d'aiguilles, ou de bourgeons vivants.

Pour ce même suivi, une seconde note est prise lorsqu'un plant vivant dépérit. Les plants classifiés comme dépéris ont des défauts sur plus de 75 % de leur intégrité physique, mais ils sont tout de même toujours capables de faire de la photosynthèse grâce à au moins 25 % du plant demeuré intact, ce qui leur offre des chances de mieux se porter dans années à venir. Les différents défauts qui peuvent être observés et recensés au BTN sont distingués à l'aide des appellations suivantes : bourgeons morts, broutage, peu de feuilles, dessiccation hivernale, plant brisé. Depuis les dernières années, la présence de protecteurs a aussi été recensée pour tous les plants afin d'avoir une idée du pourcentage de plantation protégée contre l'herbivorie et d'être en mesure de comparer le succès de survie et la croissance de ces plants.

4.2.2. Résultats

Le suivi de 2021 a permis de recenser 9 104 plants au total dans toutes les zones financées par EXO, soit les zones 1, 2 et 3. Pour toutes les zones confondues, le taux de survie pour l'année 2021 est 92 %, soit 8 412 plants vivants sur les 9 104 recensés (Tableau II). Plus précisément, 5 131 (61 %) sont vigoureux, puisqu'ils ont entre 0 et 75 % de défauts, et 3 281 (39 %) sont considérés comme dépéris, puisqu'ils ont plus de 75 % de dommages. Les plants considérés comme morts à l'année 2017, 2018, 2019 et 2020 n'ont pas été inclus dans le nombre total des plants pour 2021. Le taux de mortalité pour l'année 2021 est de 7,6 % : 692 plants considérés comme vivants ou dépéris en 2020 sont morts au cours cette année.

Les espèces les plus abondantes dans les zones de compensation EXO sont l'épinette noire et blanche, le sapin baumier, le thuya occidental, le pin gris, le mélèze et l'érable rouge. De ces espèces, le sapin est majoritairement dépéri (93 %), avec une mortalité égale à 18 % en 2021. La cause de cette condition est majoritairement le broutage exercé par les herbivores. En effet, seulement 3 % des sapins étaient protégés en 2020, et ils ont subi grandement les conséquences de l'herbivorie. Également, malgré un taux de mortalité nul, 63 % de des épinettes noires était considéré comme dépéri en 2021. Les espèces abondantes ayant un meilleur taux de survie, incluent le mélèze, le pin gris, l'épinette blanche, le thuya occidental et l'érable rouge qui ont plus de 60 % de plants vivants et vigoureux. Le mélèze, l'épinette blanche et le pin gris ont eux aussi un taux de mortalité nul en 2021 (Tableau II).

Les arbustes incluant l'aulne rugueux, le kalmia à feuilles étroites, le myrique baumier et le bleuet à feuilles étroites semblent bien se porter à l'année 2021. Ces derniers ont plus de 65 % de leurs plants qui sont vigoureux, et certains ont un taux de mortalité nul. Les résultats obtenus au tableau II montrent que la pose de protecteurs serait bénéfique sur les sapins baumiers, les épinettes et les rosiers des marais.

Tableau II. Vitalité des plants selon leur espèce entre 2020 et 2021. Nombre total de plants recensés pour chaque espèce présente dans les zones 1, 2 et 3 lors du suivi à l'été 2021, nombre total de ces plants étant vivants, pourcentage des plants vivants étant vigoureux (très vigoureux, vigoureux et peu

vigoureux), pourcentage des plants vivants étant dépéris (très peu vigoureux) ainsi que le pourcentage de plants étant morts entre le printemps 2020 et 2021.

Espèce	Total	Vivants	Vivants vigoureux	Vivants dépéris	Morts
<i>Abies balsamea</i>	1355	1106	7 %	93 %	18 %
<i>Acer pensylvanicum</i>	31	18	17 %	83 %	42 %
<i>Acer rubrum</i>	725	698	89 %	11 %	4 %
<i>Acer saccharinum</i>	420	359	70 %	30 %	15 %
<i>Alnus rugosa</i>	471	388	66 %	34 %	18 %
<i>Kalmia angustifolia</i>	63	63	83 %	17 %	0 %
<i>Larix laricina</i>	1099	1099	82 %	18 %	0 %
<i>Myrica gale L.</i>	312	306	87 %	13 %	2 %
<i>Pinus banksiana</i>	818	818	64 %	36 %	0 %
<i>Picea glauca</i>	722	719	69 %	31 %	0 %
<i>Picea mariana</i>	1123	1123	37 %	63 %	0 %
<i>Picea sp. *</i>	96	69	33 %	67 %	28 %
<i>Pinus strobus</i>	303	302	76 %	24 %	0 %
<i>Populus deltoides</i>	117	30	17 %	83 %	74 %
<i>Prunus virginiana</i>	69	66	14 %	86 %	4 %
<i>Rhus typhina</i>	4	2	0 %	100 %	50 %
<i>Rosa palustris</i>	75	65	45 %	55 %	13 %
<i>Salix purpurea</i>	16	0	0 %	0 %	100 %
<i>Thuja occidentalis</i>	1110	1006	79 %	21 %	9 %
<i>Vaccinium angustifolium</i>	175	175	75 %	25 %	0 %
Total	9104	8412	61 %	39 %	8 %

* Le groupement *Picea sp.* inclut tous les individus d'épinettes n'ayant pu être identifiées à l'espèce, soit dû à leur petite taille, leur immaturité ou à leur détérioration. Il inclut donc des espèces d'épinettes noires et blanches.

4.3. Suivi de la vigueur

4.3.1 Méthodologie

Afin d'avoir une idée de l'état des plants vivants, un suivi de la vigueur fut effectué sur près de 40 % des plants de la plantation. Les 4245 arbres et arbustes mesurés furent prédefinis lors de la création des patrons de plantation, soit en 2016. Ce suivi est basé sur une méthode de classification d'arbres en foresterie, soit de grouper les arbres en quatre classes :

1. **Très vigoureux** : le plant est en très bon état, il a très peu de défauts, s'il y en a, ils sont sur moins de 25 % du plant ;
2. **Vigoureux** : le plant est en bon état, il fait de la photosynthèse sur plus de 50 % de son corps, il peut donc avoir entre 25 et 50 % de défauts ;
3. **Peu vigoureux** : Les plants peu vigoureux ont plus de difficulté à faire de la photosynthèse, ceux-ci en font sur moins de 50 % de leur corps, ils ont donc des défauts sur 50 à 75 % de leur corps ;
4. **Dépéris** : Les plants dépérissent ont des défauts sur plus de 75 % de leurs corps, ils ont donc du mal à faire une photosynthèse efficace.

4.3.2 Résultats

Sur les plants mesurés en 2021, 32 % sont très vigoureux et un peu plus du quart (27 %) sont vigoureux, ce qui équivaut à 59 % des plants qui sont classifiés comme étant en bon état (Tableau III). Pour ce qui est des arbres en moins bon état, 24 % et 18 % des arbres ont de 50 % à 75 % de dommage et plus de 75 % de dommage, respectivement (Figure 1). Ainsi, les plants en bon état sont supérieurs en nombre que ceux ayant plus de dommages.

Parmi les arbres très vigoureux, les feuillus incluent l'érable rouge (35 %), l'aulne rugueux (40 %) et le myrique baumier (58 %), alors que pour les conifères, on y retrouve l'épinette blanche (35 %) et le pin gris (48 %). À l'opposé, pour les arbres notés comme très dépéris, le sapin baumier (86 %), le peuplier deltoïde (83 %) et le cerisier de Virginie (85 %) sont les plus nombreux parmi cette catégorie avec plus de 80 % de leurs individus. Ces individus représentent donc une condition inquiétante et leur survie devrait être surveillée (Tableau III).

