



Suivi annuel des plantations de la tourbière du Chemin Brûlé
(Réserve naturelle du Boisé-des-Terres-Noires) — Printemps —
Été 2023 — Année 7

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

Avril 2024

Rédaction :

Dominique Tardif, biologiste et agente de recherche pour le laboratoire du Pr Kneeshaw

Chercheur principal :

Daniel Kneeshaw

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

Terrain :

Joanie Boulard, étudiante au baccalauréat

Révision du rapport :

Daniel Kneeshaw, Ph.D, chercheur principal, Université du Québec à Montréal

Têê Nyonator Agbetossou, Coordonnateur environnemental, EXO

Cartes :

Catherine Couture et Francis Manka

Photos :

Francis Manka (2016, 2017), Catherine Couture (2018, 2019), Johann Meyer (2018, 2019), Dominique Tardif (2019, 2021), Gabrielle Roberge (2022, 2023), Joanie Boulard (2023) et Daniel Kneeshaw (2023)

TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION.....	5
2. MISE EN CONTEXTE.....	6
3. HISTORIQUE D'AMÉNAGEMENT ET DE PLANTATION 2016-2018.....	9
3.1. Zone 1 : La tourbière décapée	9
3.1.1. Conditions initiales de la zone 1	9
3.1.2. Travaux réalisés dans la zone 1	10
3.1.3. Essences et nombre d'arbres plantés dans la zone 1	11
3.2. Zone 2 : La Bétulaie.....	12
3.2.1. Conditions initiales de la zone 2	12
3.2.2. Travaux réalisés dans la zone 2.....	13
3.2.3. Essences et nombre d'arbres plantés dans la zone 2	14
3.3. Zone 3 : La tourbière du roseau commun.....	15
3.3.1. Conditions initiales de la zone 3	15
3.3.2. Travaux réalisés dans la zone 3.....	16
3.3.3. Essences et nombre d'arbres plantés dans la zone 3	16
4. HISTORIQUE DE BROUTAGE SUR LE SITE.....	17
5. SUIVIS 2022	18
5.1. Suivi du coefficient de distribution (stocking)	19
5.1.1. Méthodologie : stocking.....	19
5.1.2. Résultats : stocking	19
5.2. Suivi de la survie et de la mortalité de la plantation	21
5.2.1. Méthodologie : survie et de la mortalité de la plantation	21
5.2.2. Résultats : survie et de la mortalité de la plantation	21
5.3. Suivi détaillé de la vigueur.....	23
5.3.1 Méthodologie : vigueur.....	23
5.3.2 Résultats : vigueur.....	24
5.4. Suivi du broutage	26
5.4.1. Méthodologie : broutage	26
5.4.2. Résultats : broutage.....	26
5.5. Suivi de la croissance	29
5.5.1. Méthodologie : croissance	29
5.5.2. Résultats : croissance	29
5.6. Conclusion sur les résultats des suivis.....	33
6. GESTION DES ESPÈCES FLORISTIQUES EXOTIQUES ENVAHISSANTES (EFEE)	34

6.1.1. Méthodes de lutte contre le roseau commun.....	35
6.1.2. Méthodes de lutte contre le roseau commun et l'anthesisque des bois	37
6.2. Le nerprun.....	38
6.2.1. Méthodes de lutte contre le nerprun.....	40
7. SAISON 2024	42
8. CONCLUSION	44

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Emplacement de la propriété d'EXO (AMT) à L'Assomption, Québec.....	7
Figure 2. Carte générale des zones de plantation	Erreur ! Signet non défini.
Figure 3. Zone 1 avant (gauche) et après (droite) le creusage des sillons à l'origine des buttes de plantation (2016).....	10
Figure 4. Travaux préalables à la plantation dans la zone 1	11
Figure 5. Patrons de plantation dans la zone 1	12
Figure 6. Bétulaie (zone 2) et son sous-bois de roseau commun (2017)	13
Figure 7. Patrons de plantations de la zone 2	14
Figure 8. Patrons de plantations de la zone 3	15
Figure 9. Traitements contre le roseau commun dans la Zone 3 (2018)	16
Figure 10. Proportion des plants recensés lors du suivi extensif selon quatre catégories de vigueur (données 2023)	24
Figure 11. Proportion des espèces les plus broutées lors du suivi 2023 en fonction des individus broutés	26
Figure 12. Dommages de l'herbivorie sur les conifères (<i>Pinus banksiana</i> et <i>Abies balsamea</i>) de la plantation réalisable par des accumulations de neige importantes en 2023 (6 juin 2023)	28
Figure 13. Proportion des arbres entre 2020 et 2023 classifiés selon différentes catégories de hauteur	32
Figure 14. Proportion des arbustes entre 2020 et 2023 classifiés selon différentes catégories de hauteur	32
Figure 15. Présence de roseau commun (<i>Phragmites australis</i> subsp. <i>Australis</i>) dans les plantations des zones 2 et 3 (mai 2022).....	35
Figure 16. Aperçu de la méthode de pliage dans la zone 3 (2019)	36
Figure 17. Distribution et classes de densité du nerprun bourdaine sur le site en 2018	39
Figure 18. Présence de nerprun en bordure de chemin et dans la zone 2 (2021).....	40

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Coefficient de distribution (stocking) par zone de plantation pour les arbres et les arbustes ligneux en 2023.....	20
Tableau 2. Évolution du coefficient de distribution (stocking) par zone de plantation pour les arbres et les arbustes ligneux depuis 2020.....	20
Tableau 3. Proportion des plants recensés lors du suivi extensif selon quatre catégories de vigueur en 2023	Erreur ! Signet non défini.
Tableau 4. Recensement des individus broutés et des protecteurs lors du suivi de 2023.....	27
Tableau 5. Hauteur (cm) des arbres et arbustes en 2022 selon l'espèce.....	30
Tableau 6. Survie et croissance des plantations de sumac vinaigrier dans les exclos avec roseau commun et anthesis des bois	37
Tableau 7. Présence de roseau commun et d'anthesis à l'intérieur des exclos avec des plantations de sumac vinaigrier.....	38
Tableau 8. Traitements réalisés sur les plants de nerpruns juvéniles et matures entre 2020 et 2023.....	41
Tableau 9. Présentation des résultats de 2023 en fonction des quadrats retracés pour les traitements pour individus de nerprun bourdaine matures	42

1. INTRODUCTION

Les tourbières sont des milieux humides essentiels qui couvrent seulement 3% de la surface terrestre mondiale, mais qui stockent plus de 550 milliards de tonnes de carbone, soit deux fois plus que tous les sols des forêts du monde, ce qui les places en tête de la liste des écosystèmes à protéger¹. Malgré tout, certains pays, comme le Royaume-Uni, ont presque totalement perdu leurs milieux tourbeux ce qui fait qu'ils doivent actuellement investir des sommes d'argent considérables pour restaurer leurs fonctions écosystémiques. Le Canada abrite plus de 25 % de la superficie mondiale des tourbières. Ces écosystèmes couvrent plus de 12 % de la superficie terrestre du pays et renferment environ 150 à 160 milliards de tonnes de carbone dans les sols. En plus d'être d'importants écosystèmes pour la faune et la flore sauvage, les tourbières assurent également un rôle de régulation de l'hydrologie et du climat notamment parce qu'elles absorbent naturellement plus de carbone qu'elles n'en relâchent. Cependant, depuis les dernières années, elles sont touchées par plusieurs perturbations naturelles et anthropiques.

Au Québec, les tourbières occupent plus de 10% de la superficie terrestre et elles sont concentrées surtout sur le territoire boréal, là où les conditions climatiques sont fraîches et humides. Dans le sud de la province, les tourbières autrefois abondantes ont été drainées principalement pour faire de l'agriculture. De surcroît, l'industrie d'extraction de tourbe et de terre noire a aussi réduit la superficie des tourbières naturelles. La loi sur la conservation des milieux humides et hydriques (LCMHH), mise en place en 2017, devrait limiter leur dégradation alors que cet enjeu a longtemps été peu considéré. En effet, plusieurs grands milieux naturels à proximité de la région de Montréal, morcelés par l'urbanisation et l'expansion agricole, ont disparu progressivement au fil des années. Ces perturbations exercées sur ces milieux ont facilité l'envahissement par des espèces floristiques exotiques (EFEE).

Les projets de restauration et de compensation pour la perte de ces milieux humides sont indispensables, de surcroît en contexte de changements globaux. Leur protection importe pour atténuer les inondations et effets de sécheresses en plus de sauvegarder les habitats naturels de plusieurs espèces, dont certaines en péril. Afin d'assurer une restauration efficace d'une tourbière, il faut encourager la prolifération de nouvelle végétation en tenant compte des conditions locales et historiques du site². Puisque la restauration d'un milieu humide est complexe, l'objectif premier est de maintenir et d'augmenter sa couverture pour permettre un maintien de ses fonctions écologiques et fournir un habitat pour la biodiversité.

Une étude récente de Canards Illimités Canada montre que 83 % des Québécois sont préoccupés par la disparition des milieux humides³. Le Boisé des Terres noires (BTN) à l'Assomption est une tourbière perturbée à l'intérieur de laquelle des efforts de restauration sont exercés depuis 2016. Jusqu'à présent, l'attention mise pour préserver la richesse de ce milieu est affirmative. La régénération naturelle est positive, la colonisation par la faune est

¹ Gauvreau, C. (2023, 23 février). Protéger les tourbières, une priorité. *Actualités UQAM*. <https://actualites.uqam.ca/2023/protoger-les-tourbieres-une-priorite/>

² Environnement Canada. 2013. *Quand l'habitat est-il suffisant? Troisième édition*. Environnement Canada, Toronto (Ontario).

³ Canards Illimités Canada. (2024). *Les milieux humides sont essentiels*. Québec. Canards Illimités Canada. <https://www.canards.ca/endroits/quebec/>

éloquente et le site est maintenant classifié entant que réserve naturelle depuis 2022. Ceci met de l'avant l'importance d'investir dans les projets de restauration comme celui-ci et la nécessité des efforts déployés jusqu'à ce jour.

2. MISE EN CONTEXTE

Les travaux de construction du tronçon nord du Train de l'Est ont engendré une perte de 19,39 hectares (ha) de milieux humides et boisés⁴, lesquels devaient être compensés par des superficies de terrain qui devaient être aménagées et d'autres, conservées. En guise de compensation (décret 85-2010), EXO (Agence métropolitaine de transport, à l'époque) a acquis une tourbière située dans la MRC de l'Assomption sur le chemin Brûlé (Figure 1). Cette tourbière, d'une superficie de 37 ha est depuis appelée Boisé des Terres noires.

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 EFEE considérée comme étant la pire en Amérique du Nord et est connue pour perturber le fonctionnement des écosystèmes dans lesquels elle s'implante⁵. L'envahissement par le phragmite dans un milieu humide qui, en plus, 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 la strate végétale en sous-étage. Les répercussions sur la flore et la faune, et donc la biodiversité et l'écosystème en général, sont considérables. Également, en plus de cette EFEE au BTN, on compte également une présence croissante du nerprun bourdaine (*Frangula alnus*) ainsi qu'un peu de nerprun cathartique (*Rhamnus cathartica*), aussi reconnues pour perturber les écosystèmes dans lesquels elles s'implantent⁶. De surcroît, d'autres EFEE colonisent le site, dont l'anthriscus des bois (*Anthriscus sylvestris*) qui prend maintenant de l'ampleur au travers des colonies de roseau commun.

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 EFEE, concernant plus précisément le roseau commun, ainsi que la conservation et restauration de la tourbière du BTN. L'objectif du projet est de développer des méthodes de contrôle contre le roseau commun et autres EFEE par le biais de plantations de végétaux et de différents aménagements du site. Dans le cadre de ce projet de recherche, les objectifs incluaient

⁴ Selon le document concept de compensation pour le tronçon nord - train de l'est et les conditions 10 et 12 du décret 85-2021.

⁵ 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

⁶ 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>

notamment la compréhension des effets des divers aménagements et des plantations sur la croissance, survie et recouvrement des essences forestières, et ce sur une période de suivi de 10 ans. L'année 2023 représente la septième année de suivi du projet. Ainsi, les rapports de suivis en lien avec l'atteinte de ces objectifs seront transmis au Ministère des Ressources Naturelles et des Forêts (MRNF) jusqu'en 2026 afin de respecter le plan de compensation d'EXO.

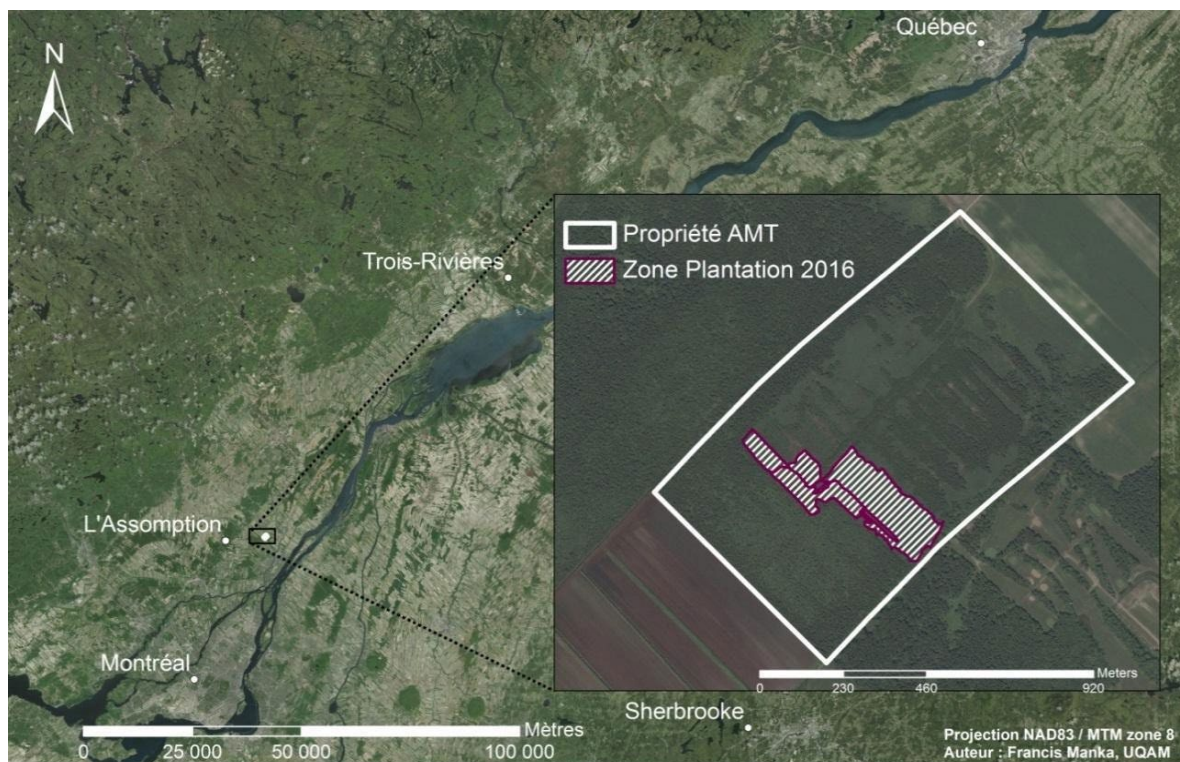


Figure 1. Emplacement de la propriété d'EXO (AMT) à L'Assomption, Québec

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 pour maintenir et augmenter la biodiversité.

