



Ressources naturelles
Canada

Natural Resources
Canada

Service canadien des forêts

CENTRE CANADIEN SUR LA FIBRE DE BOIS

Méthode de réhabilitation des piles de phosphogypse au Canada par le biais du boisement

Tim Keddy¹, Connie Nichol² et Derek Sidders¹

¹Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts,
Centre canadien sur la fibre de bois, Edmonton, Alberta

²Nutrien, Fort Saskatchewan, Alberta

Rapport d'information
FI-X-026
2023

Canada

Le Centre canadien sur la fibre de bois (CCFB) explore et déploie des solutions ciblées, efficaces et écologiques pour relever les défis auxquels est confronté le secteur forestier canadien. Les connaissances, les outils et les approches élaborés par le CCFB visent à faire croître des forêts résilientes, à atténuer les effets des changements climatiques et à réduire les risques liés à l'approvisionnement en fibre de bois au Canada.

De l'information additionnelle sur le Centre canadien sur la fibre de bois est disponibles sur le web, à l'adresse ccfb.rncan.gc.ca. Pour télécharger ou commander des exemplaires supplémentaires de cette publication, visitez Les Publications du Service canadien des forêts à scf.rncan.gc.ca/publications.



Méthode de réhabilitation des piles de phosphogypse au Canada par le biais du boisement

Tim Keddy¹, Connie Nichol² et Derek Sidders¹

¹Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts,
Centre canadien sur la fibre de bois, Edmonton, Alberta

²Nutrien, Fort Saskatchewan, Alberta

Rapport d'information
FI-X-026
2023

© Sa Majesté le Roi du chef du Canada, représenté par le ministre de Ressources naturelles Canada, 2023

N° de cat. : Fo4-215/2023F-PDF

ISBN : 978-0-660-48321-4

Ressources naturelles Canada

Service canadien des forêts

580, rue Booth

Ottawa (Ontario) K1A 0E4

Une version électronique de ce rapport est disponible à partir du site des Publications du Service canadien des forêts : <https://scf.rncan.gc.ca/publications>.

This publication is available in English under the title: *Methodology for the Reclamation of Phosphogypsum Stacks in Canada Using Afforestation*

ATS : 613-996-4397 (Appareil de télécommunication pour sourds)

Le contenu de cette publication peut être reproduit en tout ou en partie, et par quelque moyen que ce soit, sous réserve que la reproduction soit effectuée uniquement à des fins personnelles ou publiques, mais non commerciales, sans frais ni autre permission, à moins d'avis contraire.

On demande seulement :

- de faire preuve de diligence raisonnable en assurant l'exactitude du matériel reproduit;
- d'indiquer le titre complet du matériel reproduit et l'organisation qui en est l'auteur;
- d'indiquer que la reproduction est une copie d'un document officiel publié par Ressources naturelles Canada, et que la reproduction n'a pas été faite en association avec Ressources naturelles Canada ni avec l'appui de celui-ci.

La reproduction et la distribution à des fins commerciales sont interdites, sauf avec la permission écrite de Ressources naturelles Canada. Pour de plus amples renseignements, veuillez communiquer avec Ressources naturelles Canada à copyright-droitdauteur@nrcan-rncan.gc.ca.



Table des matières

Introduction	1
Ingénierie du site	3
Contournage	3
Mise en place de la couverture du sol	3
Semer une culture de couverture	3
Évaluation de l'adéquation des TCR	5
Préparation du site	7
Mélange en profondeur	7
Nivellement du site pour faciliter les traitements futurs	8
Lancement du programme de gestion de la végétation du site	8
Conception et aménagement du site	11
Taille de la plantation	11
Accessibilité de la plantation	11
Variété de clones et d'espèces	11
Plantations en bloc	11
Zones tampons opérationnelles	12
Opération de plantation	13
Densité et conception de la plantation	13
Marquage mécanique du site	14
Sélection des espèces et des clones	14
Sélection et préparation du matériel de plantation	15
Gestion de la végétation après la plantation	17
Entretien après la fermeture du houppier	19
Plantations de boisement mixte	21

Récolte des plantations de boisement	23
Discussion	25
Remerciements	27
Définitions	29
Références	31



Introduction

Ce guide d'exploitation a pour but d'aider les personnes qui cherchent à créer et à aménager des plantations de boisement à croissance rapide et à rendement élevé pour favoriser la végétation de piles de phosphogypse (PG). Cette approche propose une solution de valorisation innovante qui permet d'utiliser le PG de manière bénéfique plutôt que de le traiter comme un déchet. Les spécialistes de la recherche opérationnelle du Centre canadien sur la fibre de bois (CCFB) ont envisagé la possibilité d'utiliser les déchets industriels in situ comme un intrant essentiel à un environnement favorable à la croissance des arbres. Dans le cadre d'une initiative probablement inédite, le CCFB, en partenariat avec Nutrien Inc., a créé et fait pousser une forêt sur une pile de PG. Les protocoles élaborés pour l'implantation et la gestion des taillis en courte rotation sur ces sites industriels constituent pour l'industrie une méthode rentable pour faire pousser des cultures de grande valeur, lutter contre les changements climatiques et produire la matière première destinée à la production d'énergie verte. La création de forêts mixtes sur les piles de PG présente de nombreux avantages à long terme. Ces avantages comprennent l'augmentation de la séquestration du carbone, l'amélioration de la qualité des eaux souterraines à long terme, l'amélioration de l'habitat de la faune et de la biodiversité des écosystèmes et le renforcement de la durabilité à long terme tout en réduisant les coûts d'entretien à long terme.

Le phosphogypse est un sous-produit de gypse provenant de la fabrication d'engrais phosphatés. Il est composé principalement de sulfate de calcium hydraté ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) obtenu par réaction de la roche phosphatée avec l'acide sulfurique pour produire de l'acide phosphorique, le principal composant de l'engrais phosphaté. Environ 5 tonnes de PG sont produites pour chaque tonne d'engrais fabriquée. Le gypse est

généralement stocké dans de grandes piles appelées « piles de gypse ». Le PG contient des traces de radium qui se trouvait initialement dans la roche phosphatée et qui est considéré comme une matière radioactive naturelle (MRN).