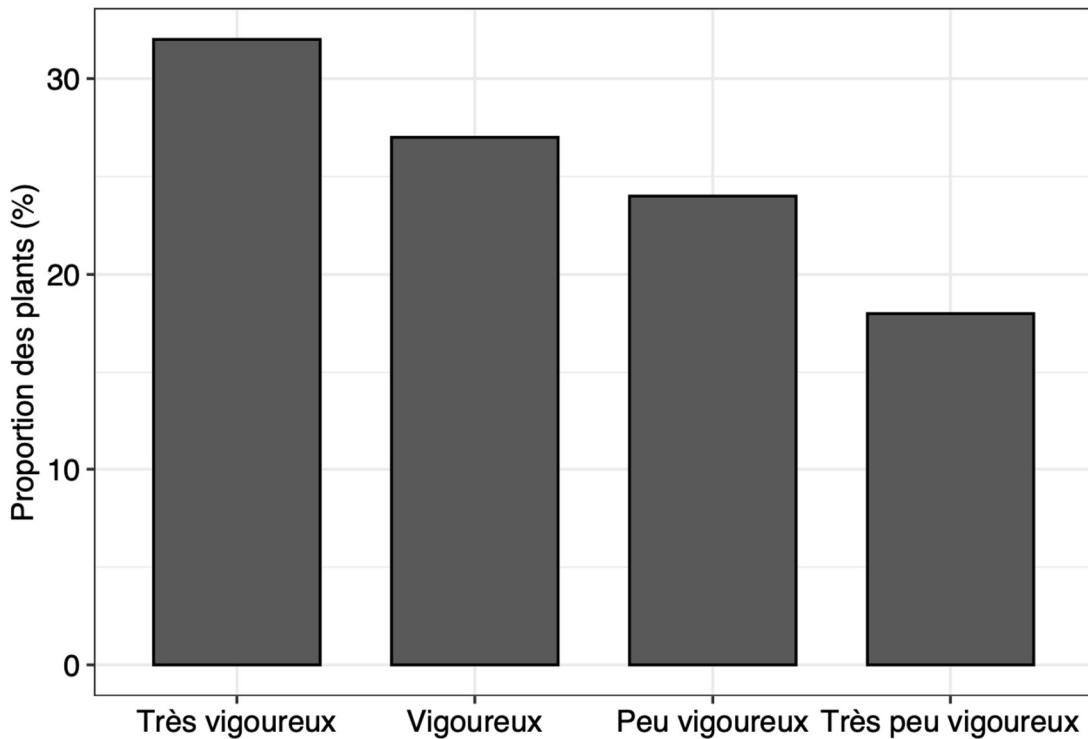


Figure 1. Proportion des plants selon quatre catégories de vigueur.

Tableau III. Proportion des plants selon quatre catégories de vigueur par espèce.

Espèces	Très vigoureux	Vigoureux	Peu vigoureux	Dépéris
<i>Abies balsamea</i>	0 %	1 %	12 %	86 %
<i>Acer rubrum</i>	35 %	28 %	26 %	11 %
<i>Acer saccharinum</i>	18 %	21 %	30 %	30 %
<i>Alnus rugosa</i>	40 %	26 %	20 %	15 %
<i>Kalmia angustifolia</i>	11 %	30 %	41 %	17 %
<i>Larix laricina</i>	41 %	31 %	21 %	7 %
<i>Myrica gale L.</i>	58 %	14 %	15 %	13 %
<i>Picea glauca</i>	35 %	28 %	26 %	11 %
<i>Pinus banksiana</i>	49 %	24 %	15 %	12 %
<i>Pinus strobus</i>	11 %	37 %	31 %	21 %
<i>Populus deltoides</i>	0 %	7 %	10 %	83 %

<i>Prunus virginiana</i>	0 %	0 %	15 %	85 %
<i>Thuja occidentalis</i>	28 %	41 %	24 %	7 %
<i>Vaccinium angustifolium</i>	6 %	23 %	46 %	25 %
Total	32 %	27 %	24 %	18 %

4.4. Suivi du broutage

L'an dernier (2020), une analyse du broutage a été réalisée afin d'avoir une idée des espèces étant les plus susceptibles de subir l'herbivorie. À ce moment, le broutage avait été observé sur plus de 60 % de la plantation (6682 plants). Les arbres les plus susceptibles de subir l'herbivorie, soit ayant un taux de broutage supérieur à 20 %, incluaient s les sapins baumiers, les mélèzes laricins, les épinettes, les cerisiers de Virginie et les rosiers des marais. Ainsi, lorsque possible, une protection a été apportée aux arbres à haut risque de voir leur état affecté. Par exemple, en 2020, on observait le plus haut taux de broutage chez le sapin (46 %), ainsi que le plus haut pourcentage de déprérissement (voir rapport 2020). En ce moment, seulement 3 % des plants de sapin baumier étaient protégés (Tableau IV).

En 2020 et 2021, des protecteurs en place sur certaines espèces suffisamment grandes, ou individus morts, ont été repris en vue de les installer sur des espèces pour lesquelles un taux plus important de broutage avait été recensé. En raison des coûts reliés à la pose des protecteurs, il n'était pas possible d'installer tous les protecteurs disponibles. De plus, la plupart des protecteurs sont présentement en très mauvais état, plus précisément, le bois de la structure est pourri, donc il casse lorsque nous essayons de l'enfoncer dans le sol, rendant ainsi le protecteur désuet. Le tableau IV présente le recensement des arbres protégés par espèce pour les années 2020 et 2021. Ainsi, en 2021, les effectifs de protection ont été augmentés pour le sapin baumier (3 % en 2020 ; 17 % en 2021) et pour les épinettes (20 % en 2020 ; 32 % en 2021) avec la pose de protecteurs réutilisés sur les individus mentionnés, comme *Picea sp.* qui présente une plus grande détérioration que l'épinette blanche par exemple. Sur les 9 104 plants recensés en 2021, 4 218 étaient protégés, soit 46 % de la plantation.

Ces résultats ont permis de mettre en évidence les individus les plus vulnérables à l'herbivorie et de faire un nouveau suivi annuel qui concerne leur protection de sorte à améliorer leur condition. Étant donné l'abondance de sapins baumiers et d'épinettes au sein de la plantation et leur grande vulnérabilité à l'herbivorie, leur protection est essentielle pour augmenter le taux de survie et de croissance de la plantation en général. Ainsi, dès que les ressources sont présentes, des protecteurs doivent être mis en place pour favoriser la pérennité des plantations et l'établissement d'une canopée. De plus, les résultats présentés au tableau IV montrent qu'encore trop de sapins baumiers et d'épinettes manquent de protection. Puisqu'il est plus stratégique de protéger les arbres sur place que de les remplacer annuellement avec de nouveaux plants, il serait efficace d'acheter du nouveau bois pour la structure des protecteurs et de réutiliser les filets des protecteurs des arbres morts, afin de pouvoir les poser sur des plants déjà existants non protégés.

En effet, plus le nombre d'individus à remplacer annuellement est faible, moins il sera long d'établir une cohorte d'arbres qui entraîneront la création d'un couvert forestier afin de compétitionner avec le roseau commun. Une attention devra donc être apportée dans les années à venir pour pallier ce manque grâce à l'obtention de financement pour poser davantage de protecteurs.

Tableau IV. Proportion des plants protégés en 2020 et 2021

Espèces	Protégés en 2020	Protégés en 2021
<i>Abies balsamea</i>	3 %	17 %
<i>Acer rubrum</i>	100 %	100 %
<i>Acer saccharinum</i>	100 %	100 %
<i>Alnus rugosa</i>	85 %	74 %
<i>Pinus banksiana</i>	68 %	60 %
<i>Picea glauca</i>	75 %	71 %
<i>Picea mariana</i>	67 %	31 %
<i>Picea sp. *</i>	20 %	32 %
<i>Pinus strobus</i>	100 %	91 %
<i>Populus deltoides</i>	100 %	100 %
<i>Prunus virginiana</i>	0 %	2 %
<i>Rosa palustris</i>	0 %	3 %
<i>Thuja occidentalis</i>	100 %	100 %

* Le regroupement *Picea sp.* inclut tous les individus d'épinettes n'ayant pas pu être identifiées à l'espèce, soit dû à leur petite taille ou à leur détérioration. Il inclut donc des espèces d'épinettes noires et blanches.