En 2016, les aménagements et les plantations issues de cette entente furent effectués dans trois différentes zones représentées à la Figure 2, soit :

- 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'envahissement par le roseau ;
- Zone 3 : L'établissement d'une forêt dans une zone dominée par le roseau.

Respectivement, chacune de ces trois zones présentait des contraintes et des défis particuliers. Plus précisément, la zone 1 était ouverte depuis des années, témoignant de la difficulté des arbres et arbustes à s'y établir. Alors que pour la zone 2, une canopée forestière était déjà bien présente, mais ce couvert émane d'une espèce à longévité relativement courte. Finalement pour la zone 3, cette dernière était envahie par le roseau commun, mais comportait sporadiquement des endroits où des semis naturels s'étaient établis.

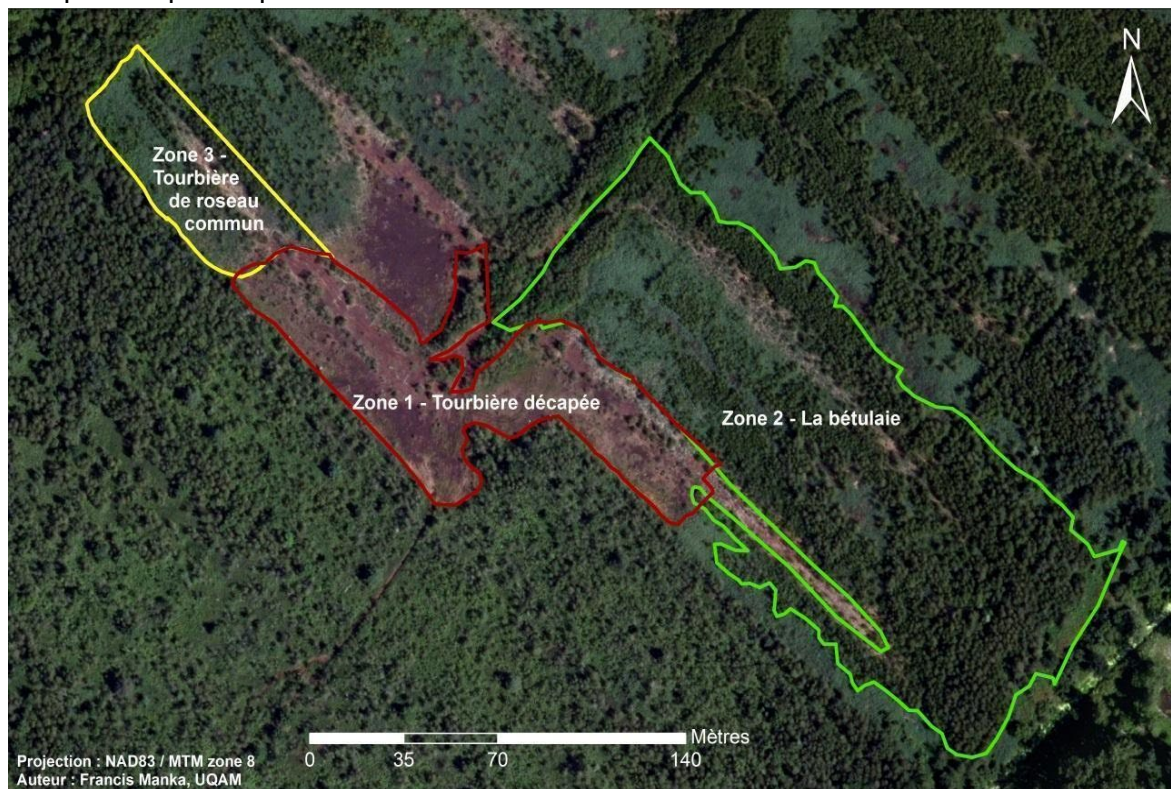


Figure 2. Carte générale des zones de plantation

De manière à identifier et documenter les traitements efficaces et rentables de contrôle contre le roseau, différents types d'aménagements ont été réalisés dans ces zones. Ces traitements se différencient entre eux par la composition d'espèces plantées (monoculture vs polyculture), la densité des plantations, 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 et entretenues par un pliage annuel (lorsque possible) 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 via les différents traitements 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 vigueur, des défauts (tels que la présence de descente de cime, broutage ou autres), ainsi qu'un suivi du coefficient de distribution (*stocking*) sur un certain pourcentage des plants ou du territoire. Au Québec, le seuil du *stocking* visé pour

assurer un rendement forestier en forêt boréale est de 60 %¹⁷. Puisque nous visons un couvert forestier dense pour empêcher le roseau commun de se propager, aux dépens d'un rendement forestier, un seuil de *stocking* plus élevé est souhaité pour assurer le succès de l'aménagement, soit 80% dans les zones 1 et 3, les endroits où les plantations sont en milieux ouverts.

Depuis le mois d'août 2022, l'aire de restauration porte désormais le nom officiel de « Réserve naturelle du Boisé des Terres noires ». C'est la première fois qu'on désigne à titre de réserve naturelle, un territoire en restauration et cela grâce, du moins en partie, au partenariat entre la recherche en sciences écologiques de l'UQAM et les actions de la FiCEL. Au tout début du projet, le site était caractérisé par une végétation dominée par le roseau commun en plus d'une faible diversité animale. Depuis, on y a répertorié 127 espèces de végétaux et 113 espèces fauniques.⁸

Le rapport de cette année représente la septième année de suivi après la plantation initiale de 2016. L'historique des plantations et aménagements réalisés entre 2016 et 2018 sera d'abord décrit à la section 3. La section 4 détaille l'enjeu de l'herbivorie sur le site, alors que la section 5 suivante décrit l'état des plantations au moment des suivis réalisés aux mois de mai et juin 2023. Puisque l'enjeu des EFEE est omniprésent sur le site, une section complète est allouée à leur gestion (section 6).

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

Le site comprend 3 zones distinctes plantées initialement en septembre et octobre 2016 (Figure 2). À l'été 2017 et à l'automne 2018, de nouveaux arbres ont été plantés pour remplacer ou compenser les arbres morts ou dépéris (<25 % de vigueur) lors des premières saisons. À ce moment, certains ajustements dans le choix des essences plantées ont été faits de favoriser le succès du projet. Jusqu'à récemment, aucune nouvelle plantation n'avait eu lieu à l'intérieur de ces zones. En 2023, un financement additionnel octroyé par EXO a permis une plantation de 200 individus dans quelques secteurs problématiques de la zone 2 (section 3.2.3).

3.1. Zone 1 : La tourbière décapée

3.1.1. Conditions initiales de la zone 1

La zone 1, aussi nommée la « 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 (Figure 3, à gauche). Le roseau commun a envahi ce sol perturbé et a été observé en forte densité dans trois endroits de la zone (Figure 3, voir les sections « phragmite coupé »). Cette zone se caractérise également par une faible régénération naturelle de semis installés sur des microsites légèrement surélevés (Figure 3, à droite). Cette régénération observée en 2016 lors des

⁷ Méthot, S., et autres (2014). *Guide d'inventaire et d'échantillonnage en milieu forestier*, Québec, gouvernement du Québec, Direction de l'aménagement et de l'environnement forestiers, 237 p.

⁸ Kneeshaw, D., Garneau, M. et Tardif, D. (2023, juin). L'importance des tourbières. L'exemple du Boisé des Terres Noires. *Reflets*, Environnement, Volume 39, Numéro 4.

travaux incluait 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.



Figure 3. Zone 1 avant (gauche) et après (droite) le creusage des sillons à l'origine des buttes de plantation (2016)

3.1.2. Travaux réalisés dans la zone 1

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

1. La coupe du roseau commun à la débroussailleuse, suivi de son retrait manuel et du recouvrement de ces zones avec une membrane géotextile pour empêcher qu'il ne repousse (Figure 4) ;
2. Des sillons ont par la suite été creusés dans les endroits présentant une problématique d'accumulation d'eau pour permettre l'évacuation du surplus d'eau vers un bassin. Cette activité a par le fait même permis de casser des rhizomes de roseau commun et s'est avérée efficace comme moyen de contrôle de cette EFEE. Du géotextile a ensuite été apposé entre les sillons pour les maintenir en place et prévenir la croissance de rhizomes. C'est ainsi que les 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 (Figure 4, Figure 5). Depuis leur création, la microtopographie créée en 2016 s'effondre naturellement au fil des années. En 2023, on n'observe plus que des dépressions au lieu des grands sillons et des buttes. Un retrait éventuel du géotextile pourra et devra être envisagé dans cette zone pour que l'écosystème de la tourbière soit reconnu comme réserve de biodiversité en milieu privé, soit exempt de matériel anthropique (section 7). D'ailleurs, une nouvelle étude comparant ce site avec deux autres tourbières met en évidence que le retrait de la membrane de géotextile après plusieurs années de traitement n'entraîne qu'un faible envahissement qui peut être traité manuellement ⁹.

⁹ Meyer, M. (2024). Restauration de la couche muscinale dans des tourbières envahies par le roseau commun exotique (*phragmites australis*) suite au traitement de contrôle par bâchage au Québec. UQAM. *Mémoire à soumettre à l'été 2024*.

Conséquemment, après presque huit années de traitements, des résultats similaires sont espérés au BTN et seront documentés dans les rapports à venir.

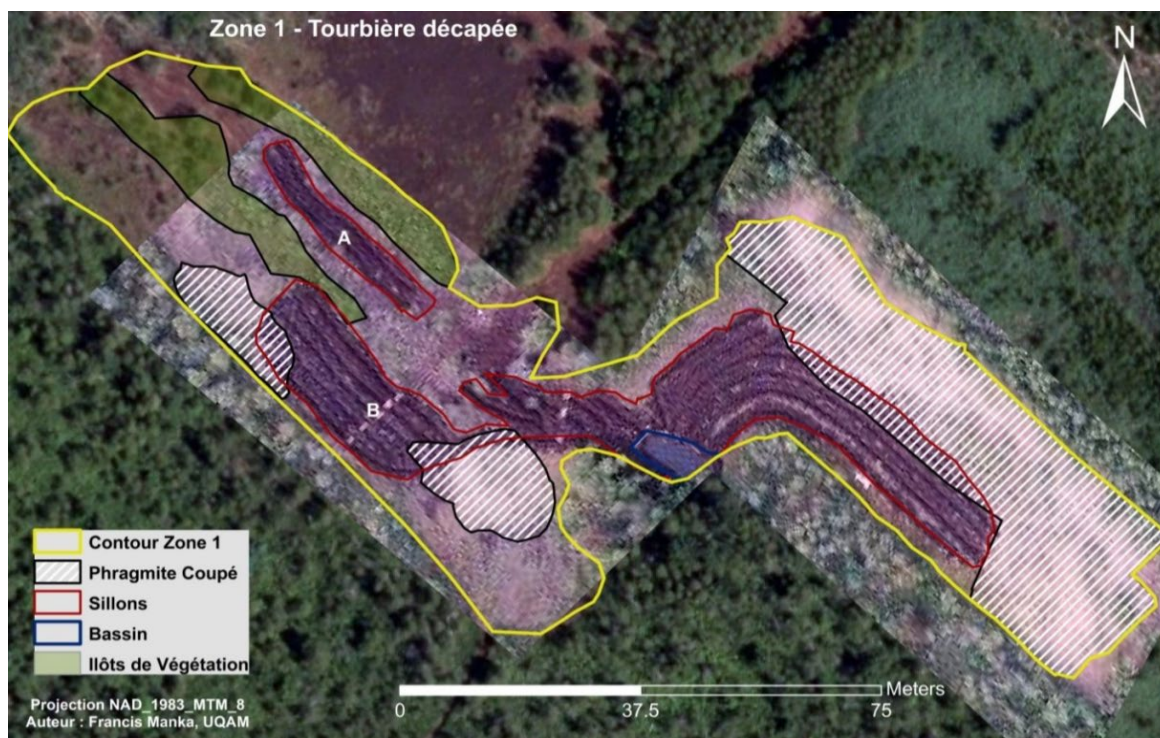


Figure 4. Travaux préalables à la plantation dans la zone 1

Les plantations dans la zone 1 furent réalisées d'une part dans des sections ayant subi des aménagements (géotextile et buttes de plantation) et d'une autre, dans des zones non aménagées, puisque non envahie par le phragmite. La Figure 5 dans la section suivante illustre la distinction entre les zones aménagées et zones naturelles.

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

Au total, 19 essences différentes ont été plantées dans cette zone à une densité moyenne 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.

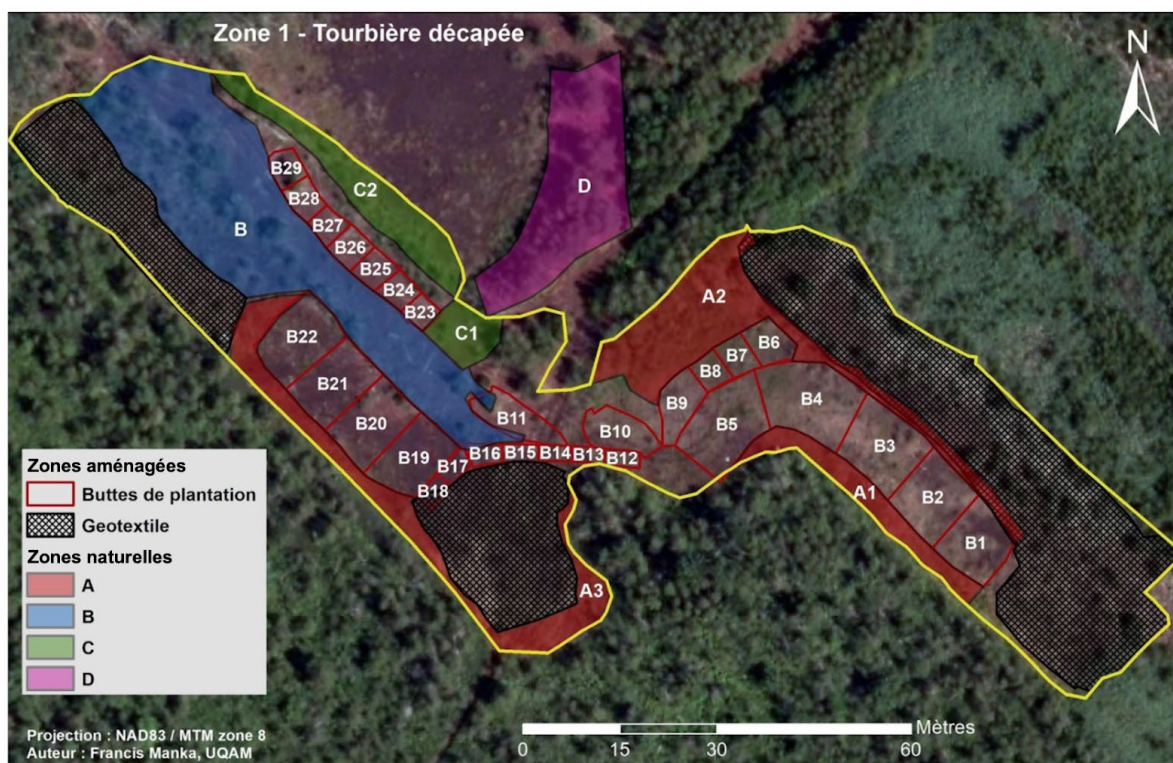


Figure 5. Patrons de plantation dans la zone 1

3.2. Zone 2 : La Bétulaie

3.2.1. Conditions initiales de la zone 2

La zone 2, d'une superficie de 19 128 m² est aussi appelée la « bétulaie » puisqu'elle héberge un peuplement de bouleaux gris, dont le sous-bois est envahi de roseau commun (Figure 6). Le bouleau gris est présent sur plus de 90 % de cette zone, avec quelques ouvertures dominées par le phragmite sur 10%. Le bouleau gris est 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 (*Salix sp.*), des peupliers faux-trembles (*Populus tremuloides*) et des cerisiers de Virginie. 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 et la régénération naturelle est donc très limitée, probablement à cause de l'ombrage causé par le phragmite et le peuplement de bouleaux.