Nutrien est le plus grand fournisseur mondial d'intrants et de services pour cultures (<https://www.nutrien.com/>). Depuis 2005, Nutrien s'efforce de contribuer à la préservation de la nature en élaborant des stratégies innovantes de revalorisation et de réutilisation des piles de PG en Alberta. Plus de 61 millions de tonnes de gypse recouvrant environ 325 ha sont empilées près des installations de Nutrien au nord-est d'Edmonton, en Alberta. On estime que plus de 200 millions de tonnes de PG sont produites chaque année dans 33 pays du monde.

Au Canada, des plantations agroforestières et de boisement ont été créées avec succès à partir d'une variété d'espèces indigènes et exotiques dont la croissance est similaire ou supérieure à celle des espèces des forêts indigènes. Les traitements décrits dans le présent guide peuvent permettre d'obtenir un rendement élevé (8 fois le rendement des forêts indigènes) sur de courtes rotations (12 à 20 ans) permettant de produire rapidement des fibres pour l'industrie des produits du bois et à des fins énergétiques. Grâce à des traitements de gestion intensifs, après une sélection et une préparation appropriées des sites, les plantations d'espèces indigènes peuvent permettre d'atteindre des rendements jusqu'à trois fois plus élevés que les rendements des forêts indigènes types. Par ailleurs, en incorporant des espèces à croissance rapide telles que les peupliers hybrides, les rendements peuvent atteindre jusqu'à huit fois les rendements de forêts indigènes. L'information fournie dans ce guide est le

fruit de décennies de recherche opérationnelle sur la création, la gestion, l'échantillonnage et la récolte de plantations de boisement à rendement élevé dans l'ensemble du Canada. En outre, le guide présente une synthèse des connaissances et des renseignements opérationnels provenant de nombreux promoteurs du boisement et d'intervenants ayant de l'expérience dans tous les aspects de la production de taillis en courte rotation (TCR).

La création d'une forêt de boisement sur les piles de PG peut réduire les coûts d'entretien à long terme tout en améliorant la biodiversité des écosystèmes et l'habitat de la faune. Les recherches révèlent également que la couverture forestière peut réduire ou empêcher l'infiltration de la pluie et de la fonte des neiges, améliorant ainsi la qualité des eaux souterraines à long terme grâce à la phytoremédiation des nutriments et de l'eau en excès dans la zone d'enracinement. Nutrien a engagé des travaux de recherche sur les méthodes alternatives de valorisation. En 2014, le Centre canadien sur la fibre de bois du Service canadien des forêts s'est joint à la collaboration pour

apporter son expertise dans l'application de systèmes de taillis en courte rotation sur les sites industriels afin d'améliorer les procédures de valorisation des piles de PG tout en séquestrant le carbone et en produisant de la biomasse boisée. Dans le cadre du projet de reverdissement des sites de PG, le CCFB a apporté ses connaissances en sylviculture et son savoir-faire opérationnel pour renforcer les recherches menées précédemment par Nutrien en partenariat avec l'Université de l'Alberta. Le résultat combiné offre une solution innovante, élaborée et validée permettant de faire face aux nombreux défis auxquels l'industrie du PG est confrontée. Les protocoles opérationnels de boisement à rendement élevé élaborés et mis à l'essai au Canada par Ressources naturelles Canada constituent une « feuille de route » qui a servi de base aux renseignements résumés dans ce document pour orienter les travaux sur les sites industriels au Canada et dans le monde entier afin d'augmenter la séquestration du carbone, de produire de la biomasse boisée et de restaurer les écosystèmes.



Ingénierie du site

Une ingénierie du site appropriée est essentielle pour le succès de toute plantation créée à des fins de phytoremédiation. La création et la gestion de plantations de boisement nécessitent une grande quantité de ressources physiques et économiques. L'affectation de ces ressources au site approprié est essentielle au succès de toute plantation de boisement. Bien entendu, toutes les piles de PG ne peuvent être aménagées pour faciliter la création de plantations de boisement. Généralement, la valorisation d'une pile de PG consiste à lui donner un contour, à la recouvrir d'une couche de terre (avec ou sans revêtement synthétique) et à planter des graminées.

Contournage

Le contournage des piles de PG permet d'empêcher l'accumulation d'eau. Pour ce qui est des piles de PG destinées aux plantations de boisement, le contournage fournit également les caractéristiques physiques du site nécessaires pour garantir l'efficacité opérationnelle et la productivité des équipements requis pour créer et gérer des plantations. Les opérations de contournage menées pour créer des plantations de boisement doivent permettre d'obtenir un site relativement plat et facilement accessible pour les traitements futurs.

Mise en place de la couverture du sol

Une couche de sol de 15 à 20 cm de profondeur doit être étalée sur toute la surface et mélangée en profondeur au PG lors des traitements de préparation du site afin de fournir un substrat stable et d'améliorer les propriétés chimiques et physiques du PG. Pour réduire les impacts

négatifs sur les opérations et la croissance des plantations, les couvertures des sols doivent :

1. comporter un minimum de pierres ou d'autres obstacles;
2. avoir une texture de sol de type loam, loam sableux, sable loameux, argile limoneuse, loam argileux ou loam argileux limoneux
3. être non salins (CE <2,5) et
4. avoir un pH compris entre 5,5 et 8,0.

Lorsque des produits du sol sont ajoutés à un paysage à cette échelle, on court le risque d'introduire des espèces de mauvaises herbes nuisibles sur le site en fournissant des ressources qui favorisent la germination des semences latentes. Une solution consiste à mettre en place un plan de gestion de la végétation après l'installation d'une couverture de sol organique. Selon la préférence du propriétaire, le reverdissement du site peut être géré par des moyens mécaniques ou chimiques avant de semer une culture de couverture.