4.5. Suivi de la croissance

Le suivi de la croissance a été effectué pour une cinquième année consécutive, où la hauteur a été mesurée sur les mêmes plants ayant été prédéfinis en 2016. En 2021, ce suivi a été effectué sur 4 334 arbres et 1 004 arbustes. Ce nombre représente donc 39 % des individus ayant été initialement plantés.

Tableau V. Hauteur (cm) à l'année 2021 des arbres et des arbustes selon l'espèce. Nombre total des plants mesuré pour chaque espèce présente dans les zones 1, 2 et 3 lors du suivi à l'été 2021 ainsi que leur proportion pour différentes classes de hauteur en centimètres (cm).

Espèces	Nombre total d'individus	0-25 cm	25-50 cm	50-100 cm	100-200 cm	> 200 cm
Arbres						
<i>Abies balsamea</i>	370	92 %	8 %	0 %	0 %	0 %
<i>Acer pensylvanicum</i>	12	25 %	58 %	8 %	8 %	0 %
<i>Acer rubrum</i>	698	3 %	12 %	44 %	33 %	8 %
<i>Acer saccharinum</i>	355	10 %	17 %	41 %	22 %	9 %
<i>Larix laricina</i>	843	1 %	9 %	53 %	32 %	5 %
<i>Picea glauca</i>	565	16 %	19 %	61 %	4 %	0 %
<i>Picea mariana</i>	183	21 %	35 %	42 %	2 %	0 %
<i>Pinus banksiana</i>	413	5 %	9 %	30 %	52 %	5 %
<i>Pinus strobus</i>	290	7 %	32 %	45 %	16 %	0 %
<i>Populus deltoides</i>	30	17 %	43 %	30 %	10 %	0 %
<i>Thuja occidentalis</i>	575	2 %	54 %	44 %	0 %	0 %
Arbustes						
<i>Alnus rugosa</i>	333	8 %	15 %	31 %	40 %	7 %
<i>Kalmia angustifolia</i>	63	3 %	40 %	57 %	0 %	0 %
<i>Myrica gale L.</i>	306	3 %	20 %	72 %	6 %	0 %
<i>Prunus virginiana</i>	66	61 %	33 %	6 %	0 %	0 %
<i>Rhus typhina</i>	2	50 %	50 %	0 %	0 %	0 %
<i>Rosa palustris</i>	59	31 %	34 %	36 %	0 %	0 %
<i>Vaccinium angustifolium</i>	175	84 %	14 %	2 %	0 %	0 %

En 2020, les arbres qui avaient atteint une hauteur au-delà de 200 cm incluaient 3 espèces, soit : l'érable rouge, l'érable argenté et le mélèze laricin. En 2021, 4 espèces ont atteint cette classe de grandeur, soit : l'érable rouge (8 %), l'érable argenté (9 %), le mélèze laricin (5 %), ainsi qu'une nouvelle essence le pin gris (5 %) (Tableau V). La quantité d'individus ayant atteint une hauteur au-delà de 200 cm est à la hausse cette année (Figure 2).

Pour la catégorie des espèces d'arbres ayant atteint des tailles entre 100 et 200 cm, elle inclut en 2021 tous les types d'érables, d'épinettes, de pins, ainsi que le mélèze laricin et le peuplier deltoïde. À titre de comparaison, en 2020, seulement le peuplier deltoïde, l'épinette blanche (protégée) et le thuya avaient atteint cette hauteur.

Comme pour l'année précédente, les sapins baumiers se trouvent encore majoritairement dans la catégorie de moins de 25 cm (92 %) et seulement 8 % des individus mesurés font entre 25 et 50 cm de hauteur. Comme représenté à la figure 2, la catégorie d'arbres mesurant entre 25-50 cm se trouve à la baisse pour cette année.

Pour ce qui est des arbustes, l'aulne rugueux a en 2021 des individus ayant atteint une hauteur de plus de 200 cm (7 %). Comme pour l'année 2020, ceux ayant atteint une hauteur de plus de 100 cm incluent seulement les aulnes rugueux (40 %) et les myriques baumiers (6 %). La majorité des bleuets à feuilles étroites (84 %) et des cerisiers de Virginie (61 %) font moins de 25 cm de hauteur (Tableau V).

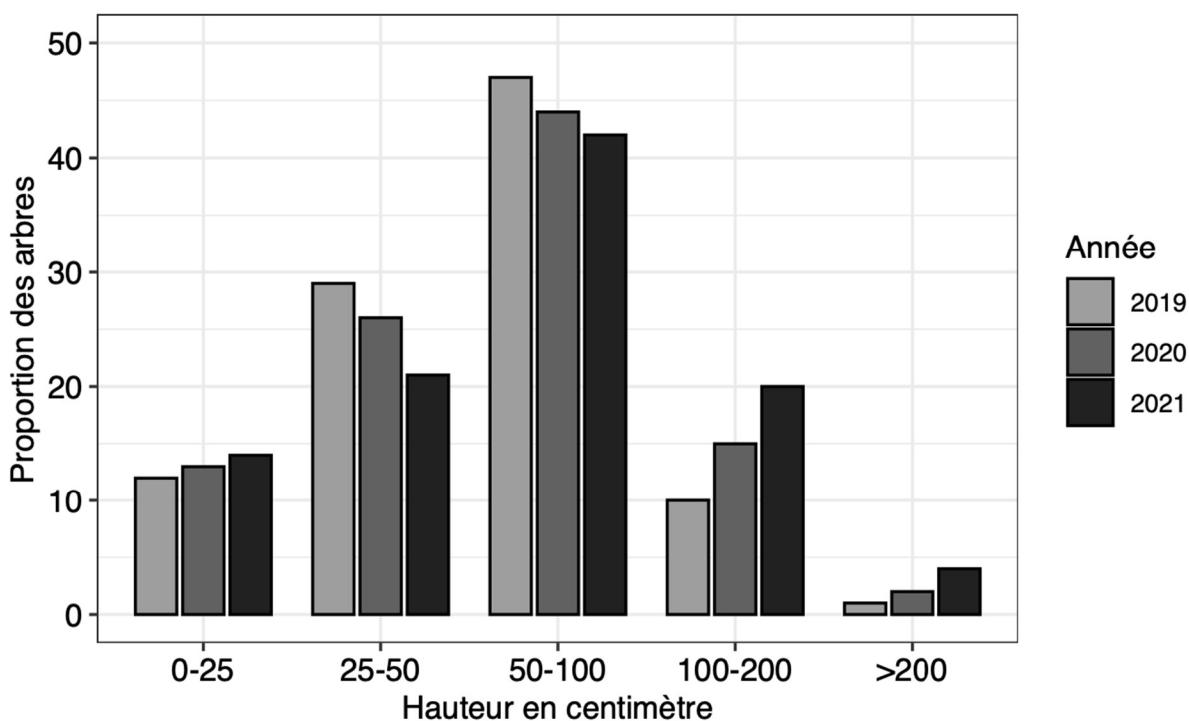


Figure 2. Proportion des arbres selon différentes catégories de hauteur pour 2019 à 2021.

Tel que le montre la figure 2 ci-dessus, la proportion des catégories de croissance est répartie différemment entre 2019 et 2021. Deux tendances positives peuvent être observées. Premièrement, il y a une hausse de la proportion des plants de faible taille (0-25 cm). En second lieu, une augmentation de la proportion des plants de plus grande taille (100-200 cm) est observée. Les résultats de croissance pour la catégorie de hauteur de plus de 200 cm sont relativement stables, mais tout de même à la hausse.

Ces résultats sont encourageants, car ils représentent une hausse appréciable de la population en vue de l'établissement d'un couvert forestier. Également, la hausse des arbres mesurant entre 0-25 cm laisse croire qu'il y a une baisse d'herbivorie grâce à l'ajout de protection chez les arbres de petites tailles normalement fortement broutés , comme le sapin baumier et les épinettes. En ce sens, l'ajout de protecteurs au sein des plantations a assurément contribué positivement à la croissance moyenne de la plantation.