Figure 6. Bétulaie (zone 2) et son sous-bois de roseau commun (2017)

3.2.2. Travaux réalisés dans la zone 2

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. Comme illustré sur la Figure 7, différents patrons de densité ont été expérimentés dans cette zone, soit : une grande zone centrale plantée à deux densités : une densité faible (1 plant/25 m²) et une densité élevée (1 plant/4m²), qui possèdent respectivement 400 tiges/ha ou 2 500 tiges/ha (en rouge sur la Figure 7). Dans cette section, la densité faible a été testée comme moyen de transition d'une bétulaie grise vers une forêt de stade de succession plus avancé. En ce qui concerne le pourtour de la zone 2 (en jaune sur la Figure 7), celui-ci est planté avec des densités variables, soit : 1 plant/m² (10 000 tiges/ha) ; 1 plant/2 m² (5 000 tiges/ha) ; 1 plant/4 m² (2 500 tiges/ha); ou 1 plant/9 m² (1 111 tiges/ha).

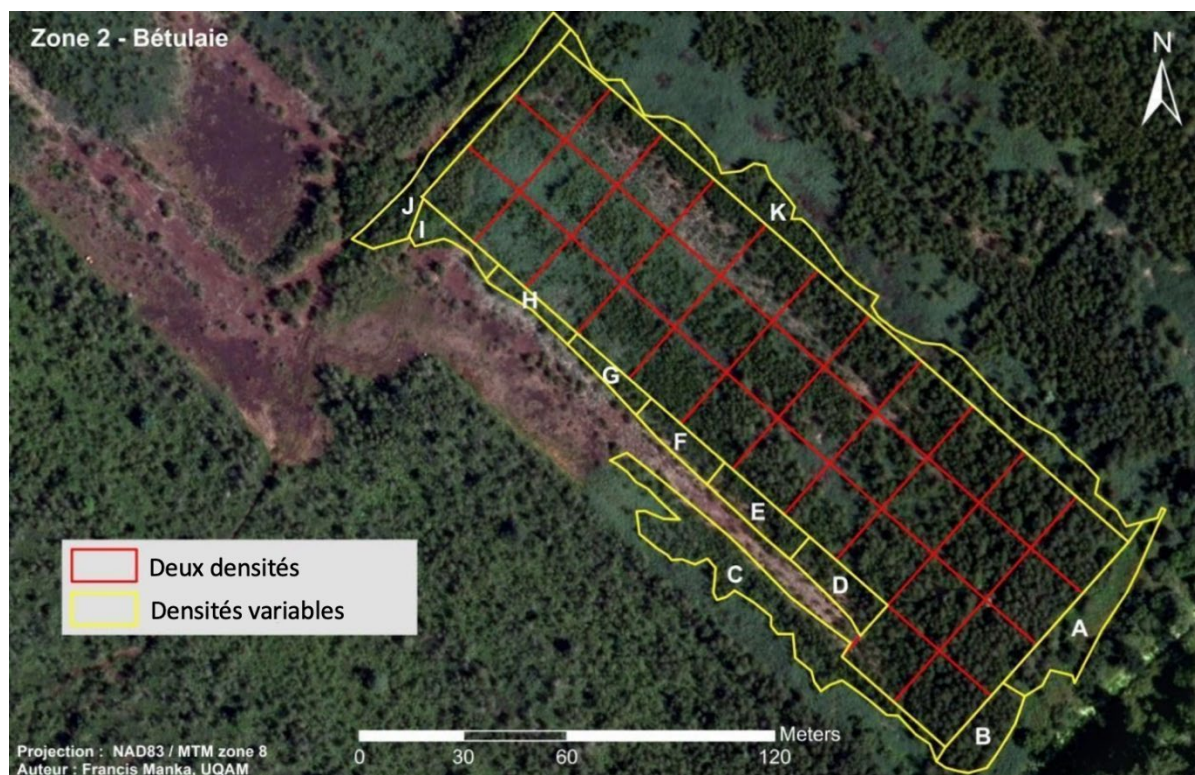


Figure 7. Patrons de plantations de la zone 2

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

Au total, 3 825 plants de neuf espèces différentes ont été plantés initialement dans la zone 2 (1 arbre/25 m², soit 0,40 tige/m² ou 400 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 grande partie de la zone 2, c'est-à-dire la zone à « deux densités », 35 parcelles de 400 m² 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 (Figure 7).

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 broutée pour compenser leur perte éventuelle et maintenir la densité initiale. 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, encore une fois dans le but de maintenir la densité initiale.

Au printemps 2023, un financement de la part d'EXO (obtenu en novembre 2022) a permis la plantation de 200 individus (100 thuyas occidentaux et 100 érables rouges) dans des secteurs de la zone dont l'établissement naturel de semis n'était pas au rendez-vous. Ces secteurs incluaient notamment des quadrats recouverts d'une membrane de géotextile, des sections se trouvant sous le couvert de bouleaux gris matures, ainsi qu'en pourtour de la

zone 2 où l'herbivorie était davantage importante. Cet ajout avait pour but de rétablir les arbres sur quelques superficies identifiées comme étant très problématiques et ayant subi un taux de mortalité élevé. Avant de procéder, certains aménagements ont été prérequis avant la saison. D'abord, le retrait de la membrane de géotextile en zone ouverte (où les arbres avaient séché et étaient tous morts) a été fait. Les drapeaux, protecteurs et étiquettes (numéro identifiant) ont ainsi été récupérés. Tous les nouveaux individus plantés en 2023 ont été protégés contre l'herbivorie et identifiés avec les étiquettes pour les suivis ultérieurs. Un arrosage a eu lieu lors des plantations. Le thuya est une espèce plantée uniquement dans cette zone et on y observe un taux de survie très élevé (84 %) malgré sa croissance lente.

3.3. Zone 3 : La tourbière du roseau commun

3.3.1. Conditions initiales de la zone 3

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 phragmite (Figure 8). 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. De ces observations, nous supposons que le roseau commun n'a pas atteint une densité suffisante pour nuire à l'établissement des arbres.

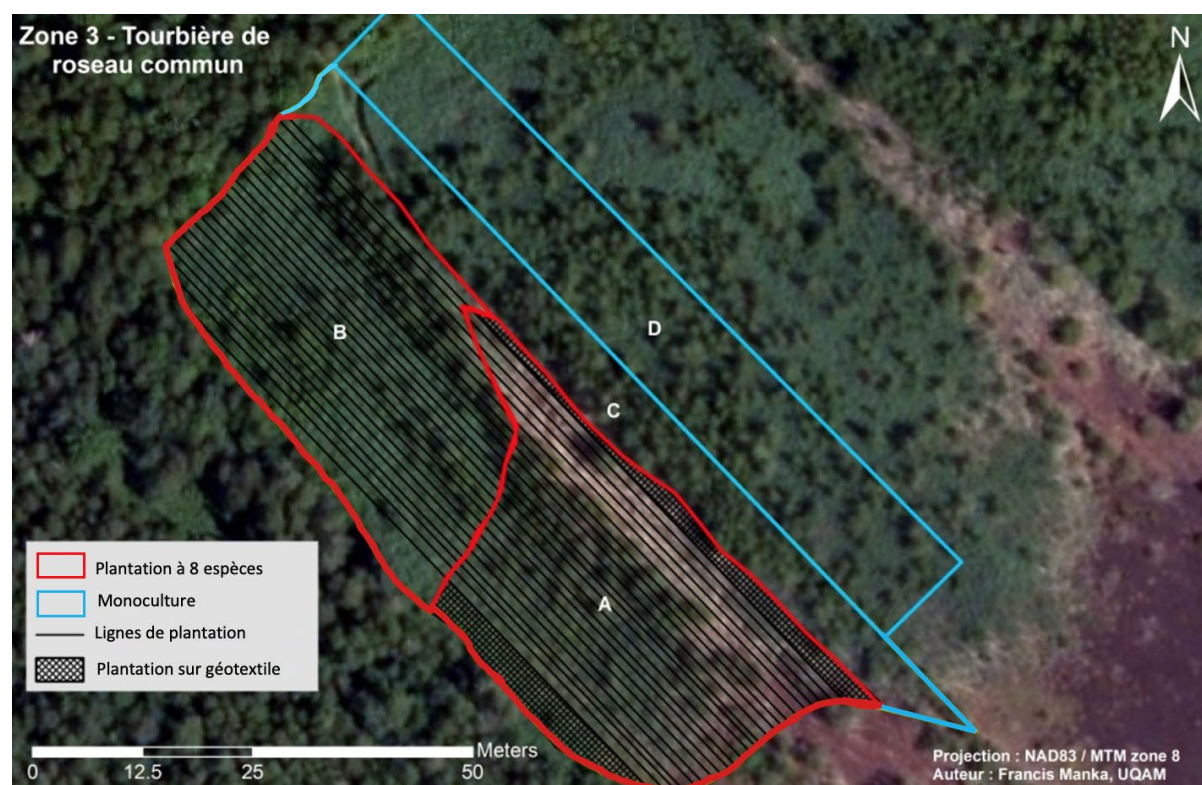


Figure 8. Patrons de plantations de la zone 3

Légende : A : sous-zone où le roseau a été coupé et retiré, puis est contrôlé annuellement par un piége manuel ; B : sous-zone où le roseau a été laissé tel quel.

3.3.2. Travaux réalisés dans la zone 3

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 de la zone 3. 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 3 (sous-zone « A »), le roseau fut coupé et retiré du site avant la plantation, tandis que sur l'autre moitié (sous-zone « B ») il fût plié et laissé en place (Figure 8, Figure 9). 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 perpétuité des traitements réalisés dans la sous-zone « A », un pliage manuel est réalisé annuellement, dans la mesure du possible (section 6.1.1).



Figure 9. Traitements contre le roseau commun dans la Zone 3 (2018)

Légende : À gauche : zone 3, « A » : section de roseau coupé, retiré et entretenu annuellement par un pliage manuel ; à droite : zone 3, « B » : section avec le roseau commun laissé tel quel.

3.3.3. 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 sous-zones « A » et « B » se composent de 24 lignes de plantation espacées entre elles 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 sous-zone « C » a été plantée au mètre carré en épinette noire, mais n'a pas été protégée. Un taux de broutage important venant 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 », Figure 8) a été plantée en 2017 au m² (10 000 tiges/ha) avec environ 470 sapins baumiers. Plutôt que de rajouter des plants autour de ceux broutés comme dans la zone 2, nous avons opté pour la plantation dans cette nouvelle sous-zone (« D ») afin d'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 qui étaient morts ou dépéris lors du premier suivi en 2017.

4. HISTORIQUE DE BROUTAGE SUR LE SITE

L'herbivorie par le cerf de Virginie (*Odocoileus virginianus*) a été observée sur le site avant même le début de l'aménagement du site. C'est pourquoi, lors des plantations en 2016, les essences les plus susceptibles d'être broutées par les cerfs ont été protégées, soit : l'érable argenté ; l'érable de Pennsylvanie ; l'érable rouge ; le thuya occidental et le pin blanc. C'est un total de 3 963 plants sur les 14 155 plants plantés, soit 28 % de la plantation qui était alors protégée. Cependant, il a par la suite été constaté qu'il s'agissait des lapins à queue blanche et des lièvres d'Amérique qui causaient la majorité des dégâts sur la plantation à l'hiver et au printemps. En ce sens, une protection supplémentaire contre l'herbivorie a rapidement été apportée en 2017. Environ 4 000 protecteurs supplémentaires ont été installés sur les essences ayant eu le plus haut 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 entièreté, ainsi que certaines épinettes noires.

En raison des coûts reliés à l'achat et à l'entretien des protecteurs (qui n'ont pas été prévus dans l'entente originelle avec EXO), il n'était pas possible de protéger tous les plants du BTN. En 2017, il y avait donc 7 963 plants protégés sur les 14 155 plants¹⁰, soit 56 % de la plantation qui était protégée. Cette protection immédiate a permis d'être mieux équipé pour l'atteinte de notre objectif, soit l'établissement d'un nouveau couvert forestier en permettant à plus de la moitié de la plantation de survivre et de croître. Au fil des années, les protecteurs ont été récupérés chez les individus morts ou dépassant une hauteur de 160 cm et jugés libres de croître afin de protéger d'autres individus victimes de broutage. Graduellement, le nombre d'individus protégés au travers du site a augmenté pour faire face à cette problématique et offrir un meilleur succès pour les plantations. Un suivi détaillé du broutage et de la protection à cet effet est présenté à la section 5.4.2.

À ce jour, notre réaction subséquente visant à protéger les plants par des protecteurs individuels a fait ses preuves : autant la survie et la croissance des espèces sensibles au broutage ont pu être améliorées après leur installation¹¹. Malgré tous les efforts déployés, des protecteurs n'ont pas pu être installés sur l'ensemble des plants d'espèces sensibles. Or, le broutage affecte toujours des individus non protégés dans les plantations, tant en limitant leur croissance, qu'en augmentant le nombre d'arbres dépéris, la présence de défauts (descente de cime subséquente au broutage du bourgeon apical) et ultimement d'arbres morts. En 2022, une bonification du financement de la part d'EXO a permis le remplacement des poteaux de bois et la protection de tous les sapins encore non protégés, d'épinettes et de thuya. Avec ces efforts, les espèces les plus vulnérables à l'herbivorie ont une meilleure survie et état général. Bien que le nombre d'individus protégés augmente au

¹⁰ Plus d'arbres ont été plantés que le nombre initial prévu dans l'entente.

¹¹ Tardif, D. (2022). *Suivi annuel des plantations de la tourbière du Chemin Brûlé (Réserve naturelle du Boisé-des-Terres-Noires) – Printemps – Été – 2022 – Année 6*.
<https://www.ree.environnement.gouv.qc.ca/dossiers/3211-08-009/3211-08-009-8.pdf>

travers du site, un couvert de neige imposant a offert un accès exceptionnel à certains arbres pour les herbivores en hiver 2023 (section 5.4).