Semer une culture de couverture

Les cultures de couverture permettent de prévenir l'érosion éolienne et hydrique, de réduire ou d'empêcher l'infiltration d'eau, d'améliorer l'esthétique et de minimiser toute exposition aux émissions de radon ou de gamma. Les espèces de cultures de couverture doivent être choisies de manière à minimiser la concurrence future sur les semis de boisement, étant entendu que les futurs traitements de préparation de terrain

entraîneront une perturbation de la zone ensemencée. L'ivraie, le trèfle et les fétuques fines sont quelques espèces les plus couramment recommandées. Les promoteurs agricoles locaux, les fournisseurs de

services et les chercheurs du gouvernement sont autant de ressources qui peuvent fournir des solutions et des renseignements précieux pour déterminer l'option de culture de couverture appropriée.

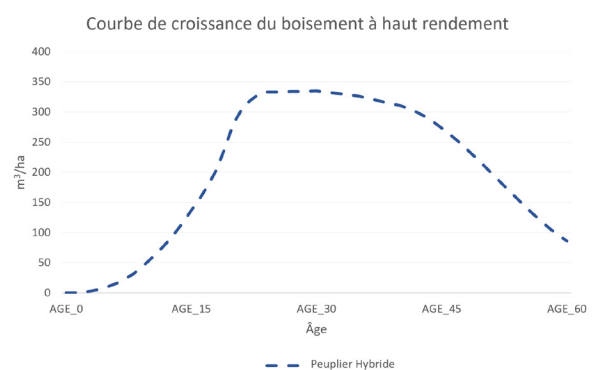
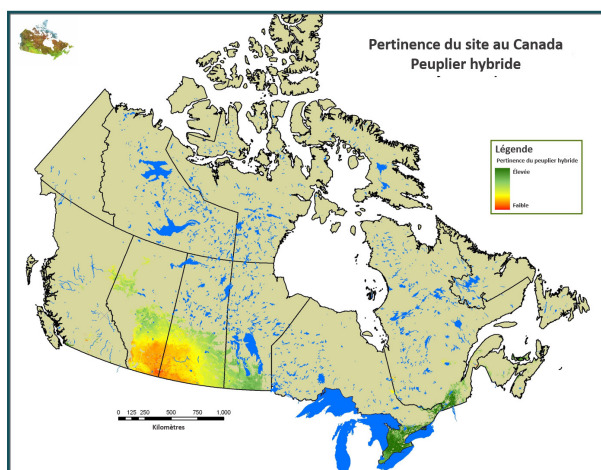




Évaluation de l'adéquation des TCR

La végétalisation des piles de PG nécessite d'énormes ressources. En fonction de votre situation géographique, les TCR peuvent constituer une option appropriée ou non. Le Service canadien des forêts a mis au point un système de modélisation de l'indice d'aptitude climatique des TCR (Joss et al., 2008) afin d'appuyer les décisions concernant les lieux d'implantation des cultures, ce qui permet de gérer des ressources financières limitées. Ce modèle permet d'évaluer l'aptitude naturelle des terres à soutenir l'implantation et la croissance d'espèces d'arbres à croissance rapide, comme le peuplier hybride, en vue de la séquestration du carbone. Dans ce cas, l'aptitude naturelle fait référence aux conditions environnementales (par exemple, les conditions topographiques, édaphiques et climatiques) propices à la croissance des espèces d'arbres à croissance rapide. Combiné aux trajectoires de croissance des espèces à croissance rapide, ce modèle est l'une des options permettant de prédire la croissance et les rendements des TCR sur les terres agricoles au Canada (<https://open.canada.ca/data/fr/dataset/07668020-91d7-481a-bfbd-8ea07aace7b4>).

La validation des résultats modélisés à l'aide d'un échantillonnage réel du site de boisement à rendement élevé a confirmé que les terres de meilleure qualité produisent plus de biomasse boisée à moindre coût lorsque des protocoles d'implantation et de gestion cohérents et éprouvés sont utilisés. Le terme « terres marginales » est souvent utilisé pour évaluer le potentiel des TCR au Canada. Lorsqu'on utilise des sols d'un site jugé marginal, il faut tenir compte de deux facteurs importants : 1) toutes les terres peu productives ne sont pas considérées comme équivalentes et pour chaque endroit, il pourrait y avoir une raison différente de la désigner comme « marginale » et 2) selon les paramètres utilisés pour désigner les terres comme « marginales », les attentes en matière de croissance doivent être ajustées en conséquence. Les paramètres connus peuvent être utilisés pour mettre au point des options d'atténuation à chiffrer dans les estimations de préparation du site.





Préparation du site

Une bonne préparation du site est essentielle pour faire pousser adéquatement tout type de culture dans un environnement agricole et est tout aussi importante. La préparation du terrain appropriée crée des environnements dans lesquels « les arbres aiment pousser », facilitant ainsi la réussite et la rentabilité des programmes de gestion de la végétation. Les TCR nécessitent (et aiment pousser sur) des sols adéquatement mélangés qui leur permettront de se développer tout au long de leur rotation de 12 à 25 ans de manière à atteindre leur plein potentiel de croissance, offrant ainsi des avantages économiques aux intervenants et aux propriétaires fonciers. Des études ont confirmé que les plantations de TCR nécessitent un environnement d'enracinement approprié sur l'ensemble du site de la plantation pour permettre aux semis d'étendre leurs racines plus profondément dans le sol afin d'être mieux préparés à faire face aux effets des phénomènes météorologiques périodiques tels que la sécheresse et les inondations.

Mélange en profondeur

Les piles de PG qui ont été contournées et recouvertes d'une couverture de sol ont généralement une couche de PG compactée considérée comme une « croûte » qui inhibe la capacité d'enracinement des semis. Le mélange en profondeur permet d'infiltrer et de détruire la couche supérieure de cette croûte, ce qui permet d'obtenir une couche de 25 à 30 cm de sol mixte PG/organique. Les arbres peuvent enfoncer leurs racines plus profondément dans le sol mixte à mesure de leur croissance afin d'être mieux préparés aux effets des phénomènes météorologiques périodiques.