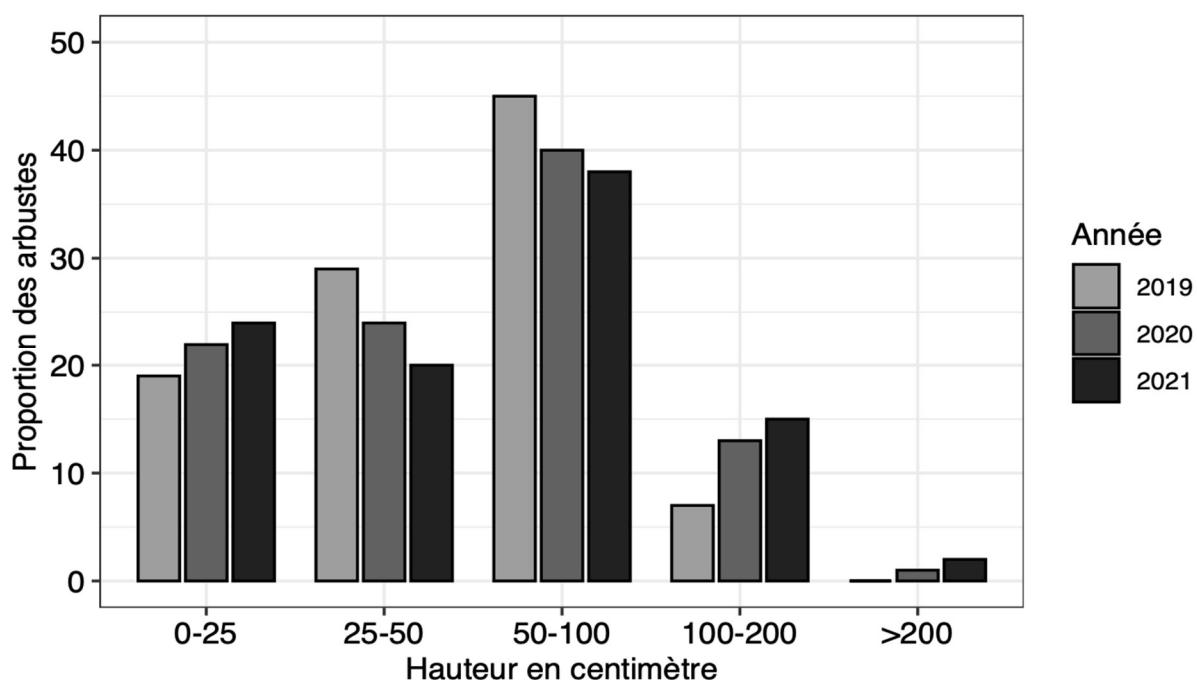


Figure 3. Proportion des arbustes selon différentes catégories de hauteur pour 2019 à 2021.

Pour ce qui est des arbustes, on peut observer les mêmes tendances que celles observées chez les arbres, soit : une augmentation des plants entre 0 et 25 cm et une augmentation des plants de plus de 100 cm. Encore une fois, ces résultats sont favorables afin d'atteindre l'objectif de reboisement et de création d'une canopée (Figure 3).

4.6. Conclusion sur les résultats des suivis

À l'issue du suivi de cette année, nous observons 3 059 tiges/ha en considérant les arbustes et les arbres plantés et 2 672 tiges/ha en considérant seulement les arbres plantés. Or, la densité

prescrite par le MFFP pour ce type de projet en plantation mixte se situe entre 1 000 et 2 000 plants/ha (0,1 à 0,2 tige/m²)³. Les résultats globaux du *stocking* de 2021 (88 %) montrent que la canopée est propice à se fermer lorsque la plantation aura atteint sa maturité. Dans les années à venir, quand les arbres auront atteint un diamètre à la hauteur de poitrine (DHP) de plus de 5 cm, nous évaluerons la fermeture de la canopée de façon plus concrète. Celle-ci sera mesurée en utilisant plusieurs techniques, soit : les photos hémisphériques du sol vers le ciel pour calculer le pourcentage d'ouverture et les calculs de la surface foliaire (*leaf area index*). Entre-temps, l'évaluation du *stocking* et la croissance de plusieurs espèces nous fournissent le meilleur indice concernant la fermeture de la canopée à long terme. Les résultats issus du suivi 2021 est fortement encourageant.

En 2021, 46 % des plants sont protégés par des protecteurs, les résultats obtenus suggèrent que les protecteurs assurent la survie et la croissance des plants face au risque d'herbivorie. Les résultats du suivi de la croissance montrent une hausse des plants ayant une hauteur de plus de 100 centimètres, autant chez les arbres que les arbustes. Le suivi de la vigueur de la plantation montre que 59 % des plants sont très vigoureux ou vigoureux.

Selon notre analyse, il serait pertinent de continuer à protéger les plants existants contre l'herbivorie. Plus concrètement, la protection du sapin baumier et l'épinette noire, deux espèces fortement abondantes dans la plantation et grandement affectées (sur les plans croissance et survie) par le broutage. Nous estimons que cette action permettra d'atteindre les objectifs de fermeture de canopée beaucoup plus rapidement que d'ajouter de nouveaux plants. Nos recommandations à cet effet pour les futurs projets sont de mettre l'emphase sur la protection d'individus plutôt que sur le remplacement des plants morts dans les premières années de plantation. En termes de nombre de plants qu'il reste à protéger sur notre site, 876 plants de sapins baumiers, 1 019 épinettes ainsi qu'environ 130 plants de rosiers des marais et de cerisiers de Virginie, pour un total de 2 025 protecteurs nécessaires.

De plus, la gestion des protecteurs déjà installés doit aussi se faire. En effet, les tempêtes printanières des années passées ont brisé les tuteurs (piquet de bois) de nombreux protecteurs. La majorité de ces piquets sont maintenant pourris et la structure des protecteurs se brise et s'affaisse sur les plants. Ainsi, des espèces sensibles au broutage, jusqu'ici préservées de dommages grâce à leur protection, se retrouvent menacées si l'on ne corrige pas cette situation. Le filet peut tout de même être réutilisé, mais l'achat de nouveau piquet doit fortement être considéré. Puisque les sapins baumiers et les épinettes sont souvent plantés ensemble (zones 2 et 3), l'ajout d'exclos pourrait aussi être envisagé dans certaines zones, plutôt que d'investir dans des protecteurs individuels. Ainsi, la prise de mesures de gestion efficaces pour contrer cette menace est impérative afin d'assurer la survie et la croissance des essences plantées et d'atteindre notre objectif d'établissement rapide de couvert forestier.

5. GESTION DES ESPÈCES VÉGÉTALES EXOTIQUES ENVAHISANTES (EVEE)

5.1. Le roseau commun

La gestion du roseau commun sur le site est faite depuis 2016 à l'aide de divers traitements tels que : la coupe des tiges, le pliage, la scarification du sol et le recouvrement avec une membrane géotextile. Cinq ans après ces efforts de contrôle, plusieurs sections de roseau commun commencent à regagner en densité dans les zones traitées. Tandis que les talles n'ayant pas subi de traitement, comme dans la zone 3B (Carte 6) n'ont pas réduit en densité et prennent possiblement de l'ampleur sur le terrain. Ainsi, malgré les efforts de plantations dans cette zone, les jeunes arbres plantés n'ont toujours pas atteint une taille permettant de former une canopée au-delà des tiges de roseau commun. Cette EVEE a donc encore un accès privilégié à la lumière, ce qui lui est bénéfique pour sa croissance et sa reproduction. Cependant, en parallèle, elle nuit aux autres espèces plantées et indigènes, car elle accapare la lumière et les ressources environnantes. En vue de maintenir cette EVEE dans des proportions raisonnables pour qu'elle ne nuise pas au projet de plantation, de nouveaux efforts de contrôle et d'entretien ont débuté à l'été 2019 et sont encore poursuivis jusqu'à ce jour.