5. SUIVIS 2023

À titre de rappel, le but du projet de compensation est d'aménager et de conserver un écosystème viable de sorte à préserver la biodiversité et les fonctions du milieu. Pour parvenir à ce but, il était d'abord nécessaire de développer des méthodes de contrôle contre le roseau commun, notamment en réalisant des aménagements territoriaux et des plantations de végétaux, réalisés en 2016 et 2017 (section 3). Le but des plantations étant, dans un premier temps, de réaliser une fermeture de la canopée afin d'entrer en compétition avec le roseau commun et, dans un deuxième temps, d'ajouter à la valeur écologique de l'écosystème, en incluant une plus grande diversité par une plantation floristique diversifiée d'espèces indigènes et d'espèces facultatives ou obligées de milieux humides. Comme pour les années précédentes, les données considérées pour les suivis de plantation sont exclusivement récoltées dans les zones 1, 2 et 3 qui sont financées par EXO, bien que les autres zones plantées participent intégralement à la création d'une canopée à plus grande échelle.

Tel que mentionné précédemment, le succès de l'aménagement sera mesuré en se basant sur les résultats obtenus au cours des suivis annuels qui ont lieu au début de chaque saison estivale. Pour une septième année consécutive, les suivis incluaient : un suivi *stocking*, un suivi « intensif » et un suivi « extensif ». Néanmoins, certaines modifications ont dû avoir lieu en 2023 en regard aux protocoles et suivis mis en place afin d'être plus efficaces dans la récolte des données de sorte à respecter le budget décroissant. Notamment, le suivi « scan », ayant eu lieu durant six ans, a été abandonné cette année. Ce dernier permettait d'avoir une vue d'ensemble dans les zones « naturelles » de la vitalité des arbres et de la présence de protecteurs. Comme les années précédentes, le suivi intensif s'est fait dans les zones « naturelles ». Ce suivi est plus complet que le scan, car il inclut des données de classes de hauteur, de broutage et la présence de protecteur. En ce qui a trait au suivi extensif, celui-ci inclut toutes les données (survie, vigueur, croissance, défauts, etc.). Depuis le début du projet, ce suivi était réalisé sur l'ensemble des individus plantés avec une étiquette numérotée. Toutefois, puisque le projet évolue, le suivi extensif a été révisé en 2023 afin de devenir un sous-échantillonnage permettant d'évaluer la variabilité de croissance pour chaque espèce au travers des différents patrons de plantations et traitements. Des ajustements auront encore lieu en 2024 pour améliorer la prise de données lors des suivis.

En 2019, c'est le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP), qui nous a conseillé de réaliser un exercice de définition de couvert forestier en suivant la méthode de coefficient de distribution ou *stocking* afin d'avoir une mesure qui prévoit la probabilité de la fermeture de la canopée dans les prochaines années. En ce sens, le premier suivi considéré pour mesurer le succès de la plantation est le *stocking*.

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

Nous évaluons la répartition de la régénération sur le site à l'aide de la méthode de suivi *stocking*, une technique utilisée en foresterie pour juger le succès ou non des plantations en évaluant la répartition de la régénération. Le *stocking* est la méthode utilisée par le MELCCFP et fonctionne comme suit : à l'aide d'un azimuth aléatoire, un nombre de quadrats prédéfinis (4 m²) est mesuré à une distance d'un minimum de 5 mètres l'un de l'autre afin de dénombrer le nombre d'arbres et d'arbustes vivants dans les trois différentes zones (1, 2 et 3) de la tourbière, incluant toutes les zones de plantation (section 3). On y évalue la présence ou l'absence d'individu dans le quadrat. Le pourcentage de quadrats ayant au moins un arbre vivant recensé (planté ou non planté) indique la probabilité qu'un site soit recouvert d'une canopée fermée lorsque la plantation aura atteint la maturité. Nous visons un couvert forestier dense pour empêcher le roseau commun de dominer et proliférer. En ce sens, une cible de *stocking* plus ambitieuse et plus élevée de > 80 % est souhaitée dans les zones ouvertes (zones 1 et 3). Les bouleaux gris peuplant principalement la zone 2 sont exclus lors de ce suivi, car il s'agit d'une espèce à faible longévité et que le *stocking* permet d'évaluer la future forêt qui va créer un couvert forestier pour compétitionner contre le phragmite et les autres EFEE.

Puisque nous sommes dans un écosystème tourbeux, des arbustes ont aussi été plantés dans les zones les plus dénudées et profondes, qui sont caractéristiques du milieu, tel que la zone 1. On distingue alors la présence d'arbres et d'arbustes plantés et/ou non plantés qui sont présents lors du recensement. Le *stocking* des arbres et des arbustes peut être retrouvé au Tableau 1 présenté dans la section 5.1.2 des résultats.

5.1.1. Méthodologie : *stocking*

À l'exception de la strate de bouleaux gris et des espèces herbacées présentes sur le site, tous les plants vivants furent considérés. Le *stocking* inclut les individus plantés entre 2016 et 2018, ainsi que les nouvelles plantations de 2023. Il inclut également les individus non plantés, donc les plants indigènes naturellement recrutés avant la plantation et ceux ayant poussé à la suite de la plantation et qui mesurent plus de 20 cm de hauteur. Le *stocking* inclut les individus intacts, broutés et légèrement dépéris (< 75%), alors que les individus morts ou sévèrement dépéris (> 75 %) ne sont pas pris en compte. Le *stocking* total considère les arbres et les arbustes plantés et indigènes au sein d'un même quadrat.

En 2023, cette méthode a été réalisée dans la zone 1, 2 et 3 en réalisant un échantillonnage aléatoire. Les arbres et arbustes ont été séparés lors du suivi de cette année.

5.1.2. Résultats : *stocking*

Les résultats du *stocking* 2023 sont présentés dans le Tableau 1. Les zones 1 et 3 sont celles ayant le coefficient de distribution le plus élevé pour les arbres, avec 100%. La cible atteinte est donc au-delà de ce qui était souhaité pour ces zones ouvertes.

Le *stocking* des arbustes est souvent plus faible que celui des arbres, reflétant l'emphase qui a été mise sur la plantation des arbres sur le site. Il faut aussi prendre en compte que les arbustes ont majoritairement été plantés dans la zone 1, sont absents de la zone 2 et sont

très peu présents dans la zone 3. Malgré tout, la régénération arbustive semble positive dans toutes les zones et les résultats des arbustes non plantés sont au-delà du seuil fixé par le ministère. Notamment, on retrouve un *stocking* de 91 % pour les arbustes dans la zone 1. Ce qui représente plus de neuf placettes sur dix ayant au moins un individu planté ou issu de la régénération naturelle qui s'y retrouve.

Tableau 1. Coefficient de distribution (*stocking*) par zone de plantation pour les arbres et les arbustes ligneux en 2023

Zone	<i>Stocking arbres</i>			<i>Stocking arbustes</i>		
	Plantés	Non-plantés	Total	Plantés	Non-plantés	Total
Zone 1	95 %	46 %	100 %	35 %	81 %	91 %
Zone 2	58 %	28 %	77 %	NA	60 %	60 %
Zone 3	94 %	80 %	100 %	NA	74 %	74 %

Légende : « N/A » : Données non applicables, car aucun arbuste n'a été planté dans la zone 2 et la zone 3 n'a que trop peu d'arbustes plantés pour être pris en compte.

Le Tableau 2 suivant représente l'évolution du *stocking* depuis les dernières années du projet. Malheureusement, un manque de constance dû à un changement de personnel entre les années fait en sorte que les années 2019 et 2021 ne peuvent être incluses aux analyses de ce suivi. Toutefois, une évolution positive est notable concernant la régénération du site et la plupart du temps, les tendances semblent à la hausse pour le *stocking*.

Tableau 2. Évolution du coefficient de distribution (*stocking*) par zone de plantation pour les arbres et les arbustes ligneux depuis 2020

Zone	Année	Arbres	Arbustes
Zone 1	2020	93 %	95 %
	2022	98 %	79 %
	2023	100 %	91 %
Zone 2	2020	72 %	28 %
	2022	57 %	60 %
	2023	77 %	60 %
Zone 3	2020	96 %	84 %
	2022	96 %	70 %
	2023	100 %	74 %

* Les données de 2019 et 2021 ne peuvent être utilisées ici. En 2019, les données sont non compatibles, car il le protocole a mal été appliqué et en 2021, car les arbres et arbustes ont été échantillonnés sans distinction.

À titre de rappel, la zone 2 est le secteur à l'étude possédant une des plus faibles densités de plantation (1 arbre/25 m²) et une grande partie de sa superficie est fortement envahie par le roseau commun. De plus, plusieurs arbres ont brûlé sur le géotextile à la suite de conditions arides en 2021, ce qui s'est reflété lors du suivi 2022 (57 %). Aucun arbuste n'a été planté dans cette zone et leur présence est exclusivement issue de la régénération

naturelle, qui a d'ailleurs augmenté de près de 40% depuis 2020. Également, l'ajout de nouveaux semis financés par EXO en 2023 dans les endroits les moins régénérés de la zone 2 ont permis de contribuer à la bonification du *stocking* de 20 % depuis l'an dernier.

En somme, l'ensemble des résultats de *stocking* pour les zones 1 à 3 témoigne que le site est en bonne voie de régénération et de création d'une nouvelle canopée. Plus spécifiquement, la quantité d'arbres et d'arbustes non plantés s'avère en expansion. Nos plantations semblent avoir été bénéfiques pour permettre la régénération naturelle du site et permettre l'implantation de nouveaux individus indigènes. Possiblement, car les herbivores sont attirés par les plantes riches en azote qui proviennent des pépinières. Des observations sur le terrain ont même été faites sur la présence de bryophytes à l'intérieur de plusieurs des quadrats de *stocking*. Ces résultats indiquent 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. Dans la zone 2, la strate ligneuse en sous-bois est bien présente et permettra d'assurer une transition arborescente des bouleaux gris vers d'autres essences dans le temps.

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

Le succès de survie est évalué en fonction du recensement d'individus vivants et dépéris dans les zones 1 à 3. Ce suivi permet d'offrir une perspective du succès général de la plantation tout en considérant les espèces ayant le meilleur taux de survie et à l'inverse, celles ayant le plus de difficulté à prospérer. Un taux de survie stable, ou augmentant, d'une année à l'autre est souhaité pour atteindre notre objectif de reboisement.

5.2.1. Méthodologie : survie et de la mortalité de la plantation

À cause des modifications qui eurent lieu pour les suivis et protocoles de 2023, seul le suivi intensif est pris en compte pour l'analyse de la survie et mortalité de la plantation. En effet, contrairement aux années précédentes, le suivi expérimental n'a pu être analysé pour la mortalité, puisque les coupures ont été faites de sorte à ne considérer qu'une certaine portion des individus vivants pour étudier la variabilité de croissance des espèces. Conséquemment, aucun individu mort n'a été tenu en compte en 2023 lors du suivi expérimental. Le suivi intensif a été fait au mois de mai afin d'évaluer l'état, la croissance des plants, l'affectation par l'herbivorie et la présence de protecteur.

Pour qu'un 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 est 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 demeurant intact, ce qui leur offre des probabilités de mieux se porter dans les années subséquentes.

5.2.2. Résultats : survie et de la mortalité de la plantation

Le suivi de la plantation pour la survie et mortalité en 2023 a eu lieu exclusivement dans les « zones naturelles » des zones 1, 2 et 3 et a permis de recenser 1 090 individus (vivants et

morts). Pour toutes zones confondues, le taux de survie des arbres en 2023 est de 78 %, soit 783 arbres vivants. Parmi ce nombre, 334 individus ont été notés comme étant dépérissants et possèdent donc au-delà de 75 % de défauts (ou moins de 25 % de vigueur), alors que 449 sont classifiés comme étant vigoureux. Pour ce qui est des arbustes, ce taux est similaire avec 79 % de survie (Tableau 3).

En comparaison aux années passées, ce taux peut sembler à la baisse. Il faut cependant considérer que l'échantillonnage fût diminué en 2023. L'échantillonnage semi-aléatoire a fait en sorte que certaines espèces, comme l'érable rouge par exemple, n'ont pas été bien échantillonnées sur le site. Dès 2024, nous assurerons que l'échantillonnage soit juste pour chaque espèce afin d'avoir les bons effectifs et analyses pour toutes les essences présentes.

En général, les espèces d'arbres ayant les meilleurs taux de survie cette année incluent : le pin gris (97 %), l'épinette blanche (97 %), l'érable de pennsylvanie (89 %) et le mélèze laricin (88 %). À l'inverse, l'espèce ayant le taux de mortalité le plus élevé est le peuplier deltoïde. Malgré le fait qu'il ne figure pas dans les résultats dus aux modifications du suivi, il ne reste à présent que deux individus de peuplier dans les plantations, comparativement à 15 en 2022. Il avait préalablement été constaté que le peuplier est mal adapté aux conditions environnementales du site. Parmi les résultats présents au Tableau 3, c'est le sapin baumier qui a le plus haut taux de mortalité cette année (37 %).

En ce qui a trait aux arbustes, le cerisier de Virginie (100 %), le rosier des marais (91 %) et l'aulne rugueux (83 %) présentent les meilleurs succès de survie dans les « zones naturelles ». La survie des arbustes est sommairement très bonne, malgré le fait que l'aulne rugueux a un taux de mortalité plus élevé que les autres, avec 18% d'individus morts.

Pour la majorité des espèces, des actions ont été prises en 2022 pour promouvoir leur survie, incluant l'aménagement du territoire et la pose de protecteurs. Les résultats obtenus au Tableau 3 montrent que la pose de protecteurs a été particulièrement bénéfique pour les sapins baumiers et les épinettes.

Tableau 3. Vitalité des arbres et arbustes recensés en 2023 et classifiés selon leur espèce

Espèce	Total d'individus	Individus vivants vigoureux (< 75% de dommages)	Individus dépérit (> 75% de dommages)	Individus morts	Taux de survie	Taux de mortalité
Arbres						
<i>Abies balsamea</i>	214	71	63	80	63 %	37 %
<i>Acer pensylvanicum</i>	9	1	7	1	89 %	11 %
<i>Acer saccharinum</i>	30	5	14	11	63 %	37 %
<i>Larix laricina</i>	138	95	26	17	88 %	12 %
<i>Picea glauca</i>	140	58	57	25	82 %	18 %
<i>Picea mariana</i>	234	105	56	73	69 %	31 %
<i>Pinus banksiana</i>	143	56	82	5	97 %	3 %
<i>Pinus strobus</i>	30	16	13	1	97 %	3 %

Espèce	Total d'individus	Individus vivants vigoureux (< 75% de dommages)	Individus dépérit (> 75% de dommages)	Individus morts	Taux de survie	Taux de mortalité
Arbres (suite)						
<i>Thuja occidentalis</i>	69	42	16	11	84 %	16 %
Totaux et moyennes des arbres	1 007	449	334	224	78 %	22 %
Arbustes						
<i>Alnus rugosa</i>	40	11	22	7	83 %	18 %
<i>Prunus virginiana</i>	8	5	3	0	100 %	0 %
<i>Rhus typhina</i>	0	0	0	0	0 %	100 %
<i>Rosa palustris</i>	35	17	15	3	91 %	9 %
Totaux et moyennes des arbustes	83	33	40	10	83 %	18 %
Totaux et moyennes	1 090	482	374	234	79 %	21 %

5.3. Suivi détaillé de la vigueur

Ce suivi détaillé permet d'avoir un portrait de l'état de la plantation en général et ainsi de déterminer si certaines espèces reprennent en vigueur d'une année à l'autre ou si, au contraire, certaines espèces semblent en déclin. La vigueur permet aussi de donner un aperçu de l'évolution des plants à la suite de mise en place de protecteurs pour les prévenir des impacts néfastes de l'herbivorie. Les données présentées dans cette section proviennent exclusivement du suivi extensif, car la méthodologie employée est plus complète pour mesurer la vigueur des individus.