Pour fracturer cette croûte et créer un mélange en profondeur du sol, il est recommandé d'utiliser un jeu de grands disques pulvérisateurs lourds. Ils doivent

avoir une largeur maximale de 4,3 m (14 pi), de grands disques de 90 cm (36 po) et avoir de grandes capacités de déportance. Les traitements de préparation de terrain doivent être entrepris aussi tôt que les conditions du sol le permettent, au printemps, avant la plantation. Il est recommandé de traiter le site à l'aide d'un système à deux passages, le deuxième passage étant effectué perpendiculairement au traitement initial, immédiatement après le passage initial. L'objectif des deux traitements par disques lourds est de créer un anthrosol de couche de sol/PG grossièrement mélangé, d'une profondeur de 25 à 30 cm, qui permettra d'améliorer la capacité d'enracinement des arbres plantés. En fonction du succès des deux traitements par disques lourds, un passage supplémentaire peut être nécessaire et effectué perpendiculairement au traitement précédent.

Il existe de nombreux exemples d'arbres plantés dans un environnement de boisement qui n'ont pas atteint leur plein potentiel. Dans de nombreux cas, la réduction de la croissance à long terme est le résultat de traitements de préparation de terrain inadéquats. Les tentatives de réduction des coûts des plantations de TCR par le biais d'une préparation sélective du site le long des rangées de plantation (soit par un mélange en profondeur intermittent à l'aide d'une dent défonceuse étroite, soit en limitant la profondeur de mélange par l'utilisation d'accessoires de disquage inappropriés) ont démontré qu'elles entraînent une réduction de la croissance à long terme et une augmentation des coûts de gestion de la végétation. Si une couche de sol mixte de 25 à 30 cm n'est pas créée sur l'ensemble du site, on s'expose à une mortalité accrue et à des rendements réduits, ce qui augmente les coûts de production de la biomasse boisée.



Nivellement du site pour faciliter les traitements futurs

Les traitements de mélange en profondeur entraînent des inégalités de terrain, limitant ainsi l'opérabilité des équipements et la conformité des traitements ultérieurs. Pour remédier à de telles irrégularités et créer un mélange de sol plus fin dans les 10 à 15 premiers centimètres, un traitement par passage des disques est nécessaire. Le passage des disques sur le terrain peut suivre immédiatement après les traitements par disquage en profondeur, en utilisant un large jeu de disques agricoles (7,3 m ou 24 pi). L'objectif du disquage est de créer un terrain plat et uniforme et qui ne limite pas le déplacement des équipements et la conformité des traitements futurs. Pour s'assurer que les résultats escomptés sont atteints, un deuxième passage des disques agricoles peut être nécessaire.



Lancement du programme de gestion de la végétation du site

Il est essentiel de contrôler la végétation concurrente avant de planter tout semis. Les traitements par disquage peuvent augmenter le risque d'exposition des semences latentes aux ressources nécessaires à la germination. On observe généralement une poussée de la végétation concurrente après les traitements par disquage. Les délais relatifs aux traitements par disquage sont souvent suffisants pour contrôler la végétation avant la plantation. Toutefois, dans certains cas, ces délais entraînent une croissance dynamique de la végétation qui nécessite une intervention avant le début de la plantation. Selon les préférences du propriétaire, le reverdissement du site peut être géré de manière mécanique ou chimique.

Moyens mécaniques

La gestion de la végétation concurrente par des moyens mécaniques exige une surveillance étroite et la prise de mesures opportunes. Il est essentiel de contrôler la végétation à un stade précoce, avant que les germes ne créent une base d'enracinement durable. Il faut savoir que la végétation concurrente pourrait passer du stade de 3 à 5 feuilles à celui de 30 cm dans un délai relativement court.

Le contrôle de la végétation avant la plantation peut être réalisé par le biais du passage des disques sur le terrain, conformément au traitement précédent. Il peut également être effectué par grattage (de 5 à 10 cm de profondeur) ou par hersage. Dans les deux cas, il est possible d'utiliser un équipement similaire à celui utilisé pour les traitements précédents ou un tracteur de plus petite taille équipé de l'accessoire souhaité. Selon le temps écoulé entre le traitement par passage de disques et les opérations de plantation, plus d'un traitement peut s'avérer nécessaire.

Moyens chimiques

Le traitement de la végétation concurrente à l'aide de moyens chimiques nécessite moins de surveillance. La végétation peut pousser librement pendant jusqu'à 7 à 10 jours avant le début des opérations de plantation. À ce moment-là, il faudra appliquer à la volée un herbicide contenant le produit chimique ou le mélange de produits chimiques nécessaire sur l'ensemble du site. Les promoteurs agricoles locaux, les fournisseurs de services et les chercheurs du gouvernement sont autant de ressources qui peuvent fournir des solutions et des renseignements précieux pour déterminer l'option appropriée de gestion de la végétation à base de

produits chimiques. En fonction du succès du traitement initial, une deuxième application peut être nécessaire.

En plus du passage des disques sur le terrain et des traitements de gestion de la végétation avant la plantation, il peut s'avérer nécessaire de procéder à un épierage ou d'éliminer tout autre obstacle susceptible d'entraver les traitements futurs sur certains sites. Ces obstacles peuvent être présents sur le site ou survenir pendant les traitements de préparation de terrain. Une fois le site débarrassé de la végétation et des autres obstacles, il est prêt pour le démarrage des opérations de plantation.





Conception et aménagement du site

La conception et l'aménagement du site de boisement ont un impact durable sur les opérations et le succès à long terme des plantations. La conception d'un site adéquat qui garantit l'accessibilité, améliore la productivité des opérations et réduit les risques, servira de base pour créer le cadre d'opérations et de création de plantations fructueuses. Il est essentiel de prendre en compte toutes les facettes futures de la gestion et de la récolte des plantations lors de la conception et de l'aménagement du site afin d'éviter tout problème et retard pendant toute la durée de vie de la plantation. Les principaux paramètres à prendre en compte sont notamment : la taille et l'accessibilité de la plantation, les nombreux clones et/ou espèces, la plantation en bloc et les zones tampons opérationnelles.