Notamment, il a été postulé que le pliage du roseau commun s'avère être une stratégie plus intéressante que la coupe dans la mesure où la plante investit son énergie à se redresser plutôt qu'à recréer de nouvelles tiges qui poussent rapidement⁴. Certains experts, comme ceux de la Fiducie de Conservation des Écosystèmes de Lanaudière, recommandent 3 à 4 pliages espacés dans la saison de croissance pour un contrôle absolu. Néanmoins, avec le contexte d'une plantation d'arbres, la méthode de pliage semble être efficace à plus long terme. En 2016, un pliage initial avait été fait à l'automne 2016 dans toute la zone 3 A. Lors des années subséquentes, faute de moyens, seulement 1 pliage fut réalisé annuellement (Photo 4).



Photo 4. Aperçu de la méthode de pliage dans la zone 3 en 2019. À gauche : avant le pliage ; et à droite : après le pliage.

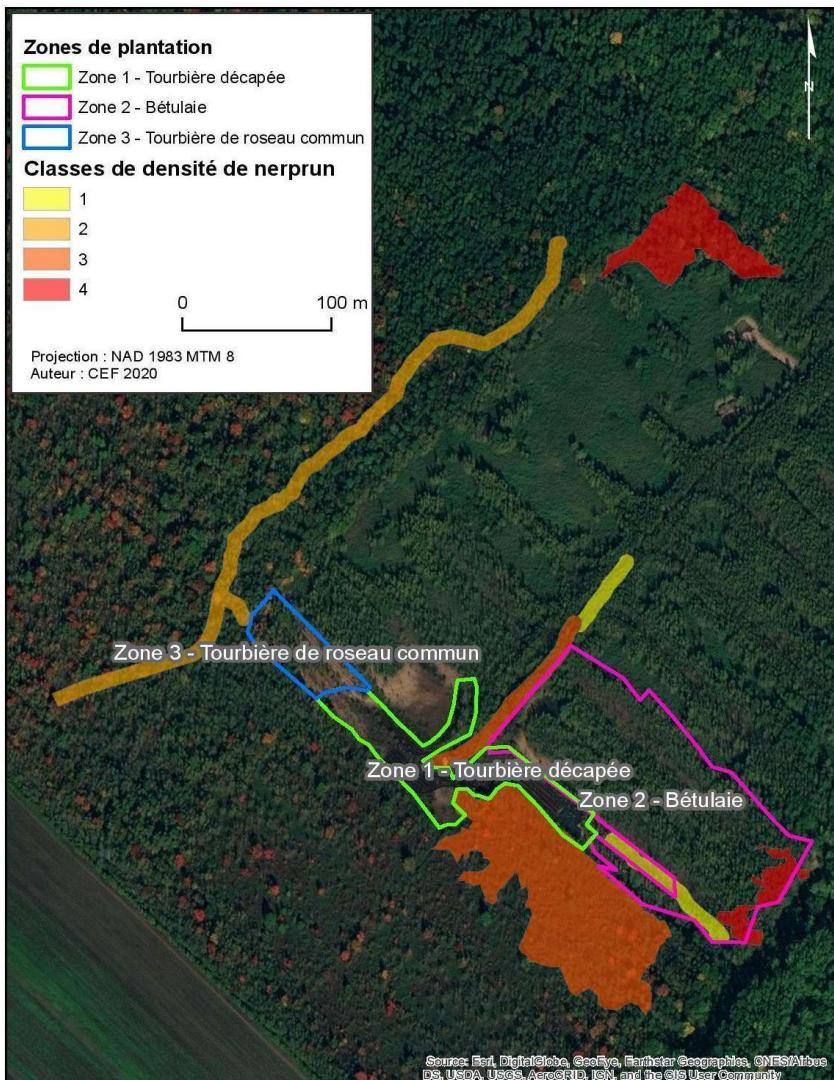
⁴ Stowe, K. A., Marquis, R. J., Hochwender, C. G. & Simms, E. L. (2000). The evolutionary ecology of tolerance to consumer damage. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 31(1), 565-595.

Jusqu'à présent, nos observations préliminaires portant sur le pliage des tiges de roseau commun laissent à penser que cette méthode produit l'effet escompté. Afin d'évaluer l'efficacité de cette action, un suivi du pliage a débuté en 2020, où 18 quadrats permanents de 1 m² ont été mis en place et répartis dans les 3 zones de plantations. Dans ces quadrats, le nombre de tiges vivantes pliées dans chaque quadrat fut compté tout en chronométrant le temps du pliage. En 2020, le nombre de tiges vivantes présentes par quadrat était de 45 en moyenne pour un temps de pliage nécessaire d'environ 2 minutes. Malheureusement, faute de temps, ce suivi n'a pas eu lieu en 2021, mais pourra être réalisé en 2022 afin de suivre l'évolution du nombre de tiges qui repoussent chaque année.

Dans les années à venir, il sera pertinent d'effectuer un pliage dans les talles les plus importantes de la zone 2. De meilleurs résultats de gestion du roseau seraient attendus en pliant le phragmite dans chaque zone plusieurs fois dans une saison. Le pliage peut se faire à pied muni de bottes, ou de raquettes pour augmenter la surface de contact, et nécessite la mobilisation de plusieurs personnes (au minimum 4). Le maintien de telles mesures d'entretien contre les EVEE est la clé d'un dispositif efficace et pour assurer la pérennité du projet.

5.2. Le nerprun

Outre le roseau commun, deux autres EVEE sont présentes sur le site, soit : le nerprun bourdaine et le nerprun cathartique. Typiques des EVEE, le nerprun bourdaine et cathartique sont hautement adaptables à divers environnements, ils ont une capacité de dispersion élevée et une vitesse de croissance impressionnante. Tout comme pour le roseau commun, ces espèces de nerprun représentent une menace pour la biodiversité indigène ainsi que pour la plantation (voir rapport Nerprun BTN 2019). Les talles constituant les secteurs les plus envahis sont représentées à la carte 7 ci-dessous. Le nerprun bourdaine est l'espèce de nerprun qui est prédominante au BTN.



Carte 7. Distribution et classes de densité du nerprun bourdaine sur le site du BTN en 2018. Classe 1 : 1 tige/10 m² ; Classe 2 : 2 tiges/10 m² ; Classe 3 : 10 tiges/10 m² ; Classe 4 : > 10 tiges/10 m². Les zones en rouge (classe de densité 4) comportent des individus matures de plus de 20 ans qui sont d'importants semenciers et agissent ainsi comme source de distribution du nerprun probablement via la faune.

Deux talles dominées par le nerprun totalisant un secteur de presque 1 000 m², nommées « nerprunaies », comportent un nombre substantiel de vieux individus matures (>20 ans ; > 4 m de haut) et une densité importante de jeunes tiges (zones de densité 4 sur la carte 7). On y rencontre également quelques spécimens de nerprun cathartique, mais seulement en proportions limitées sur le site.

Il existe, en marge des zones de plantation, trois secteurs qui totalisent environ 5000 m² où le nerprun bourdaine est préoccupant (zones de classe de densité 1, 2 et 3 sur la carte 7). Les individus mesurent entre 50 cm à 3 m de haut et produisent beaucoup de fruits. La présence de nombreux semis caractérisés par une très forte croissance a été observée au bout du chemin

d'emprise, soit à proximité des plantations de la zone 1 (ligne de classe 3 sur la carte 7). Nous avons mesuré des densités allant de 184 tiges/m² jusqu'à 967 tiges/m².

Cette explosion de jeunes plants nous renseigne sur le taux de recrutement important de l'espèce sur le site, la dispersion des graines par la faune est certainement à l'origine de cette propagation clairsemée. Nous sommes particulièrement préoccupés par ces jeunes plants. Même s'il est probable que la totalité des tiges ne survive pas à de telles densités, la proportion d'entre elles qui atteindra la maturité sexuelle constituera une sérieuse menace dans l'avenir, tant elles compétitionnent pour la lumière et l'espace avec les espèces plantées.

On retrouve aussi le nerprun dans les trois zones de plantations de façon clairsemée (ne sont pas identifiés clairement sur la carte 7 ; voir la photo 4). Il s'agit essentiellement de jeunes plants de moins d'un mètre, issus de graines. La croissance des essences plantées dans les zones peut être menacée par la présence de cet envahisseur, ce qui entraverait le cas échéant l'atteinte de l'objectif d'établissement rapide de couvert forestier. L'emploi de méthodes de contrôle efficaces pourraient grandement avantager les arbres plantés dans les secteurs les plus envahis, à l'intérieur ou à proximité de nos plantations.