5.3.1 Méthodologie : vigueur

Afin d'avoir une perspective de l'état des plants vivants, un suivi portant sur la vigueur des plants fut effectué sur environ 19 % des individus de la plantation avec le suivi expérimental. Ce suivi est basé sur une méthode de classification d'arbres en foresterie, soit de grouper les arbres en quatre classes :

1. Très vigoureux (< 25 %) :
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 (25-49 %) :
Le plant est en bon état, il fait de la photosynthèse sur plus de 50 % de ses tissus, il peut donc avoir entre 25 et 49 % de défauts ;
3. Peu vigoureux (50-74 %) :
Les plants peu vigoureux ont plus de difficulté à faire de la photosynthèse, ceux-ci en font sur moins de 50 % de leurs tissus, ils ont donc des défauts sur 50 à 75 % de leur physique ;
4. Très peu vigoureux (> 75 %) :

Les plants très peu vigoureux, voir dépérit, ont des défauts sur plus de 75 % de leur physique, ce qui nuit à une photosynthèse efficace.

Les différents défauts qui peuvent être observés et recensés à la réserve naturelle du BTN sont distingués à l'aide des appellations suivantes : bourgeon(s) mort(s), broutage (récent et/ou ancien), peu de feuilles, dessiccation hivernale, plant brisé et descente de cime. Depuis les dernières années, la présence de protecteurs est recensée pour tous les plants lors de ce suivi ainsi que lors du suivi de vigueur (section 5.3). Le recensement des protecteurs lors de l'inventaire permet de fournir des données sur le pourcentage d'individus protégés contre l'herbivorie et d'être en mesure de comparer le succès de survie et croissances pour ces plants (section 5.4).

5.3.2 Résultats : vigueur

Un total de 1 477 plants vivants a été recensé pour ce suivi en 2023. Sur les plants mesurés, 30 % sont très vigoureux et le quart (25 %) sont vigoureux, ce qui équivaut à 55 % des plants qui sont classifiés comme étant en bon état (Tableau 4). Pour ce qui est des individus en moins bon état, 26 et 19 % sont entre 50 à 75 % de dommage et plus de 75 % de dommage (Figure 10). Ainsi, les plants en bon état sont supérieurs en nombre que ceux ayant plus de dommages. Seulement 19 % des individus semblent dans un état préoccupant.

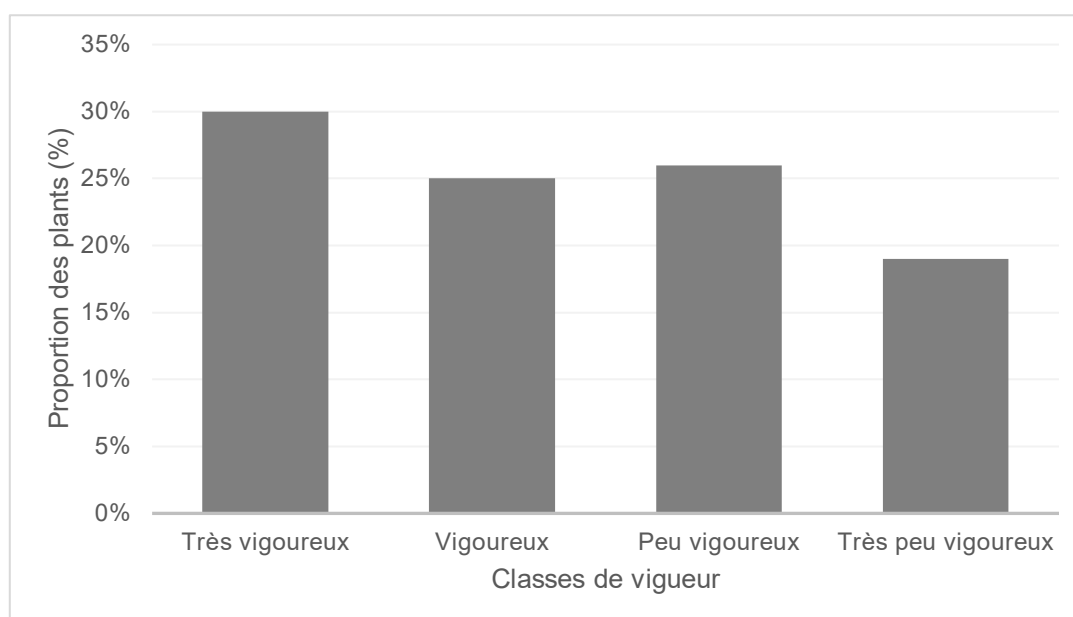


Figure 10. Proportion des plants recensés lors du suivi extensif selon quatre catégories de vigueur (données 2023)

Lors de ce suivi, les feuillus ayant le plus haut taux d'individus très vigoureux sont les érables rouges (57 %) et le myrique baumier (52 %). Alors que pour les conifères, il s'agit de l'épinette blanche (38 %) et le sapin baumier (33 %). Cependant, en ce qui concerne le sapin, on y retrouve pratiquement autant d'individus dans la catégorie d'arbres très peu vigoureux (32 %). Outre le sapin, les arbres notés comme très peu vigoureux, voir dépérit, incluent en premier rang le peuplier deltoïde (100 %), suivi de l'érable argenté (45 %), mais très peu de ces espèces ont été plantées. Pour les arbustes, ce sont les cerisiers de Virginie

(47 %) et les aulnes rugueux (36 %) qui sont les plus dépérit. Ces individus présentent donc une condition plus inquiétante, mais ils demeurent très peu en nombre sur le site (Figure 10). Plus précisément, si l'on compare avec les résultats observés avec le suivi extensif de 2021, le sapin baumier a beaucoup gagné en vigueur depuis 2022. En effet, en 2021, 86% des sapins étaient dépérit comparativement à seulement 32 % cette année. En ce sens, lorsque cela s'applique, les arbres moins vigoureux auxquels une protection est apportée peut permettre de rétablir ou voir même améliorer leur état (section 4).

Tableau 4. Proportion des plants recensés lors du suivi extensif selon quatre catégories de vigueurs en 2023

Espèces	Total vivants	Très vigoureux	Vigoureux	Peu vigoureux	Très peu vigoureux
Arbres					
<i>Abies balsamea</i>	98	33 %	10 %	26 %	32 %
<i>Acer rubrum</i>	203	57 %	16 %	16 %	11 %
<i>Acer saccharinum</i>	94	18 %	19 %	18 %	45 %
<i>Larix laricina</i>	201	20 %	31 %	39 %	9 %
<i>Pinus banksiana</i>	100	20 %	30 %	37 %	13 %
<i>Picea glauca</i>	116	38 %	28 %	28 %	7 %
<i>Pinus strobus</i>	77	1 %	26 %	57 %	16 %
<i>Populus deltoides</i>	2	0 %	0 %	0 %	100 %
<i>Thuja occidentalis</i>	157	25 %	26 %	26 %	22 %
Total et moyennes arbres	1 048	30 %	25 %	29 %	19 %
Arbustes					
<i>Alnus rugosa</i>	216	24 %	21 %	20 %	36 %
<i>Kalmia angustifolia</i>	40	25 %	35 %	28 %	13 %
<i>Myrica gale L.</i>	99	52 %	33 %	12 %	3 %
<i>Prunus virginiana</i>	19	26 %	21 %	5 %	47 %
<i>Vaccinium angustifolium</i>	55	25 %	44 %	27 %	4 %
Total et moyennes arbustes	429	31 %	28 %	19 %	22 %
Total et moyennes	1 477	30 %	25 %	26 %	19 %

Pour que l'analyse de vigueur soit présentée dans le Tableau 4 ci-haut, il faut tenir compte du fait que le nombre d'individus vivants recensés lors du suivi varie grandement d'une espèce à l'autre. Ainsi, il faut se fier non seulement au pourcentage indiqué, mais aussi au nombre total d'individus échantillonné pour chaque espèce afin d'avoir un portrait plus juste de la vigueur des populations en place. Par exemple, les peupliers ont 100 % de leurs individus qui sont dépérit, mais ils ne comptent plus que deux individus vivants pour ces analyses (comparativement à 15 individus l'an dernier).

5.4. Suivi du broutage

Les données de broutage récoltées lors des suivis intensif et expérimental permettent d'offrir une perspective sur les espèces les plus vulnérables et les zones les plus touchées par l'herbivorie. Elles permettent aussi de visualiser si les mesures mises en place, comme les protecteurs, permettent de limiter les dommages des herbivores sur les individus. En ce sens, une seconde portion des résultats est axée sur la présence de protecteurs au sein des individus.

5.4.1. Méthodologie : broutage

Lors du suivi intensif, la présence de broutage est quantifiée selon deux catégories, soit : broutage récent et/ou broutage ancien. De ce fait, le broutage total observé qui est présenté à la section suivante englobe ces deux catégories et les données obtenues lors du suivi extensif qui permettent de relever la présence de broutage sur les individus.

Pour ce qui est de la proportion des plants protégés, les données ont été prises à lors des suivis intensif et extensif, où chaque individu possédant un protecteur a été noté selon son espèce.

5.4.2. Résultats : broutage

La Figure 11 met en évidence la répartition des espèces les plus broutées au travers du site en fonction du suivi de 2023. Ces espèces représentent en ordre d'importance les plus prisées (ou les plus accessibles) par les herbivores. En premier rang se trouve le mélèze laricin, dont 88 % des individus recensés ont été broutés, suivi par le pin gris (81 %), le bleuet à feuilles étroites (80 %) et le cerisier de Virginie (78 %) (Tableau 5).

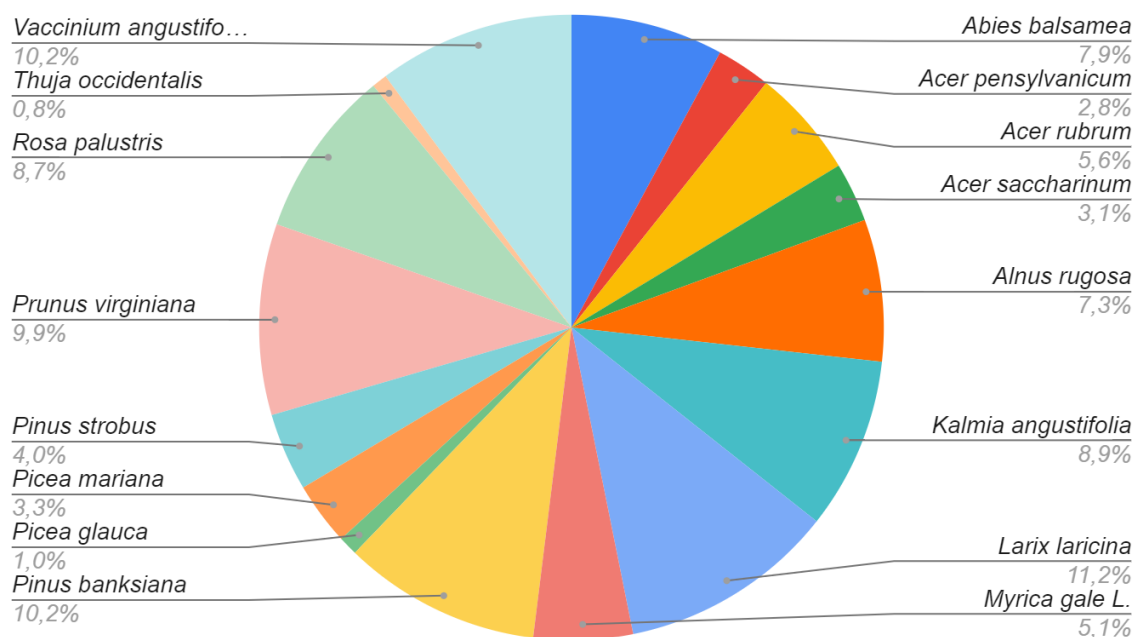


Figure 11. Proportion des espèces les plus broutées lors du suivi 2023 en fonction des individus broutés

Le couvert de neige présent en hiver 2023 a offert un accès exceptionnel aux arbres pour les herbivores. Des traces importantes de broutage ont été observées sur certains arbres protégés malgré le fait que, techniquement, les individus protégés ne devraient pas être broutés. Pourtant, en 2023, 15 % d'individus protégés ont eu des dommages par l'herbivorie (Tableau 4). Les individus ligneux qui semblent les plus prisés par cet accès privilégié sont le pin gris et le cerisier de Virginie qui ont eu plus de la moitié de leurs plants protégés ayant été broutés (52 % et 53 %). De surcroît, les personnes présente lors du suivi de 2023 témoignent que la quasi-totalité des pins gris et des mélèzes laricins observés (surtout dans les zones 1 et 3) a été très endommagée (Figure 12). Ce broutage exceptionnel a surtout été lié à la présence d'une neige abondante qui a permis aux lagomorphes de manger la tête des arbres dépassant des protecteurs. Un hiver plus clément ne permet normalement pas ce type de dommage. Un ajout de protection additionnelle pourrait être une option pour régler cette problématique, mais avec de grands coûts. Pour le moment, nous souhaitons tester de nouvelles alternatives, telles que la répulsion des herbivores avec des moyens olfactifs.

Tableau 5. Recensement des individus broutés et des protecteurs lors du suivi de 2023

Espèces	Total individus	Individus broutés	Individus protégés	Individus protégés et broutés
Arbres				
<i>Abies balsamea</i>	312	62 %	17 %	19 %
<i>Acer pensylvanicum</i>	9	22 %	33 %	0 %
<i>Acer rubrum</i>	203	44 %	81 %	29 %
<i>Acer saccharinum</i>	124	24 %	80 %	18 %
<i>Larix laricina</i>	339	88 %	2 %	3 %
<i>Pinus banksiana</i>	243	81 %	35 %	52 %
<i>Picea glauca</i>	256	8 %	66 %	8 %
<i>Picea mariana</i>	234	26 %	62 %	0 %
<i>Pinus strobus</i>	107	32 %	77 %	25 %
<i>Populus deltoides</i>	2	0 %	100 %	0 %
<i>Thuja occidentalis</i>	226	6 %	96 %	6 %
Total et moyennes arbres	2 055	36 %	59 %	14 %
Arbustes				
<i>Alnus rugosa</i>	256	58 %	66 %	43 %
<i>Kalmia angustifolia</i>	40	70 %	0 %	0 %
<i>Myrica gale L.</i>	99	40 %	0 %	0 %
<i>Prunus virginiana</i>	27	78 %	41 %	53 %
<i>Rhus typhina</i>	0	NA	NA	NA
<i>Rosa palustris</i>	35	69 %	0 %	0 %
<i>Vaccinium angustifolium</i>	55	80 %	0 %	0 %
Total et moyennes arbustes	512	66 %	18 %	16 %
Total et moyennes	2 567	44 %	45 %	15 %



Figure 12. Dommages de l'herbivorie sur les conifères (*Pinus banksiana* et *Abies balsamea*) de la plantation réalisable par des accumulations de neige importantes en 2023 (hiver et été 2023)

Il importe de préciser que le broutage affecte différemment l'intégrité et la vigueur des individus. Qui plus est, la prise de données au moment du suivi indique seulement la présence de broutage et non sa gravité observée sur le plant. Certaines espèces, telles que le sapin baumier et l'épinette noire, qui ont des proportions importantes d'individus broutés (62 % et 26 %), sont plus petites et plus vulnérables aux conséquences de l'herbivorie. De même, des individus non protégés ont été broutés de multiples fois, réduisant ainsi leur hauteur et leur vigueur. À cet effet, il est à noter que depuis environ 4 ans des protecteurs en place sur des espèces suffisamment grandes (> 1m 60) sont retirés. Ainsi, il est parfois possible d'observer une baisse de protection chez certaines espèces d'année en année. Il faut aussi noter que des cerfs et les lagomorphes (lapins et lièvre) ont des préférences différentes en termes de palatabilité d'espèces d'arbres. La vigueur des arbres est donc liée à la présence des protecteurs et le type d'herbivore, mais aussi aux conditions édaphiques (qui ont notamment causé la descente de cime de plusieurs érables).