Taille de la plantation

L'abrutissement pourrait avoir un impact considérable sur la survie et le succès à long terme de toute plantation de boisement. Les cerfs, les originaux, les wapitis, les lièvres, les souris et les campagnols peuvent provoquer des décès ou influencer sur la croissance à long terme des plantations de boisement. Afin d'atténuer le risque de mortalité généralisée et de réduire les impacts sur la croissance et le rendement à long terme, il est recommandé que les plantations aient une superficie minimale de 10 hectares, dans la mesure du possible, afin que la plantation dispose du meilleur potentiel pour résister aux contraintes liées au broutage causées par diverses espèces sauvages. Dans certains cas, les caractéristiques physiques de la pile de PG peuvent entraîner des contraintes liées à la taille. Ainsi, des options autres que les limites de taille minimale sont nécessaires pour minimiser les impacts des contraintes liées au broutage.

Accessibilité de la plantation

La création et la gestion des plantations de boisement nécessitent de nombreux traitements prévus tout au long de la saison de croissance. Les traitements initiaux de préparation de terrain sont effectués à l'automne (septembre-octobre) et/ou au printemps (avril-mai). Les opérations de plantation se terminent en mai-juin et les activités de gestion de la végétation sont réalisées de juin à septembre. L'accès au site en toute saison réduira les coûts globaux de création et de gestion ainsi que les coûts de la biomasse à long terme.

Variété de clones et d'espèces

Les risques liés aux insectes, aux ravageurs et aux maladies varient selon les espèces et les clones. La création d'un site qui tient compte des différentes espèces et clones permettra de réduire ces risques et d'offrir la meilleure protection possible contre une invasion catastrophique.

Plantations en bloc

Les caractéristiques de croissance, notamment le diamètre du houppier et le rapport hauteur/diamètre du houppier, varient selon les espèces et les clones. À titre d'exemple, pendant les premières années de croissance (de 1 à 5 ans) des clones de peupliers hybrides tels que Walker, Assiniboine et NM-6, une grande partie de leur croissance est contenue dans leurs tiges principales de manière à ce que les houppiers étroits se chevauchent rarement. Cependant, en ce qui concerne les clones de peupliers hybrides tels que Northwest, Hill et DN-34, la plus grande partie de leur croissance est contenue dans des houppiers beaucoup

plus larges qui se chevauchent. La fermeture du houppier permet de réduire la pression exercée par la végétation concurrente et offre un potentiel de croissance accrue. Ainsi, les caractéristiques de croissance de chaque clone influent sur le temps nécessaire à la gestion de la végétation concurrente. L'implantation et la gestion de chaque clone dans une conception en bloc se traduiront en fin de compte par une réduction des coûts de gestion et de plantation à long terme, tout en offrant la possibilité de gérer chaque bloc indépendamment, si nécessaire.

Zones tampons opérationnelles

Les plantations de boisement nécessitent des zones tampons appropriées pour faciliter l'accès aux équipements et le déplacement de ceux-ci, y compris des virages, autour du périmètre des blocs plantés. Il est question de prévoir une zone tampon suffisamment grande afin d'éviter tout dommage sur les tiges plantées causé par les équipements pendant la durée de vie de la plantation. Chaque propriétaire foncier et intervenant dans le boisement peut déterminer les exigences en

matière de périmètre de zone tampon en fonction de la disponibilité des équipements. En règle générale, une zone tampon de 10 à 15 m autour de l'ensemble du périmètre de la plantation et de 5 à 10 m entre les blocs clonaux est suffisante pour permettre le positionnement et la rotation des équipements pendant les opérations.





Opération de plantation

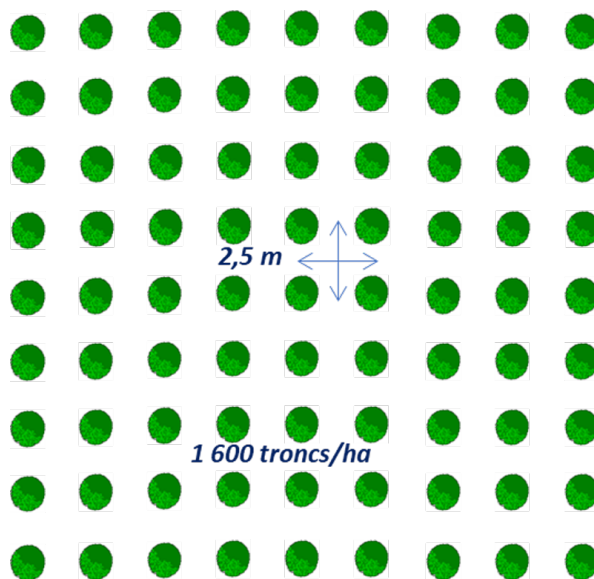
Bien que les coûts du matériel de plantation ainsi que les coûts de main-d'œuvre et d'équipements connexes soient importants, les propriétaires fonciers et les intervenants ne doivent pas considérer l'opération de plantation comme la partie la plus importante du processus de création d'une plantation. L'opération de plantation a son importance, de même que la préparation du terrain et la gestion de la végétation après la plantation, pour garantir le succès global de la création qui favorise un rendement du capital investi positif.

Les opérations de plantation de boisement nécessitent un plan soigneusement coordonné et conçu avec soin qui favorise la corrélation de composantes telles que la densité et la conception de la plantation, le marquage mécanique du site, la sélection des espèces/clones et du type de matériel de plantation, la préparation ou le conditionnement du matériel de plantation et la méthodologie de plantation.