Photo 5. Le nerprun au boisé des terres noires. Droite : Tapis de nerprun au bord du chemin d'accès dans un quadrat de 1 m² ; Gauche : Nerprun dans la plantation de thuya (zone 2)

La lutte contre ces espèces de nerprun pourrait réduire de façon significative la menace à l'égard des plantations. En 2019, un effort d'arrachage (ou pliage, lorsque l'arrachage n'était pas possible) fut effectué en même temps que le pliage du roseau commun, soit au mois d'août dans le secteur A de la zone 3 (Carte 6).

En 2020, quatre méthodes différentes de contrôle ont été testées afin de voir lesquelles sont les plus efficaces pour chacune des deux espèces, ainsi que pour les différentes tailles de nerprun. Celles-ci incluaient : l'arrachage ; la coupe des tiges d'individus juvéniles ; la pose de géotextiles et l'annelage. En ce moment, des quadrats de suivis ont été installés à divers endroits au BTN afin de mesurer l'évolution du nerprun (aire de répartition, densité et croissance). Aucune éradication ne fut entreprise en 2020, faute de moyen.

En 2021, nous avons poursuivi la méthode de contrôle par arrachage sur le nerprun bourdaine et la coupe des tiges d'individus juvéniles afin d'évaluer le succès d'un arrachage consécutif chaque année (Tableau VI). Nous avons également testé de nouvelles méthodes, telles que : le retrait de plants matures par découpe de racines ; l'encapsulation ; l'utilisation de biophytocide à base de champignon ; le pliage de plants matures et la coupe des troncs d'individus matures à mi-hauteur (Tableau VII). Toutes ces méthodes sont appliquées à l'intérieur de quadrats de 1 m² dans lesquels le décompte des individus de nerprun est fait initialement avant l'application des traitements.

Pour témoigner de l'efficacité de ces traitements, ceux-ci devront être suivis dans le temps. Cette efficacité pourra être évaluée en fonction des critères suivants: le temps de traitement et d'interruption de la production de fruit, de la mortalité chez le nerprun ou d'une diminution des rejets. De plus, afin de protéger l'intégralité des efforts de reboisement déployés sur le site, nous croyons qu'il serait tout aussi important de contrôler les grandes tiges situées à proximité des plantations pour éviter que les nerpruns semenciers ne servent de source de propagation de l'espèce. Il en va de même au sujet des tiges dans les zones adjacentes afin d'éviter qu'elles ne gagnent du terrain et ne colonisent les plantations.

Tableau VI. Traitements appliqués sur les plants de nerpruns juvéniles et objectifs à surveiller

Traitements sur les nerpruns juvéniles	
Méthodes	Objectifs à surveiller lors des suivis
Arrachage	Vérifier si l'arrachage sur une deuxième année consécutive diminue de manière significative la densité du nerprun
	Vérifier si l'application de semis d'herbacées (après l'arrachage) peut entraîner une compétition au nerprun .
	Vérifier si le paillis de nerprun cathartique (après l'arrachage) peut diminuer la germination et le drageonnage
Coupe des juvéniles	Vérifier si la coupe fréquente (3 vs 6 semaines) entraîne une diminution significative des ressources énergétiques des pousses
	Vérifier si la coupe sur une deuxième année consécutive diminue de manière significative les ressources énergétiques

Les traitements contre les nerpruns juvéniles sont réalisés sur les plants mesurant entre 15 et 150 cm de hauteur.

La méthode de coupe consiste à couper les tiges présentes dans le quadrat à l'aide d'une débroussailleuse, alors que l'arrachage se fait manuellement en extirpant les individus de nerprun du sol. Accessoirement, un ensemencement d'herbacées indigènes a été pratiqué en 2020 sur des parcelles qui ont préalablement subi un arrachage et sur des parcelles qui n'ont pas subi

d'arrachage. Également, l'application de paillis a été expérimentée sur certaines des parcelles pour tester l'effet allélopathique de cette espèce⁵, à la fois dans des parcelles de nerprun bourdaine et de nerprun cathartique, fraîchement arraché.

Par la suite, deux mois suivant ces traitements, les placettes sont revisitées pour calculer la quantité de tiges ayant repoussé et mesurer la différence de densité avant et après traitement.

Tableau VII. Traitements appliqués sur les nerpruns matures et objectifs à surveiller

Traitements sur les nerpruns matures	
Méthodes	Objectifs à surveiller lors des suivis
Retrait du plant mature par découpe des racines	Vérifier si la distance de découpe entre le tronc et les racines entraîne une sollicitation moindre des cellules adventives des racines, donc une réduction des rejets
Encapsulation	Vérifier le taux de mortalité après une année (traitement réalisé en 2020)
Biophytocide à base de champignon	Réaliser le traitement par badigeonnage sur l'annelage et la coupe des troncs afin que l'efficacité puisse être évaluée à partir de 2022
Pliage de plant mature	Réaliser le traitement afin que l'efficacité puisse être évaluée à partir de 2022
Coupe du tronc à mi-hauteur des individus donnant des fruits	Réaliser le traitement afin que l'efficacité puisse être évaluée à partir de 2022

Deux des traitements décrits au tableau VII ci-dessus sont appliqués depuis 2019 et 2020. Le traitement par découpe a été effectué en sciant les racines à différentes distances du tronc, soit à 10, 20 et 30 cm, afin de voir son effet sur les racines adventives qui peuvent produire des rejets. Ce traitement permettra de déterminer si une coupe au niveau des racines plutôt qu'au niveau du tronc serait plus efficace, et si oui, à quelle distance moyenne se situent les racines adventives. Pour ce qui est de l'encapsulation, cette méthode représente une alternative à la méthode de coupe et vise à priver le nerprun de toute lumière par la mise en place d'une membrane de géotextile.

Les nouvelles méthodes déployées en 2021 contre les nerpruns matures visent plus spécifiquement à limiter ou empêcher la production de fruits par l'espèce. Celles-ci incluent : le

⁵ Weerasuriya, Nimalka M. (2017). *Fungi Associated with Common Buckthorn (*Rhamnus cathartica*) in Southern Ontario*. <https://ir.lib.uwo.ca/cgi/viewcontent.cgi?article=6198&context=etd>

biophytocide à base de champignons qui est appliqué entre la coupe du tronc de l'individu et l'annélation ; le pliage de plants matures et la coupe du tronc à mi-hauteur des individus fructifiant.

5.2.1. Résultats des méthodes d'éradication du nerprun

Traitement sur les plants juvéniles

La figure 5 présente les résultats des différentes techniques exercées pour lutter contre les nerpruns juvéniles. Pour la méthode d'arrachage en général, la densité résultante⁶ d'un arrachage répété sur deux années de suite (au printemps) a démontré l'efficacité de cette méthode de contrôle. En effet, les placettes dans lesquels le nerprun bourdaine n'avait subi qu'un seul traitement d'arrachage au printemps 2021 avaient une densité résultante de 48,6 %, 3 mois après le traitement, tandis que les placettes qui ont subi le même traitement en 2020 et en 2021 avaient une densité de 12,5 % (Figure 4). Cette différence de densité à la suite des traitements consécutifs pourrait être attribuable à l'appauvrissement des ressources énergétiques présentes dans les racines résiduelles et dans la réserve de graines contenues dans le sol, permettant de diminuer la densité observée sur un site donné⁷.



Figure 4. Comparaison de la densité après 3 mois par rapport à la densité initiale pour les différents traitements d'arrachage pour le nerprun boudaine et cathartique. La continuation d'arrachage sur les placettes précédemment traitées en 2020 s'est faite sur le nerprun boudaine uniquement et la densité initiale considérée est celle de 2020. Le traitement a été réalisé en mai et le suivi a été réalisé en août.