Sur le site, l'herbivorie demeure un des enjeux majeurs influençant la vigueur des arbres. C'est la raison pour laquelle les protecteurs sont ajoutés chaque année en priorité aux arbres présentant les plus grands risques de broutage et ceux dont la menace pour leur survie (déclin de la vigueur) est présente. Depuis les dernières années, une attention est mise sur la protection additionnelle dès que cela est réalisable. Pour ce faire, les protecteurs sont retirés chez les individus considérés comme morts. Une fois retirés, les protecteurs qui sont en bon état peuvent par la suite servir à protéger des arbres vulnérables à l'herbivorie. Également, il arrive que des protecteurs soient dans un piètre état et qu'il soit impératif de les retirer pour ne pas menacer la survie de l'arbre. Par exemple, avant le terrain de 2024, plusieurs protecteurs brisés seront retirés avant d'entamer les suivis au printemps.

Finalement, dû à l'envergure de la problématique de broutage, une nouvelle étude menée par Jean-Michel Brunet (étudiant à la maîtrise) est en cours depuis l'automne 2023 afin de trouver des alternatives pour dissuader les herbivores d'approcher les arbres de la plantation. Pour le moment, seules l'urine de prédateur, ainsi que la composée chimique 2 PEA présente dans l'urine sont testées en étant apposée autour du collet de semis de pin gris. Davantage de tests seront poursuivis au printemps 2024.

5.5. Suivi de la croissance

Les différentes classes de hauteurs des arbres et arbustes ont été relevées lors des suivis intensif et expérimental. Les données recueillies mettent en lumière la croissance annuelle de chacune des espèces, ainsi que le nombre d'individus appartenant aux diverses catégories de grandeurs.

La classification des arbres selon leur hauteur permet de diviser les individus appartenant aux différents étages qui composent le couvert végétal. Dans le cadre de notre projet, le peuplement recensé est dit en « étage inférieur », car les arbres sont de moins de 7 m de hauteur et forment le peuplement d'avenir.¹² Il s'agit donc encore d'arbres opprimés qui occupent majoritairement l'espace sous-jacent de la majorité des arbres matures dans la tourbière. Après 10 ans du projet, on devrait avoir des arbres d'une hauteur intermédiaire et qui deviendront éventuellement codominant et dominants dans les années subséquentes pour fermer la canopée. D'ici la fin du projet, nos suivis de croissance divisent la hauteur des arbres en cinq catégories de grandeur allant jusqu'à 2 m.

5.5.1. Méthodologie : croissance

La hauteur a été mesurée sur les plants vivants pour ensuite les classer selon cinq catégories de grandeur :

- A. 0-24 cm ;
- B. 25-49 cm ;
- C. 50-99 cm ;
- D. 100-199 cm ; et
- E. > 200 cm.

5.5.2. Résultats : croissance

En 2023, les données de 1 831 arbres et 502 arbustes vivants ont servi aux analyses de croissance. Les résultats pour chaque espèce sont présentés au Tableau 6. Parmi les plus grands arbres (> 200 cm) recensés en 2023 se trouvent des essences à croissance rapide et moyenne. On compte en premier lieu le pin gris (28 %), suivi par les érables rouges (16 %) et argentés (14 %), et finalement par les mélèzes laricins (8 %). Ce constat est représentatif des mêmes tendances observées en 2022. En moyenne, ces grands arbres représentent 7 % des individus échantillonnés, donc un taux qui semble stable (8 % en 2022). La classe 50-99 cm demeure celle qui comportent le plus grand nombre d'individus

¹² Méthot, S., et autres (2014). *Guide d'inventaire et d'échantillonnage en milieu forestier*, Québec, gouvernement du Québec, Direction de l'aménagement et de l'environnement forestiers, 237 p.

recensés, avec 44 %. Parmi les plus grands arbres (> 200 cm), le pin gris, les érables rouge et argenté, de même que le mélèze, viennent contribuer notablement à la fermeture de canopée.

La catégorie des arbres mesurant entre 100-199 cm est à la baisse comparativement à 2022 (15 % vs 32 %). Plusieurs raisons peuvent expliquer ce phénomène. La première étant une irrégularité dans la prise de données en 2022, où les arbres qui présentaient une descente de cime (due à la sécheresse de 2022 et un phénomène d'*overshooting*) n'ont pas été tenus en compte dans les prises de mesure pour la croissance. Ainsi, plusieurs arbres (surtout des érables) n'ont pas été considérés dans les données de croissance, ce qui a entraîné un biais dans les résultats observés. L'érable rouge a été particulièrement affecté par ce phénomène dans la zone 1, où sa biomasse aérienne a excédé la capacité hydrique de l'été sec. La seconde raison peut être due au broutage extraordinaire qui a eu lieu cette année avec la couverture de neige (section 5.4.2). Finalement, les données des sapins étaient exclues en 2022 des analyses, car encore une fois, trop de données étaient désuètes pour la croissance. Leur présence dans les résultats de cette année augmente sensiblement (7 %) le nombre d'individus présent dans la catégorie de croissance inférieure (0-24 cm).

Malgré une croissance qui peut sembler lente, la plantation atteint doucement son but de créer un nouveau couvert arborescent. Il faut considérer avant toute chose les conditions édaphiques du site et autres défis qui l'entourent qui viennent exercer une pression sérieuse sur les plants. D'ordre général, on peut remarquer sur le terrain que les arbres plantés à l'est du site, où la disponibilité en eau est plus constante, poussent plus vite que ceux plantés dans les zones 1 et 3 où la nappe phréatique est plus variable.

Tableau 6. Hauteur (cm) des arbres et arbustes en 2022 selon l'espèce

Espèces	Nb total d'individus	0-24 cm	25-49 cm	50-99 cm	100-199 cm	> 200 cm
Arbres						
<i>Abies balsamea</i>	232	85 %	15 %	0 %	0 %	0 %
<i>Acer pensylvanicum</i>	8	25 %	50 %	25 %	0 %	0 %
<i>Acer rubrum</i>	203	2 %	7 %	35 %	37 %	18 %
<i>Acer saccharinum</i>	113	4 %	13 %	36 %	29 %	17 %
<i>Larix laricina</i>	322	1 %	17 %	54 %	20 %	8 %
<i>Picea glauca</i>	231	7 %	18 %	66 %	9 %	0 %
<i>Picea mariana</i>	161	23 %	34 %	42 %	1 %	0 %
<i>Pinus banksiana</i>	238	1 %	8 %	24 %	39 %	28 %
<i>Pinus strobus</i>	106	8 %	31 %	35 %	23 %	3 %
<i>Populus deltoides</i>	2	0 %	0 %	100 %	0 %	0 %
<i>Thuja occidentalis</i>	215	1 %	29 %	66 %	4 %	0 %

Espèces	Nb total d'individus	0-24 cm	Espèces	Nb total d'individus	0-24 cm	Espèces
Arbres (suite)						
Total et moyennes arbres	1 831	14 %	20 %	44 %	15 %	7 %
Total et moyennes sans <i>A. balsamea</i>	1 599	7 %	21 %	48 %	16 %	7 %
Arbustes						
<i>Alnus rugosa</i>	249	7 %	18 %	24 %	37 %	14 %
<i>Kalmia angustifolia</i>	40	5 %	53 %	43 %	0 %	0 %
<i>Myrica gale L.</i>	99	1 %	12 %	72 %	15 %	0 %
<i>Prunus virginiana</i>	27	67 %	33 %	0 %	0 %	0 %
<i>Rosa palustris</i>	32	13 %	44 %	44 %	0 %	0 %
<i>Vaccinium angustifolium</i>	55	87 %	13 %	0 %	0 %	0 %
Total et moyennes arbustes	502	30 %	29 %	30 %	9 %	2 %

Les résultats présentés ci-dessus offrent une classification en fonction des différentes hauteurs observées chez les espèces. Il faut néanmoins considérer que chaque espèce se développe différemment et que la plupart des espèces présentes n'atteindront probablement pas une hauteur au-delà de 200 cm après 10 ans du projet.

La hauteur des arbres est à la hausse cette année pour les catégories de hauteur 0-24 cm et 25-49 cm (Figure 13). Comme pour les années précédentes, la majorité des individus de type arbres se trouvent dans la catégorie de hauteur 50-99 cm. En 2023, une baisse de la proportion des individus est notée dans les catégories se situant entre 50 et 200 cm. Ceci peut être attribuable à la problématique de broutage sur le site cette année, entre autres, ainsi que les descentes de cimes marquées lors de la sécheresse de 2022. D'ordre général, les résultats sont encourageants, car ils représentent une hausse appréciable de la population en vue de l'établissement d'un couvert forestier. Les arbres ont une bonne croissance, ce qui reflète leur bon état de santé malgré les défis qu'ils subissent.

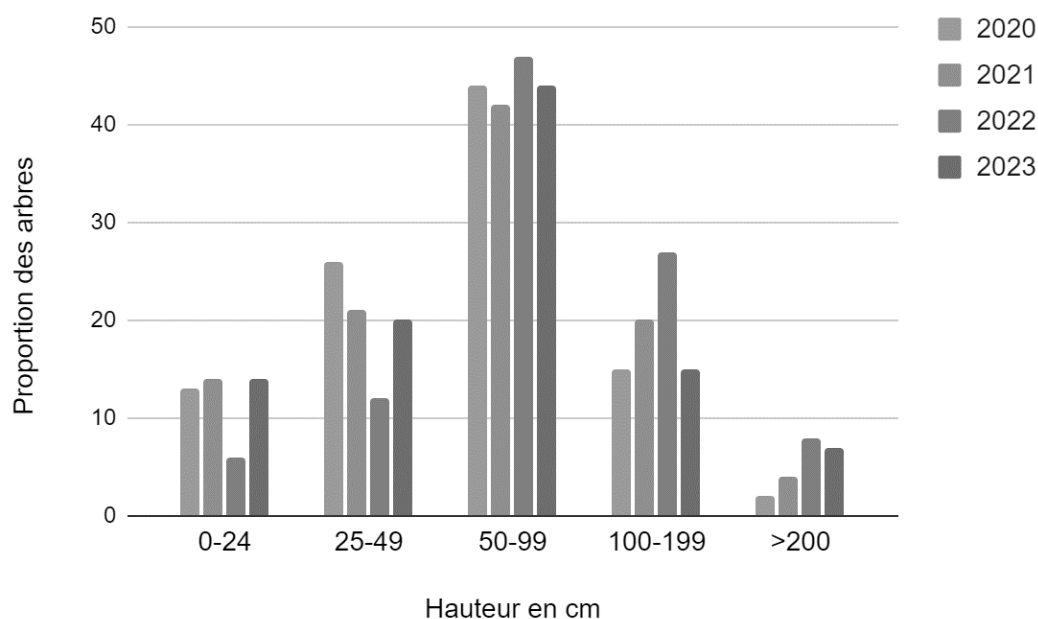


Figure 13. Proportion des arbres entre 2020 et 2023 classifiés selon différentes catégories de hauteur

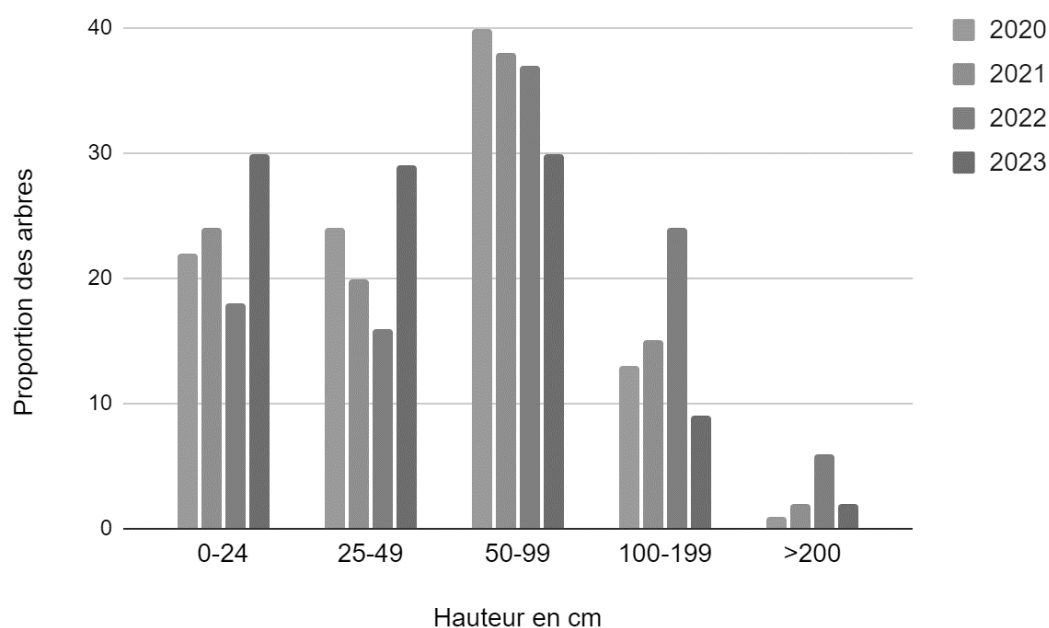


Figure 14. Proportion des arbustes entre 2020 et 2023 classifiés selon différentes catégories de hauteur

Pour ce qui est des arbustes, on peut observer les mêmes tendances que chez les arbres (Figure 14). Il y a une augmentation notable dans les catégories entre 0 et 49 cm de hauteur et une baisse dans les catégories supérieures. Ceci dit, à l'exception de l'aulne rugueux qui

a plus de la moitié de ses individus mesurant au-delà de 100 cm, il faut s'attendre à ce que très peu d'arbustes dépassent 200 cm de hauteur.