Densité et conception de la plantation

La sélection d'une densité de plantation pour les plantations de boisement incombe en fin de compte aux propriétaires fonciers et aux intervenants du projet et est souvent fonction de la préférence et la disponibilité des équipements pour la gestion de la végétation après la plantation. L'objectif de la densité de plantation est d'assurer une répartition uniforme des tiges sur toute la zone afin que chaque arbre puisse tirer profit des ressources du site de façon égale pour favoriser une fermeture rapide du houppier. Une fois le houppier fermé, la réduction de la lumière solaire au niveau de la végétation de sous-bois diminue les besoins de gestion de la végétation. Il est recommandé de combiner les

caractéristiques de croissance clonale et la densité de plantation afin d'obtenir la fermeture du houppier avant la 5e année sans limiter la croissance après la fermeture du houppier en raison du surpeuplement. Au Canada, une densité de 1 600 tiges par hectare (espacement de 2,5 m X 2,5 m) a permis de respecter ces paramètres dans la plupart des endroits. À divers endroits, on a réussi à obtenir la fermeture du houppier dès la 5e année ou plus tôt avec moins de tiges par hectare. Par exemple, chez certains clones du sud de l'Ontario, on a observé la fermeture du houppier avec 1 111 tiges par hectare (espacement de 3,0 m X 3,0 m).



Une densité de 1 600 tiges par hectare constitue un filet de sécurité pour obtenir la fermeture du houppier, indépendamment des caractéristiques clonales décrites dans la section « Plantations en bloc » précédente. S'il s'avère impossible de faire correspondre les caractéristiques de croissance clonale à la densité de plantation, cela pourrait entraîner des exigences accrues en matière de gestion de la végétation, augmenter les coûts et réduire la croissance. Cela réduirait la faisabilité économique de la plantation de boisement.

Marquage mécanique du site

Avant d'effectuer l'opération de plantation, un marquage mécanique du site permet de s'assurer que les plantations en grille sont créées de manière uniforme sur le site. Le marquage mécanique des sites permet de délimiter les sites de plantation de manière à ce que tous les arbres soient plantés de façon parallèle avec un espacement régulier. Cela permet d'effectuer des traitements ultérieurs de gestion de la végétation de manière à ne pas endommager les tiges plantées. Le marquage du site réduit également l'incertitude des planteurs quant au choix du bon emplacement et augmente la productivité des planteurs. Cela permet de s'assurer que les opérations de plantation sont effectuées en temps voulu. Si le marquage mécanique du site n'est pas effectué avant la plantation, l'espacement des arbres peut être irrégulier. Un espacement irrégulier des arbres entrave les traitements de gestion de la végétation, augmente les coûts et réduit la croissance et le rendement des plantations.

Le marquage mécanique du site est réalisé à l'aide d'un tracteur de 80 à 120 chevaux-puissance équipé d'un marqueur spécialement conçu ou d'un cultivateur ou d'une herse adaptée de manière à ce que seules les dents nécessaires pénètrent dans le sol à l'espacement souhaité. Le marquage de l'ensemble du site est effectué selon un processus en deux étapes pour créer un quadrillage. Le premier passage crée des marques parallèles dans le sol à l'espacement souhaité. Le deuxième passage s'effectue dans un sens perpendiculaire au passage initial, créant à nouveau des marques parallèles dans le sol à l'espacement souhaité. Ce système en deux étapes crée un quadrillage sur l'ensemble du site, les points de plantation souhaités se trouvant à l'intersection des marques.



Sélection des espèces et des clones

Au Canada, des plantations agroforestières et de boisement ont été créées avec succès à l'aide d'une variété d'espèces indigènes et exotiques dont la croissance est équivalente à celle des forêts indigènes adjacentes. La création de plantations de boisement à rendement élevé permet de produire rapidement des fibres pour l'industrie des produits du bois et à des fins énergétiques afin d'obtenir des rendements élevés (8 fois le rendement des forêts indigènes) sur des rotations courtes (12 à 20 ans). L'utilisation de clones de peuplier hybride ou de tremble hybride adaptés au site constitue la meilleure option pour atteindre les objectifs de croissance et de rendement.

Les recherches opérationnelles menées par les promoteurs de TCR confirment systématiquement l'intérêt d'associer les clones appropriés aux caractéristiques du climat et du site de la plantation. Dans les provinces et territoires du Canada, il existe des exemples de plantations de boisement à rendement élevé réussies qui fournissent des renseignements importants sur la pertinence des clones pour les futurs projets de boisement à rendement élevé. Les propriétaires fonciers locaux de boisement, les promoteurs, les fournisseurs de services et les chercheurs du gouvernement sont des ressources supplémentaires qui peuvent fournir des options et des renseignements précieux permettant de déterminer les clones et les espèces appropriés. Si les activités nécessaires liées à la sélection de clones appropriés pour le site du Canada ne sont pas réalisées, cela peut avoir une incidence négative sur la longévité et la croissance des plantations de boisement.

Sélection et préparation du matériel de plantation

Pour choisir le type de matériel de plantation, les propriétaires fonciers doivent évaluer plusieurs facteurs et choisir la meilleure option en fonction de leur cas. Le matériel de plantation de peuplier hybride est cultivé par multiplication végétative et est disponible sous trois formes : a) boutures non enracinées, b) semis à racines nues, et c) semis en conteneur enracinés. D'autres espèces, comme le tremble hybride et le conifère, sont presque entièrement cultivées à base de semences. Elles sont disponibles en semis à racines nues et semis en conteneur enracinés. Chaque type de matériel de plantation représente une variation des coûts et des risques liés à la résistance et à la survie.

a) Boutures non enracinées

Les boutures non enracinées représentent l'option de matériel de plantation la moins coûteuse pour créer des plantations de boisement. Ce type est produit à partir de tiges qui ont poussé pendant la saison de croissance de l'année précédente et ont été récoltées à la fin de l'automne et en hiver, lorsque les tiges sont en dormance. Les tiges sont transformées en boutures d'une longueur minimale de 25 cm, avec un diamètre supérieur minimal de 5 mm, et sont stockées entre -2 et -5 °C jusqu'à ce qu'elles soient nécessaires pour la plantation.



Avant leur plantation, les boutures sont retirées du congélateur et « conditionnées » (c'est-à-dire trempées à température ambiante pendant 24 à 48 heures avant la plantation pour lever la dormance et amorcer la croissance). Il est primordial de coordonner étroitement le conditionnement du matériel de plantation avec les opérations de plantation afin d'éviter tout débournement avant la plantation. Dans les 2 à 4 jours suivant la plantation, une bouture viable puisera dans ses ressources stockées pour se développer et commencer sa croissance. Dans le même temps, sous terre, la bouture développera de petites racines nourricières pour recueillir les nutriments et l'humidité. Si les boutures « débourrent » pendant la phase de conditionnement avant la plantation, il est fort probable que les racines nourricières et les nouvelles pousses soient endommagées. Cela réduit la croissance et augmente potentiellement la mortalité.