En 2021, aucune différence significative n'a été observée entre les parcelles ensemencées ou pas à la suite d'un arrachage. Cependant, la germination des semis ne s'est pas produite et donc l'effet du traitement n'a pu être évalué. Néanmoins, plusieurs auteurs^{8,9} recommandent l'implantation d'espèces végétales indigènes, mais seulement après l'éradication du nerprun.

⁶ La densité résultante est le taux de densité observé par rapport à la densité initiale.

⁷ Pomerleau, G. (2017). *Plans stratégiques d'intervention pour la gestion des espèces exotiques envahissantes identifiées prioritaires dans la zone périphérique du parc national du mont-orford*. (Maîtrise). Université de Sherbrooke. 112 p.

⁸ Burnham, K. M., et Lee, T. D. (2010). Canopy gaps facilitate establishment, growth, and reproduction of invasive *Frangula alnus* in a *Tsuga canadensis* dominated forest. *Biological Invasions*, 12(6), 1509-1520.

⁹ Nature Manitoba. (2014). *European buckthorn best management practices - a manual for managers and stewards of natural areas*. Winnipeg, Manitoba.

Cette méthode pourrait donc être reconsidérée une fois que les densités de nerprun seront significativement diminuées. Concernant le traitement avec paillis, celui-ci a démontré une faible efficacité de contrôle sur le nerprun bourdaine et a eu un effet nul sur le nerprun cathartique lorsqu'on le compare au traitement d'arrachage seulement (Figure 4). Cette méthode n'est donc pas recommandée pour le futur, d'autant plus que l'épandage de paillis est fastidieux et peu efficace pour atteindre nos objectifs contre cette EVEE.

En résumé, pour la méthode d'arrachage, celle-ci semble suffisante pour diminuer les densités de nerprun observées lorsqu'elle est consécutive à chaque année et employée seule (sans ensemencement et paillis). Cependant, le nerprun bourdaine a généralement une densité supérieure au nerprun cathartique, ce qui pourrait nécessiter davantage de traitements. Ainsi, la continuité de ces suivis annuels permettra de confirmer ces observations.

Les résultats portant sur les traitements de coupe par débroussaillage sont présentés à la figure 5 ci-dessous. En général, on peut observer que les quadrats qui ont reçu le traitement pour une deuxième année consécutive (débuté en 2020) ont connu la diminution de densité la plus élevée. Alors que pour les traitements ayant débuté en 2021, la diminution observée était intermédiaire dans les parcelles traitées aux 3 semaines et faible dans celles traitées aux 6 semaines.

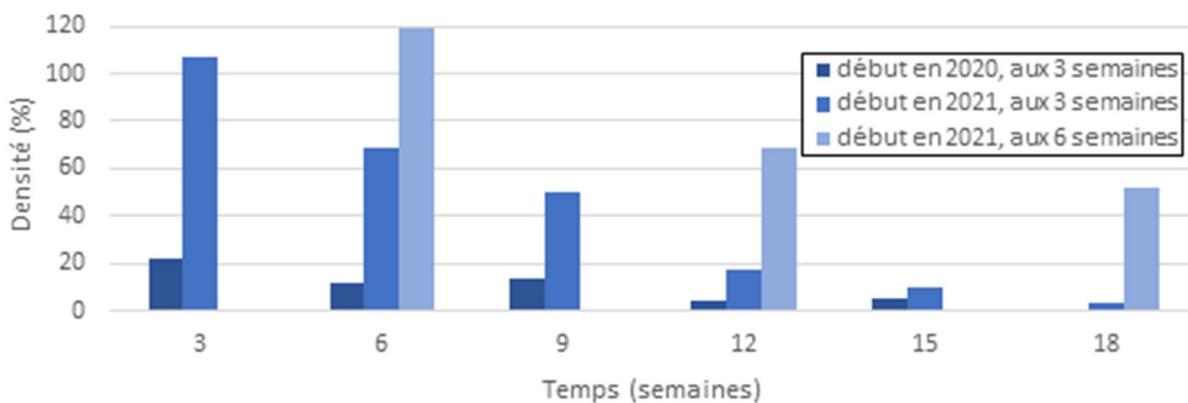


Figure 5. Comparaison de la densité par rapport par rapport à la densité initiale des placettes de nerprun bourdaine traitées par débroussaillage. La densité initiale considérée pour les placettes débutées en 2020 est la densité initiale de 2020. Les traitements ont débuté en mai et ont été réalisés jusqu'à la fin de septembre.

Cette diminution suggère donc que l'efficacité des coupes sur la densité dépend de la fréquence du traitement. Plus spécifiquement, l'effet des coupes semble cumulatif et, plus le traitement est donné fréquemment, plus il y a diminution des ressources énergétiques et plus le nombre de rejets de nerprun tend à diminuer. Ces résultats vont dans le même sens que ceux d'Anderson (2012)¹⁰, qui recommande d'effectuer les coupes à quelques reprises pendant 2 à 3 années consécutives. Également, un élément important à considérer est que la repousse du nerprun

¹⁰ Anderson, H. (2012). Invasive Common (European) Buckthorn (*Rhamnus cathartica*): Best Management practices in Ontario. *Ontario Invasive Plant Council*, Peterborough, ON.

bourdaine et cathartique est plus rapide entre les mois de juin et août et plus lente avant et après cette période. Les traitements de coupes pourraient donc potentiellement être plus espacés en dehors de la période de repousse rapide et plus rapprochés durant cette période.

Le tableau VIII suivant présente le temps requis pour effectuer les traitements de coupe et d'arrachage. Le temps de coupe pour un quadrat de 1 m² est significativement plus rapide (36 secondes) que le temps investi pour l'arrachage (5 minutes 5 secondes). À noter que le temps augmente en fonction de la densité des quadrats et que la coupe nécessite plusieurs traitements comparativement à l'arrachage qui ne requiert qu'un seul traitement par année.

Tableau VIII. Temps moyen pour la coupe et l'arrachage des juvéniles

	Temps moyen/m ²	Écart-type
Coupe	35,6 sec	17,9 sec
Arrachage	5 min 5 s	3 min 7 s

Traitement sur les plants matures

Pour ce qui est du traitement de retrait du plant mature par découpe des racines, 59 découpes ont été réalisées en 2021. Sur cette quantité, une production de rejets par les racines a seulement été observée chez 1 individu. Qui plus est, seulement deux des plants déracinés et laissés à côté des trous n'étaient pas entièrement morts lors de l'évaluation à l'automne. Cette méthode semble donc être hautement efficace pour éradiquer le nerprun, avec un taux de succès presque parfait (98,3 %), et aurait donc le mérite d'être répétée sur de nouveaux individus dans les prochaines années.

Concernant les traitements d'encapsulation réalisés en 2020, un suivi effectué en 2021 a permis d'évaluer le taux de mortalité des souches traitées en utilisant la couleur des rejets pour déterminer la mortalité des plants (rouge ou noir). En 2021, 84,6 % des nerpruns bourdaines et 90,9 % des nerpruns cathartiques traités en 2020 étaient morts. Cette méthode est donc également un succès dans l'objectif d'éradication du nerprun. Cependant, l'encapsulation demeure légèrement moins efficace (87,6 % en moyenne) que le traitement de découpe des racines (98,3 %) et est plus longue à appliquer que ce dernier (Tableau IX).

Le traitement par application d'une pâte de champignon (*Lalcide Chondro*) a été subdivisé afin de tester deux méthodes, soit avec l'annélation et la coupe du tronc, pour voir quelle combinaison est la plus efficace. D'abord, sur les troncs coupés, il a déjà été observé que l'application du biophytocide a inhibé la production de fruits l'année même du traitement (2021), ce qui offre une perspective fort intéressante quant à cette technique. Toutefois, le taux de mortalité des plants traités en 2021 pourra être évalué seulement dès l'été 2022. De plus, l'usage de bioherbicide de ce genre demeure restreint aux milieux autorisés et doit faire l'objet d'une certification, ce qui peut être un point limitant dans l'application de cette méthode pour le futur.