En somme, ces résultats sont favorables pour atteindre l'objectif de reboisement et de création d'une canopée. D'ailleurs, depuis maintenant trois ans, un nouveau protocole est mis en place afin de mesurer la cime des arbres et arbustes qui mesurent au-delà de 200 cm. Ce protocole consiste à mesurer la largeur de la cime du Nord au Sud et de l'Est à l'Ouest et permettra d'évaluer le recouvrement du nouveau couvert forestier dans les années à venir.

5.6. Conclusion sur les résultats des suivis

L'évolution du *stocking* par zone est en constant développement dans les zones financées par EXO. En 2023, un *stocking* de 100 % a été observé dans les zones 1 et 3 pour les arbres. Ces résultats montrent que la canopée est propice à se fermer lorsque la plantation aura atteint sa maturité. Dans la zone 2, où le *stocking* était plus faible les années précédentes, l'ajout de 200 arbres dans les secteurs problématiques a permis de le bonifier concrètement les semis en sous-étage de la strate de bouleaux gris. Qui plus est, le suivi de croissance a mis en évidence que plusieurs espèces, dont le pin gris, l'érable (rouge et argenté) et le mélèze, mesurent maintenant au-delà de 200 cm et permettent, depuis cette année, de récolter des mesures concernant le recouvrement de leur cime. Dans quelques années, quand les arbres auront atteint un diamètre à la hauteur de poitrine (DHP) de plus de 5 cm, nous pourrons évaluer 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 et le résultat issu du suivi 2023 y est fortement encourageant. Aussi, certaines espèces semblent être mieux acclimatées pour une plantation en tourbière que d'autres, telles que le mélèze, les pins, l'épinette noire, le thuya et les érables, de manière générale.

Le recensement de 2023 a permis de mettre en évidence qu'environ 45 % des plants sont protégés. En temps normal, les protecteurs offrent une meilleure survie et croissance pour les plants à risque d'herbivorie. Néanmoins, un couvert de neige supérieur a offert un accès privilégié aux arbres pour les herbivores et un bon nombre d'individus protégés ont été broutés tout de même. Ces dommages semblent s'être répercutés dans les résultats du suivi de croissance, où une légère diminution du taux de croissance annuel est observée pour les individus de plus de 50 cm. Toutefois, le suivi de la vigueur de la plantation montre que la majorité des plants sont très vigoureux.

Il faut rappeler que les individus sur le site font face à plusieurs intempéries annuellement. D'abord avec le choc de plantation, suivi de leur acclimatation aux intempéries (inondation, sécheresse, herbivorie). En ce sens, les variations climatiques en fonction du type de sol, surtout organique, ont un grand impact sur ce qui est observé chaque année en fonction des espèces, tant au niveau de leur vigueur que de leur survie. Par exemple, l'été 2022 était très chaud et sec, alors qu'en 2023 les conditions étaient surtout pluvieuses. Une évaluation annuelle permet donc d'associer les changements de mortalité avec les aléas météorologiques.

Finalement, le succès en termes de survie et de croissance d'une espèce au sein des plantations reflète son potentiel dans le type de traitement qu'elle se trouve ainsi que dans un écosystème tourbeux. Notamment, la population de peuplier deltoïde plantée est en déclin depuis le début du projet. Ses individus ont été plantés en majorité sur les monticules dans la zone 1 et n'ont pas survécu aux fluctuations hydriques plutôt drastiques de la tourbière. Cette espèce ne semble simplement pas bien adaptée pour ce genre de milieux dans le cadre d'un projet de restauration. Dans la même optique en ce qui concerne l'aulne rugueux, celui-ci a été planté dans divers milieux et en grand nombre (zones 1 et 3). En observant les résultats de 2023, on peut voir que la majorité des aulnes morts se trouvent dans la zone 3, section B. Cette section est celle où le taux de mortalité est le plus élevé en général, car il n'y a aucun traitement (directement dans le phragmite) et l'herbivorie y est très élevée si les individus n'ont pas de protecteur. Les résultats concernant la survie et vigueur permettent d'avancer scientifiquement avec des guides plus précis pour assurer le meilleur succès général possible.

Nos recommandations pour les futurs projets de restauration et de compensation sont d'abord de persister à mettre l'emphasis sur la protection des individus, car celle-ci permet en temps normal d'assurer une meilleure survie et état. Après plusieurs années de suivi, il devient pertinent de relever les endroits problématiques pour les plantations et de compenser la perte des individus par leur remplacement. À la lumière des résultats obtenus, certaines essences peuvent simplement ne pas être bien acclimatées pour le type de milieu en question. Pour des projets futurs, il faut donc ajuster la sélection des espèces conséquemment avec les résultats émanant de notre projet. Une autre suggestion sera de prévoir un budget et un réajustement de la plantation après quelques années. Il faut garder en tête l'objectif de la plantation, soit de créer un nouveau couvert forestier pour restaurer la biodiversité de la tourbière et lutter contre les EFEE. Les dernières années de suivis et d'entretien qui sont à venir seront cruciales pour assurer l'atteinte de cet objectif. Il faut donc s'assurer d'avoir toutes les ressources nécessaires pour y parvenir.

6. GESTION DES ESPÈCES FLORISTIQUES EXOTIQUES ENVAHISSANTES (EFEE)

La FiCEL a relevé un bilan de cinq espèces d'EFEE au BTN qui sont préoccupantes et potentiellement nuisibles à la restauration du site : l'anthesisque des bois (*Anthriscus sylvestris*), le roseau commun, le nerprun bourdaine et cathartique, et le panais sauvage. Tous ont une croissance en dominance qui réduit l'accès à la lumière pour les végétaux en sous-étage, ce qui représente une menace à la biodiversité du site. Les EFEE les plus critiques pour les plantations, et qui sont présentes à l'intérieur des zones financées par EXO, sont d'abord et avant tout le roseau commun qui est omniprésent et ensuite le nerprun qui ceinture les zones. Ainsi, les méthodes de gestions proposées dans cette section concernent principalement ces deux EFEE, mais effleurent aussi un traitement expérimental pour l'anthesisque qui prend de l'ampleur au travers des colonies de roseaux communs.

6.1. Le roseau commun

La gestion du roseau commun sur le site a débuté en 2016 à l'aide de divers traitements tels que : la coupe des tiges, le pliage, la scarification du sol, le recouvrement avec une membrane géotextile, ainsi qu'avec les plantations d'arbres et arbustes. Les talles n'ayant pas subi de traitement, comme dans la zone 3, B (Figure 8) n'ont pas réduit en densité (Figure 15).



Figure 15. Présence de roseau commun (*Phragmites australis subsp. Australis*) dans les plantations des zones 2 et 3 (mai 2022)

6.1.1. Méthodes de lutte contre le roseau commun

En vue de maintenir cette EFEE 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. Plus spécifiquement, 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 rapidement¹³. Ce pliage peut se faire à pied muni de bottes, ou même de raquettes pour augmenter la surface de contact, et nécessite la mobilisation de plusieurs personnes (au minimum 4). Selon la FiCEL, le nombre de pliages idéal à réaliser par saison pour parvenir à épuiser les ressources du phragmite va jusqu'à trois à quatre pliages espacés durant la saison de croissance. Dans le contexte d'une plantation d'arbres, l'application de cette méthode une à deux fois par an (ou aux deux ans) semble être efficace à entretenir sur du long terme. Dès 2016, un pliage initial avait été fait à l'automne dans toute la zone 3 A. Depuis, faute de moyens, seulement 1 pliage est réalisé annuellement au mois de juillet dans la zone 3, lorsque cela est possible (Figure 8). Typiquement, ce pliage est fait à l'aide de bénévoles et est principalement initié avec une collaboration avec la FiCEL. En 2023, seulement un pliage a eu lieu en pourtour des arbres concernés au moment du suivi, mais aucune autre activité de pliage de grande envergure n'a eu lieu, faute de ressources et de financement.

¹³ 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. Selon la FiCEL, les populations ont grandement diminué depuis le début des plantations¹⁴. Malgré tout, de meilleurs résultats de gestion de cette EFEE seraient attendus en pliant le phragmite dans chacune des zones, et ce, plusieurs fois dans une saison. Le maintien de telles mesures d'entretien contre les EFEE est la clé d'un dispositif efficace pour assurer la pérennité du projet. De nouvelles stratégies pourront être élaborées avec la FiCEL pour assurer de préserver les efforts mis jusqu'à présent quant à la gestion du phragmite, mais aussi en regard à la présence croissante de l'anhrisque sur place.



Figure 16. Aperçu de la méthode de pliage dans la zone 3 (2019)

Légende : À gauche, avant le pliage du phragmite ; et à droite, après le pliage.

Outre le pliage, des membranes de géotextile ont été posées dans chacune des zones au début du projet comme méthode de contrôle. Cette méthode, visant à permettre aux arbres plantés de croître sans craindre la compétition du roseau présent sous la membrane, n'a pas eu le succès escompté dans chacune des zones. Plus précisément, à certains endroits, les arbres présents sur la membrane noire ont subi un stress considérable lors d'épisodes de chaleur et ont brûlé. C'est d'ailleurs pourquoi, au nord-ouest de la zone 2, le géotextile a complètement été retiré en 2023 pour faire place à de nouvelles plantations d'arbres octroyés par EXO et ainsi bonifier le coefficient de distribution dans cette zone (section 5.1). Considérant que le roseau commun est désormais certainement mort à la suite ces sept années passées sous une membrane, celle-ci a commencé à être retirée avec parcimonie à certains endroits dans la zone 1. Malencontreusement, le retrait de la membrane de géotextile est laborieux, surtout en milieu humide où la membrane absorbe l'eau et devient considérablement lourde à transporter. Qui plus est, aucun retrait de l'équipement comme le géotextile mis en place pour lutter contre les EFEE n'a été budgété dans l'entente initiale avec EXO. En ce sens, un financement additionnel serait nécessaire pour débiter graduellement le retrait des membranes posées au travers des zones (section 7).

Dès 2024, des quadrats permanents de 1 m² seront mis en place au travers des zones afin d'évaluer la présence du roseau commun (densité, hauteur et diamètre) avant, durant et après le retrait du géotextile. Cette étape permettra de comparer l'efficacité des différents

¹⁴ Communication avec Marie-Josée Berteau, Technicienne à la FiCEL (31 octobre 2023).

traitements dans la mise en place de tactiques pour lutter contre le roseau commun et, dans le cas échéant, de prévoir une alternative pour minimiser la propagation des EFEE.

6.1.2. Méthodes de lutte contre le roseau commun et l'anthesisque des bois

Des sumacs vinaigriers ont été plantés par la FiCEL en 2020 à l'intérieur de cinq exclos de 25 m² (à l'extérieur des zones financées par EXO). Cette espèce a été sélectionnée puisqu'elle aurait un pouvoir allélopathique sur la croissance des plantes¹⁵. Le but est donc de tester l'effet des vinaigriers sur les EFEE, plus précisément sur le roseau commun. Initialement, une quantité de 24 vinaigriers ont été plantés par exclos.

En 2023, le premier suivi a eu lieu et les données récoltées dans les différents exclos comportent : l'état de survie des vinaigriers (vivants, morts ou dépérit) ; leurs classes de hauteur (soit >1 m, ou <1 m) ; et la présence de rejets sur les plants de vinaigriers. La présence de phragmite et de l'anthesisque a également été relevée avec trois quadrats d'échantillonnage aléatoires de 1 m² dans chaque exclos. Pour ce qui est du phragmite, le nombre total de tiges vivantes qui étaient présentes dans les quadrats a été considéré, alors que pour l'anthesisque, seule sa présence ou absence a été prise en compte.

Le Tableau 7 suivant met en évidence les premiers résultats de survie et de croissance des vinaigriers après trois ans de plantation. En général, le taux de survie est plutôt fort (72 %) et la grande majorité des individus mesurent au-delà de 1 m (77 %). Plusieurs individus recensés ont des rejets, ce qui peut contribuer à compétitionner avec la lumière avec le roseau commun (16 %).

Tableau 7. Survie et croissance des plantations de sumac vinaigrier dans les exclos avec roseau commun et anthesisque des bois

Exclos	Nb individus	Taux de survie	Taux de mortalité	Hauteur <1 m	Hauteur >1 m	Ind. avec rejets
1	24	83 %	17 %	0 %	35 %	35 %
2	16	75 %	25 %	0 %	100 %	0 %
3	21	81 %	19 %	6 %	94 %	18 %
4	21	67 %	33 %	0 %	100 %	7 %
5	14	43 %	57 %	33 %	67 %	0 %
Total et moyennes	96	72 %	28 %	4 %	77 %	16 %

Pour ce qui est de la présence d'EFEE dans ces exclos, le roseau commun est présent à 100 % dans chacun des exclos et quadrats de 1 m² échantillonnés (Tableau 8). La densité des tiges vivantes varie légèrement selon les exclos, mais est généralement très faible (entre 11 et 18 tiges/m²) et pourrait donc s'avérer un traitement prometteur. En ce qui concerne la présence d'anthesisque des bois, cette EFEE est présente dans chacun des exclos, mais pas de manière aussi hétérogène que le roseau commun. Par exemple, l'exclos 3 semble avoir peu d'anthesisque comparativement aux autres exclos (33 %).

¹⁵ Qu, T., Du, X., Peng, Y., Guo, W., Zhao, C. & Losapio, G. (2021). Invasive species allelopathy decreases plant growth and soil microbial activity. *PLoS ONE*, 16(2), Article e0246685.

Tableau 8. Présence de roseau commun et d'anthesisque à l'intérieur des exclos avec des plantations de sumac vinaigrier

Exclos	Roseau commun		Anthrisque des bois
	Présence par exclos	Densité des tiges (tiges/m ²)	Présence par exclos
1	100 %	11	100 %
2	100 %	19	100 %
3	100 %	18	33 %
4	100 %	14	100 %
5	100 %	18	67 %
Total et moyennes	100 %	16	80 %

Il est cependant trop tôt pour déterminer si la présence de vinaigriers exerce une influence sur celle des EFEE dans ces exclos. Ceci dit, la croissance des vinaigriers y semble positive et leur survie est somme toute bonne. Le vinaigrier ne semble pas empêcher l'anthesisque de croître, mais la densité du roseau commun observée après trois ans de traitement est faible en comparaison avec d'autres sites où la densité dépasse des centaines de tiges/m².

6.2. Le nerprun

Les nerpruns bourdaine et cathartique qui sont présents sur le site représentent une nuisance pour les plantations et la régénération naturelle.¹⁶ Les talles arbustives de cette EFEE constituant les secteurs les plus envahis sont représentées à la Figure 17 ci-dessous. À ces endroits se retrouvent des individus matures de plus de vingt ans et mesurant au-delà de 4 m de hauteur. Une densité importante de jeunes tiges est aussi constatée au travers du site. Le nerprun bourdaine est l'espèce de nerprun qui est prédominante au BTN, car elle tolère bien les conditions de sol acides, mais on y rencontre également quelques spécimens de nerprun cathartique en proportions limitées à l'entrée du site, où le sol est moins acide.

¹⁶ Gabillot, C., Meyer, J., Manka, F., Raymond-Léonard, L.-J., Handa, T. et Kneeshaw, D. (2019). *Le nerprun au Boisé des terres noires* [Rapport, document non publié]. Université du Québec à Montréal.