Une fois plantées, les boutures non enracinées sont beaucoup plus vulnérables aux incidences climatiques locales telles que la sécheresse. Si les racines nourricières ne parviennent pas à puiser les ressources nécessaires dans un délai de 4 à 7 jours, il est courant que la bouture meure, un risque à évaluer en fonction des économies réalisées grâce à ce type de matériel le moins coûteux.



b) Semis en conteneur et à racines nues

Les opérations de plantation des semis en conteneur et à racines nues peuvent commencer lorsque les sols atteignent entre 8 à 10 °C à une profondeur de 15 cm. L'objectif est de planter les semis à au moins 2 cm et au plus 7 cm de sol sur le dessus du conteneur et/ou de toutes les racines. Pour planter les semis, créez d'abord une ouverture appropriée avec une pelle. Ensuite, placez la partie enracinée de l'arbre verticalement dans le trou à la profondeur requise et compactez légèrement le sol sur les racines ou le conteneur.

Pour les activités de boisement, il est recommandé d'arrêter les opérations de plantation lorsque la température du sol atteint 20 °C à une profondeur de 15 cm, à moins que l'humidité nécessaire au matériel de plantation ne soit pas limitée. La fenêtre d'opportunité permettant de mener à bien les opérations est relativement courte, ce qui nécessite une planification et une coordination de qualité.





Gestion de la végétation après la plantation

La gestion appropriée de la végétation est essentielle pour réduire la mortalité à long terme et atteindre les objectifs de croissance et de rendement afin d'optimiser le rendement du capital investi et la faisabilité économique des plantations de boisement. L'objectif des traitements de gestion de la végétation est de contrôler la végétation concurrente en temps opportun, à partir de 10 à 14 jours après la plantation et jusqu'au premier gel de l'automne de chaque année, jusqu'à ce que la fermeture du houppier des peuplements. À mesure que la plantation se développe, la quantité de lumière solaire qui atteint les sols est limitée. À mesure que la litière feuillue annuelle augmente, la nécessité de gérer la végétation diminue.

Les gestionnaires de plantations de boisement peuvent choisir de réaliser des traitements de gestion de la végétation par le biais d'applications mécaniques ou

chimiques. Les traitements chimiques de gestion de la végétation nécessitent l'utilisation d'herbicides de contact pour contrôler la végétation concurrente. La plupart, voire la totalité, des herbicides de contact disponibles au Canada sont également mortels pour les semis à feuilles caduques plantés. Pour réduire le risque de mortalité lié à un contact accidentel avec les semis plantés, il est nécessaire d'utiliser un outil à dérive nulle entouré d'une protection. Selon la nature de la végétation concurrente, plusieurs applications et herbicides de contact ou « mélanges en réservoir » peuvent être nécessaires chaque saison de croissance pour gérer avec succès la végétation concurrente. Plusieurs facteurs contribuent au coût élevé du traitement chimique, notamment la disponibilité et le coût de l'équipement à dérive nulle, le coût des herbicides de contact et les coûts associés au risque de mortalité des arbres plantés.



La gestion mécanique de la végétation par grattage et travail du sol est une approche plus utilisée pour contrôler la végétation concurrente dans les plantations de boisement. L'un des autres avantages de la gestion mécanique de la végétation est l'incorporation de la végétation concurrente dans les sols, ce qui réduit les émissions pendant la décomposition et augmente la disponibilité des matières organiques et des nutriments pour les systèmes racinaires en développement des semis plantés. Cette méthode nécessite 4 à 5 traitements pendant les deux ou trois premières années de la plantation. Elle peut ensuite être réduite à 2 ou 3 traitements par an jusqu'à la fermeture du houppier sur le site. Les traitements mécaniques de gestion de la végétation nécessitent l'utilisation d'un petit tracteur (30 à 40 chevaux-puissance) équipé d'un accessoire passif (cultivateur peu profond ou herse rotative) ou d'un accessoire entraîné par prise de force (rotatif ou motoculteur). La largeur du tracteur et de l'accessoire doit être limitée de manière à ce que ni l'un ni l'autre n'entre en contact avec les semis plantés. Tout contact avec les semis plantés peut causer des dommages et/ou causer des éraflures qui peuvent entraîner la rupture des tiges à l'avenir, ce qui augmente le risque de mortalité. Pour s'assurer que les traitements limitent les dommages aux systèmes racinaires en place, tous les équipements doivent être configurés de manière à garantir une profondeur de perturbation maximale limitée comprise entre 3 et 7 cm. La conception en grille des plantations de boisement permet de mener des

opérations de gestion de la végétation dans plusieurs sens afin d'optimiser l'efficacité du traitement.

Parfois, des événements peuvent limiter la réalisation des activités de gestion de la végétation, de sorte que la végétation concurrente devient trop importante pour permettre des activités mécaniques efficaces de gestion de la végétation. Dans un tel cas, il convient d'effectuer un traitement par fauchage, immédiatement suivi d'un traitement mécanique de gestion de la végétation. Les traitements par fauchage stimulent la croissance du sol et peuvent accroître la concurrence des systèmes racinaires de la végétation concurrente. Les traitements par fauchage, s'ils ne sont pas immédiatement suivis de traitements mécaniques de gestion de la végétation, peuvent également créer une couche isolante au-dessus du sol. La couche isolante peut ralentir les processus de réchauffement du sol au printemps et réduire la durée de la saison de croissance, ce qui entraîne une réduction de la croissance des semis plantés.

L'objectif est d'obtenir la fermeture du houppier d'ici la 5^e année, ou plus tôt, période pendant laquelle la plantation peut contrôler la végétation concurrente sans traitement. Si la végétation concurrente n'est pas maîtrisée tout au long de la saison de croissance, la végétation concurrente envahissante peut dissimuler les semis plantés. Cela entraîne une réduction de la croissance et augmente le potentiel de mortalité des semis.