Inspiré de Martel (2021)¹¹, l'objectif avec le pliage de plants matures est de vérifier si la coupe partielle du tronc produit moins de rejets que la coupe complète et si les fruits présents sur l'arbre vont mûrir ou non. En 2021, 85 % des plants pliés demeuraient toujours vivants en octobre et avaient produit un nombre impressionnant de rejets. Le nerprun bourdaine avait produit environ le double de rejets que les plants de nerprun cathartique. Aussi, les fruits ont pu mûrir grâce aux plants qui étaient toujours vivants. Étant donné la production abondante de rejets et le mûrissement des fruits sur les plants pliés, ce traitement n'est pas suggéré comme méthode de contrôle et ne devrait pas être répété à plus grande échelle.

Finalement, pour ce qui est de la coupe à mi-hauteur, cette méthode visait à vérifier si les plants allaient produire moins de rejets après une haute coupe et si le traitement allait provoquer une grande mortalité après arrachage des rejets à chaque fin de saison. Il est à noter que le retrait des drageons, réalisé en octobre, était très facile et rapide. Comme pour les autres traitements, le nerprun bourdaine a produit davantage de rejets que le cathartique. L'efficacité de ce traitement sur la mortalité pourra être vérifiée dans les années à suivre. Effectivement, celui-ci semble prometteur, car il s'agit d'une méthode rapide pour limiter immédiatement la production de fruits par les arbres matures. Toutefois, la coupe devrait être réalisée en juin avant la maturation des fruits.

Le Tableau IX ci-dessous offre un aperçu des avantages des méthodes testées sur les plants matures. Il est à noter que les temps moyens donnés varient généralement en fonction du diamètre et du nombre de troncs à couper par individu.

Tableau IX. Mortalité, interruption de la production de fruits, temps moyen et écart-type pour chacun des traitements effectués sur nerpruns matures

	Mortalité du plant en 1 traitement*	Interruption de production de fruits la même année	Temps moyen	Écart-type
Découpe des racines	X	X	3 min 57 s	3 min 12 s
Encapsulation	X	X	6 min 3 s	2 min 40 s
Pliage			2 min 12 s	3 min 27 s
Coupe à mi-hauteur		X***	1 min 48 s	1 min 17 s
Pâte de champignon par annélation	X**		3 min 10 s	1 min 14 s
Pâte de champignon par coupe des troncs	X**	X	1 min 14 s	2 min 7 s

* à plus de 90 %

** selon les résultats de l'entreprise *Lalcide Chondro*. Vérifiable seulement à partir de 2022

*** si réalisé en juin

¹¹ Martel, M.-J. (2021). *Guide de gestion du nerprun bourdaine pour les propriétaires forestiers*. Agence de mise en valeur de la forêt privée de l'Estrie, Cookshire-Eaton, 52 p.

5.2.2. Conclusion sur les méthodes d'éradication du nerprun

Relativement aux plants juvéniles, la méthode d'arrachage, appliquée seule, ainsi qu'une coupe répétée avec une débroussailleuse semble être les deux méthodes à préconiser pour éradiquer les jeunes plants ou, du moins, diminuer leur densité. Malgré le fait qu'elle soit plus rapide à réaliser, la méthode de coupe présente un impact négatif sur la biodiversité lors de son utilisation, comparativement à l'arrachage manuel qui est une méthode sélective¹².

Certains traitements pour les plants matures, tel que la découpe des racines et l'encapsulation se sont révélés particulièrement efficaces et sont à privilégier pour les années à suivre. Le traitement de bioherbicide à base de champignons s'est révélé rapide et efficace à l'intérieur de moins d'une année de traitement et sera à surveiller avec un grand intérêt dans le futur. Également, le traitement de coupe à mi-hauteur semble aussi prometteur et devrait faire l'objet de suivis dans les prochaines années. Le seul traitement qui semble peu pertinent à reproduire ou à suivre est celui du pliage dû à la quantité abondante de rejets produite l'année même et le mûrissement des fruits qui a été observé. Cette méthode est par conséquent déconseillée pour les nerpruns qui ont dépassé le stade de semis, à moins que l'objectif ne soit pas d'éliminer le nerprun, mais de simplement donner le temps à une nouvelle plantation de faire suffisamment de compétition au nerprun¹³.

Nous croyons qu'il serait important de continuer à étudier différentes méthodes de lutte contre ces deux EVEE et à effectuer des suivis annuels rigoureux dans les parcelles expérimentales afin de mieux réagir face à leur propagation au BTN. Il est aussi fortement recommandé de commencer à envisager l'éradication des nerpruns sur et autour des zones de plantation afin de limiter la compétition pour les espèces plantées. Le choix des méthodes suggérées dépend du temps à investir, des ressources économiques, de l'étendue à traiter et de la sensibilité écologique du lieu aux prises avec le nerprun. Finalement, les différentes références sur le contrôle du nerprun suggèrent de cibler de manière prioritaire les individus donnant des fruits et ceux les plus exposés à la lumière étant donné leur croissance plus rapide et leur production de fruits plus abondante^{9, 10, 11}.

6. SAISON 2022

Pour 2022, nous prévoyons d'effectuer les mêmes suivis que cette année. En effet, la réussite du projet de renaturalisation sera déterminée non seulement par la survie des arbres, mais aussi par leur croissance et leur état. Nous pensons que le broutage, et donc la présence de protecteurs, joue un rôle important dans la survie, la vigueur ainsi que la croissance de la plantation. Nous souhaitons, autant que le budget nous le permette, remplacer les piquets des protecteurs brisés avec du nouveau bois et installer les protecteurs disponibles sur les sapins baumiers et les

¹² Hammoudi, A. (2018). *Limiter la prolifération des plantes exotiques envahissantes dans le sud du Québec : étude du cas de la municipalité d'Ogden*. Essai de maîtrise. Centre universitaire de formation en environnement et développement durable, Université de Sherbrooke. 70 p

¹³ Lee, T., Eisenhaure, S., et Gaudreau, I. (2016). Pre-logging Treatment of Invasive Glossy Buckthorn (*Frangula alnus* Mill.) Promotes Regeneration of Eastern White Pine (*Pinus strobus* L.). *Forests*, 8(1), 16. doi:10.3390/f8010016

épinettes noires, deux espèces abondantes fortement touchées par le broutage. Les résultats des prochains suivis nous aideront à vérifier si cette action a permis d'améliorer l'état global de la plantation et surtout à déterminer à quelle vitesse nous atteindrons nos objectifs, principalement la fermeture de la canopée.

Pour continuer à contrôler la présence d'EVÉE et favoriser la création d'une canopée, des efforts de pliage du roseau commun sont à prévoir dans les zones où sa croissance a repris et où les talles laissées intactes prennent de l'expansion. De plus, les suivis de la superficie et de la densité du roseau commun seront mesurés pour une deuxième année dans les placettes permanentes installées en 2020. Concernant le nerprun, nous croyons qu'il faudrait continuer les traitements et leur suivi afin de contrôler la propagation des nerpruns bordaines et cathartiques, et également procéder à l'éradication des talles qui présentent un risque de compétition élevé avec les arbres sur et autour des zones de plantation.

7. CONCLUSION

En général, le projet de restauration au BTN est un succès. La densité des arbres est au-delà de ce que le site peut supporter et le taux de survie, sauf exception, est supérieur à ceux des plantations commerciales.

Nous notons que le broutage reste toujours important, c'est pourquoi nous continuons de mettre l'emphase sur la protection des essences plantées, afin d'assurer la réussite des plantations.

En plus de l'herbivorie, nous suivons l'expansion des EVÉE sur le site. Le contrôle du roseau commun se passe relativement bien. Toutefois, l'expansion du nerprun sur le site est à présent préoccupante et le suivi de nouvelles méthodes mises en place en 2021 pourrait s'avérer bénéfique à cet effet. D'autant plus, nous estimons qu'une canopée arborescente fermée permettra éventuellement de contrôler cette espèce. D'ici le temps que la canopée se ferme, nous croyons que le suivi de son expansion ainsi que des interventions directes de contrôle sont nécessaires et mérite une réflexion sérieuse.

Cette cinquième année de suivi nous rend confiants en ce qui concerne la réussite à terme du projet.