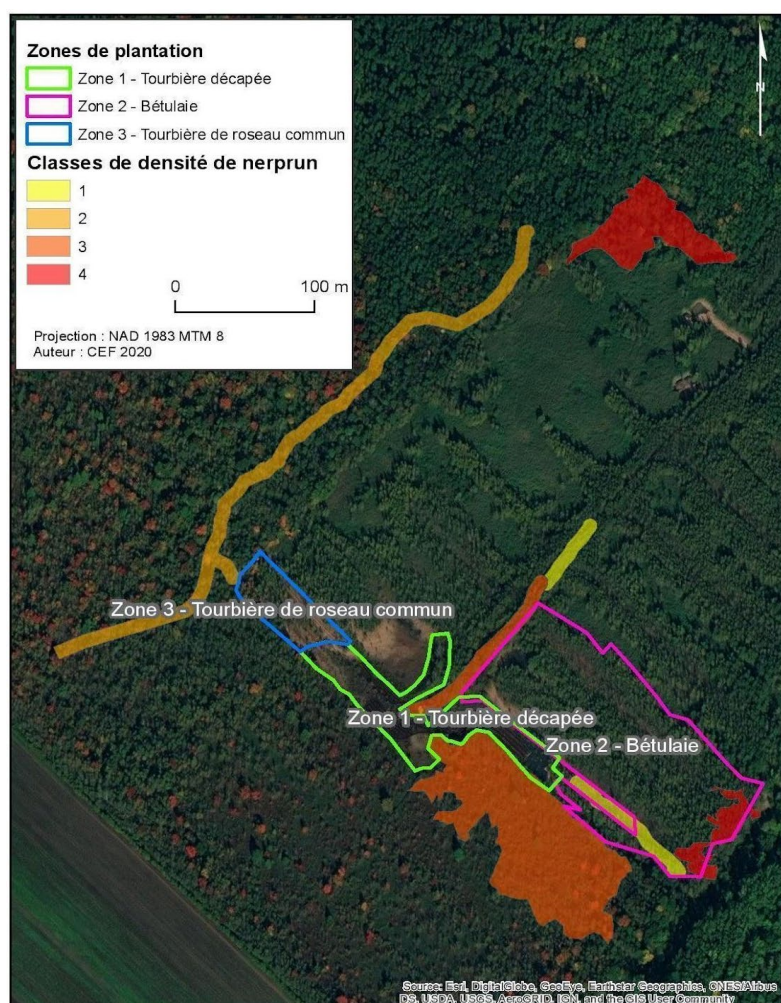


Figure 17. Distribution et classes de densité du nerprun bourdaine sur le site en 2018

Légende : Classe 1 : 1 tige/10m² ; Classe 2 : 2 tiges/10m² ; Classe 3 : 10 tiges/10m² ; Classe 4 : > 10 tiges/10m². 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.

La progression de plants juvéniles de nerprun au BTN nous renseigne sur le taux de recrutement important de l'espèce sur le site. La dispersion des graines par l'avifaune est certainement à l'origine de cette propagation clairsemée. 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. Cet accroissement est donc particulièrement préoccupant.

Le nerprun bourdaine se retrouve dans les trois zones de plantations financées par EXO, surtout dans la zone 2 (Figure 18). Il s'agit essentiellement de plants juvéniles mesurant moins d'un mètre et issus de graines. La croissance des arbres et arbustes plantés peut être menacée par la présence de cette EFEE, ce qui entraverait le cas échéant l'atteinte de l'objectif d'établissement rapide d'un nouveau couvert forestier. C'est pourquoi l'emploi de

méthodes de contrôle efficaces pourrait grandement avantager la croissance et survie des arbres dans les secteurs les plus envahis, à l'intérieur ou à proximité de nos plantations.



Figure 18. Présence de nerprun en bordure de chemin et dans la zone 2 (2021)

Légende : Droite : Tapis de nerprun au bord du sentier d'accès près de la zone 2 dans un quadrat de 1 m² ; Gauche : Nerprun dans la plantation de thuya dans la zone 2

6.2.1. Méthodes de lutte contre le nerprun

Prévenir la propagation du nerprun pourrait réduire de façon significative sa menace à l'égard des plantations. L'année 2018 marque le début des premiers traitements expérimentaux appliqués au travers du site pour lutter contre la propagation du nerprun. De manière plus constante, les suivis du nerprun sont exécutés depuis 2020-2021 pour la plupart des traitements (Tableau 8). En fonction des résultats qui ont été observés lors du suivi annuel, certains des traitements ont été abandonnés, alors que d'autres semblent pertinents à renouveler.

Jusqu'à maintenant, les traitements expérimentés au BTN sont faits sur le nerprun bourdaine et en considération du gabarit des individus présents dans l'espace d'un quadrat de 1 m², soit : les individus juvéniles (tiges <10 cm), les individus médians (11-150 cm) et les individus matures (tiges >151 cm et diamètre au collet de >5 cm). Un descriptif des diverses méthodes a été réalisé de manière exhaustive dans le rapport EXO 2021 et est résumé à l'*Annexe*. En 2023, les suivis ont eu lieu et un nouveau traitement a été mis à exécution, soit l'application d'une membrane de géotextile sur des quadrats de 4 m² recouvrant tant des individus coupés de nerprun cathartique matures que juvéniles (Tableau 9).

Tableau 9. Traitements réalisés sur les plants de nerpruns juvéniles et matures entre 2020 et 2023

Traitements	2020	2021	2022	2023
Tiges de nerprun juvéniles et médian				
Arrachage	T, S	T, S	T, S	S
Pliage	T	T	S, <u>FIN</u>	
Géotextile				T
Débroussaillage	T, S	T, S	T, S	S
Individus de nerprun matures				
Annelage du tronc		T	S	S
Annelage et Biophytocide		T	S	S
Coupe du tronc		T	S	S
Coupe du tronc et Biophytocide		T	S	S
Coupe du tronc mi-hauteur		T	S	S
Encapsulation	T			S
Pliage		T	S, <u>FIN</u>	
Découpe des racines	T	S	S	S

Légende : «T» : traitement appliqué ; «S» : suivi fait ; « FIN » : fin du traitement. Les suivis entre 2018 et 2019 ont été retirés du tableau, car il n'existait aucun comparatif pour les suivis succédant.

Malheureusement, un manque d'uniformité entre les suivis et la difficulté de retracer certains quadrats malgré leur géoréférencement font en sorte que plusieurs données ont été négligées au fil des années. Ainsi, seules les données des quadrats retracés lors du suivi de 2023 sont tenues en compte pour l'analyse de résultats présentés au Tableau 10.

Quelques traitements semblent se démarquer par leur efficacité pour faire mourir la souche des individus matures. Parmi celles-ci se trouvent l'annelage du tronc combiné à l'application de Biophytocide (100 %), l'encapsulation (100 %) et la découpe des racines (95 %) dont le taux de mortalité semble supérieur comparativement aux autres traitements. Également, les traitements combinés avec une pâte de Biophytocide semblent plus efficaces que lorsqu'ils sont appliqués seuls. En ce qui concerne les individus juvéniles, peu de résultats éloquentes sont observés pour l'instant omis que ces individus ont un grand nombre de rejets issus de graines. En termes de comparaison, l'arrachage semble présenter un nombre inférieur de rejets de racines (18 %) que le débroussaillage (53 %).

Tableau 10. Présentation des résultats de 2023 en fonction des quadrats retracés pour les traitements pour individus de nerprun bourdaine matures

Traitements	Nb de quadrats initiaux (2020-2021)	Nb de quadrats retracés (2023)	Taux de survie	Taux de mortalité	Présence rejets de souche ou de racines	Présence rejets issus de graines
Tiges de nerprun juvéniles et médians						
Arrachage	29	28	NA	NA	18 %	93 %
Débroussaillage	17	17	NA	NA	53 %	100 %
Individus de nerprun matures (diamètre au collet > 5 cm)						
Annelage du tronc	5	2	50 %	50 %	0 %	0 %
Annelage et Biophytocide	12	12	100 %	0 %	0 %	0 %
Coupe du tronc	15	13	69 %	31 %	31 %	0 %
Coupe du tronc et Biophytocide	5	4	25 %	75 %	75 %	0 %
Coupe du tronc mi-hauteur	12	11	45 %	55 %	55 %	9 %
Encapsulation	16	6	100 %	0 %	0 %	0 %
Découpe de racines	50	20	95 %	5 %	5 %	0 %
Encapsulation	16	6	100 %	0 %	0 %	0 %

Note : Les données présentées ci-dessus sont à prendre avec parcimonie, car il s'agit de la tendance des résultats observés en 2023 en fonction des quadrats et des données recensées. Certaines données pour les individus juvéniles ne sont simplement pas récoltées et ne permettent pas l'analyse du taux de survie et de mortalité.

Pour 2024, il est prévu que le suivi du nerprun sera maintenu au BTN. Le développement d'un protocole de suivi plus uniforme et rigoureux devrait limiter les différences causées par l'observateur ou l'observatrice entre les années de suivis. Si les ressources financières le permettent, un nouveau géoréférencement des colonies de nerprun pourrait être réalisé au travers du site puisque la dernière mise à jour date de 2018 et que les colonies ont évolué depuis (Figure 17). Avec un montant additionnel au financement, les traitements pourraient également être entretenus et de nouveaux quadrats pourraient être ajoutés pour répliquer les méthodes les plus efficaces, telle que la découpe de racines qui est rapide, peu coûteuse et efficace. Ceci permettrait de protéger l'intégralité des efforts de reboisement déployés sur le site pour éviter que les nerpruns semenciers ne servent de source de propagation de l'espèce. Un effort pourrait aussi être mis au sujet des tiges dans les zones adjacentes afin d'éviter qu'elles ne gagnent du terrain et ne colonisent les plantations.

7. SAISON 2024

Pour cette huitième année à venir en 2024, les suivis prévus sont essentiellement les mêmes que cette année, mais seront bonifiés pour offrir un portrait plus généreux et juste des

plantations d'ici la fin du projet. Lors des ajustements de suivis en 2023, une certaine diminution de l'échantillonnage a posé un questionnement sur la vue d'ensemble de la réussite du projet. Ainsi, le suivi de la mortalité sera repris à grande échelle dans les « zones naturelles » et les « zones de plantations ». Le succès du projet de restauration sera donc déterminé non seulement par la survie des arbres, mais aussi par leur croissance et leur état. De plus, pour favoriser la vigueur et croissance des individus présents dans les plantations, un entretien à l'aide d'un sécateur stérile sera réalisé lors des suivis pour les individus ayant des branches cassées ou endommagées. Cette étape additionnelle d'entretien devrait permettre de limiter les maladies et la mortalité observées au travers du site.

Pour continuer à contrôler la présence d'EFEE 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, telle que la zone 3, et où les talles laissées telles qu'elles prennent de l'expansion. Des quadrats permanents seront disposés au travers des zones de plantations pour l'expansion du phragmite en fonction des différents traitements et patrons de plantation. Ce suivi permettra également de révéler l'évolution du roseau commun à la suite du retrait graduel des membranes de géotextile. Concernant le nerprun, nous croyons qu'il faudrait continuer les traitements et leur suivi afin de contrôler la propagation des nerpruns bourdaine et cathartique. Si les ressources et le financement nous le permettent, il faudrait également procéder au traitement des talles qui présentent un risque de compétition élevé avec les arbres sur et autour des zones de plantation. Notamment en répétant les traitements qui présentent le meilleur succès, comme la découpe des racines pour les individus matures. Puis, pour ce qui est de la présence croissante de l'anthesis des bois qui est principalement hors des zones EXO, la FiCEL poursuivra ses efforts pour trouver un moyen de lutte efficace et minimiser sa propagation. La plantation expérimentale de vinaigriers sera suivie de nouveau en 2024.

Pour ce qui est du broutage au travers du site, un entretien complet des protecteurs aura lieu en amont des suivis 2024. Ceci permettra de retirer les protecteurs brisés qui menacent l'intégrité des arbres de retirer ceux des arbres ayant atteint une hauteur de plus de 1,60 m, et de récupérer les protecteurs en bon état pour protéger des individus vulnérables qui n'ont toujours pas de protection. Également, comme mentionné à la section 5.4.2, une nouvelle étude d'un traitement à base d'urine de prédateur et son composé chimique sera poursuivie en 2024 pour limiter la présence des herbivores.

Pour réaliser ceci, une allocation budgétaire additionnelle serait favorable afin de mener à terme le projet avec succès. En disposant d'un financement supérieur à l'entente initiale, cela nous permettrait de restaurer la tourbière avec le plus d'éléments clés possible, soit ajouter des arbres et arbustes dans les secteurs les plus problématiques en répliquant les essences ayant le meilleur succès depuis le début du projet, ainsi qu'en retirant le matériel expérimental au travers du site qui n'avait pas été budgété et qui s'annonce laborieux. Les données obtenues à la suite du retrait du géotextile pourraient également nous permettre de nous adapter en plantant des individus dans les zones vacantes pour prévenir l'envahissement du phragmite, favoriser la biodiversité et optimiser la fermeture de la canopée. Finalement, cet ajout pourra permettre une gestion plus efficace du projet durant toute l'année pour bien le mener à terme.

8. CONCLUSION

Somme toute, le projet de restauration au BTN est un succès (voir la synthèse des chiffres à la section 5.6). La densité des arbres est au-delà de ce que le site peut supporter et le taux de survie est supérieur à ceux des plantations commerciales. Les efforts pour augmenter la couverture de la canopée sont maintenus dans toutes les zones, bien que certaines présentent plus d'enjeux que d'autres. Grâce au financement obtenu par EXO, un ajout de 200 arbres a eu lieu avant le début de la saison 2023.

L'expansion des EFEE, au sein de la tourbière demeure un enjeu pour le succès de restauration à long terme. C'est pourquoi le suivi et l'entretien des traitements mis en place contre les EFEE demeurent une priorité pour les années à suivre. Nous estimons qu'une canopée arborescente fermée permettra éventuellement de contrôler le roseau commun et le nerprun, mais d'ici là, nous croyons que le suivi de leur expansion ainsi que des interventions directes de contrôle sont nécessaires et mérite une réflexion sérieuse. Par ailleurs, l'herbivorie est aussi un enjeu majeur qui devrait être considéré en amont dans tous les projets de compensation de ce genre. Il ne faut pas non plus négliger l'importance de considérer les conditions édaphiques difficiles en tourbière, car les sols organiques passent rapidement de trop secs à saturés en eau et rendent la croissance et survie plus difficile.

Malgré le succès du projet au BTN, il faut noter les grands investissements nécessaires pour faire de la restauration et le fait qu'il ne faut pas réduire ou abandonner les efforts, car les espèces envahissantes sont toujours prêtes à prendre la relève. C'est pourquoi le maintien et la conservation des milieux naturels comme les tourbières devraient être une priorité pour la lutte contre la perte de biodiversité et le réchauffement climatique.

ANNEXE**Tableau. Traitements appliqués sur les plants de nerpruns juvéniles et objectifs à surveiller (2021)**

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 peut entraîner une compétition au nerprun
	Vérifier si le paillis de nerprun cathartique 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

Tableau. Traitements appliqués sur les nerpruns matures et objectifs à surveiller (2021)

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