Entretien après la fermeture du houppier

Les activités de gestion de la végétation visant à améliorer la croissance des plantations de boisement ne sont plus nécessaires une fois les houppiers de peuplement fermés. À ce stade, l'entretien des plantations consiste principalement à la réduction des risques potentiels et aux valeurs esthétiques. Il concerne les zones tampons créées autour du périmètre des plantations et celles créées entre les clones, le cas échéant. Pour réduire le risque potentiel d'incendie ou limiter l'empiètement des mauvaises herbes sur les propriétés adjacentes, il est courant de créer une bande non végétalisée autour de la circonférence de la plantation en utilisant les équipements précédemment utilisés pour effectuer les traitements mécaniques de gestion de la végétation. De nombreux propriétaires fonciers peuvent également choisir de faucher les zones tampons implantées à des fins esthétiques.





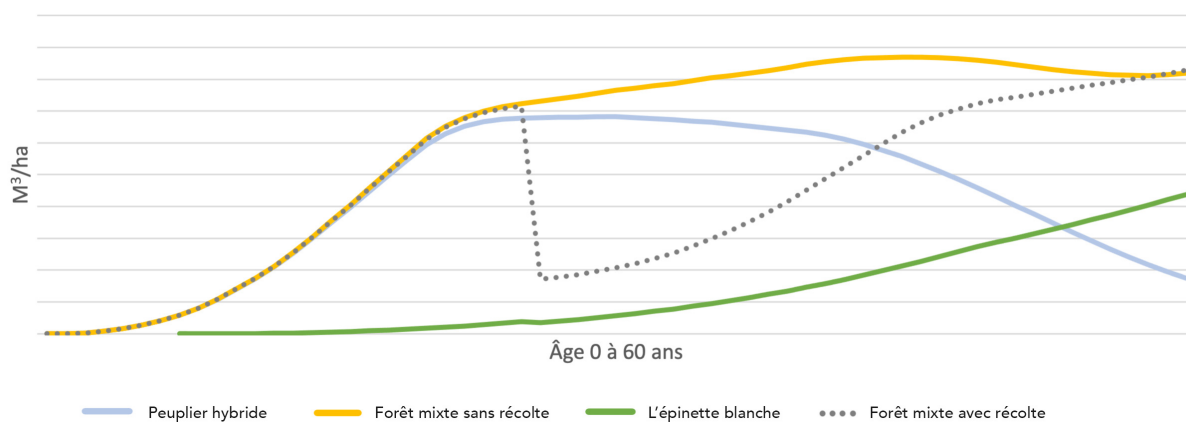
Plantations de boisement mixte

L'échantillonnage d'anciennes plantations de boisement au Canada a révélé que les plantations peuvent continuer à se développer de manière productive longtemps après que les peuplements ont atteint l'accroissement annuel moyen (AAM) maximal. Les plantations de peupliers hybrides de plus de 50 ans en sont un exemple. De nombreux propriétaires fonciers, que ce soit au début ou ultérieurement, peuvent choisir d'agrandir une plantation de boisement avec des espèces de résineux tolérantes afin de prolonger sa durée de vie et/ou de créer une plantation de boisement semblable aux forêts mixtes naturelles.

L'ajout d'une composante résineuse aux plantations de boisement est une option éprouvée qui permet d'améliorer la croissance et les rendements, de diversifier les options potentielles de produits finaux et de prolonger la durée

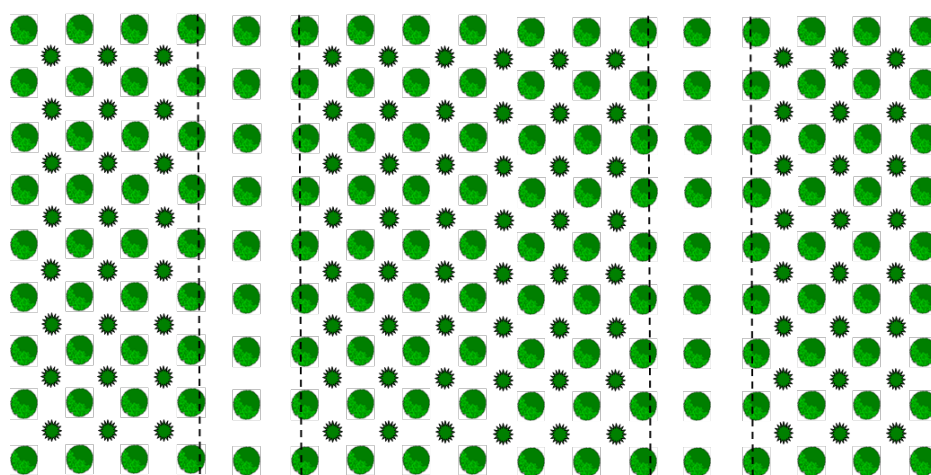
de la couverture forestière. Pour s'assurer que l'ajout de résineux n'entrave pas les opérations de gestion de la végétation, il est préférable de procéder à l'implantation des résineux tolérants une fois le houppier fermé dans la plantation de boisement. L'étage dominant créé servira de plante nourricière et assurera la protection des résineux nouvellement plantés. La planification de l'ajout d'une composante résineuse tolérante à une plantation de boisement est flexible et dépend des objectifs du propriétaire foncier et/ou des intervenants. Pour obtenir les meilleurs résultats, il faut s'assurer que les traitements de gestion de la végétation sont effectués et que les semis de résineux plantés ont pu se développer sur le site avant la récolte des arbres de l'étage dominant.

Croissance et rendement du boisement à forêts mixtes



Le choix de la densité et de la conception de la plantation en vue d'agrandir les plantations de boisement avec des résineux tolérants incombe en fin de compte aux propriétaires fonciers et aux intervenants du projet. Il est souvent lié à la densité de plantation initiale et aux futures opérations de récolte. Par exemple, une solution consisterait à planter les semis de résineux au milieu des « grilles », créant ainsi des rangées de résineux entre les rangées d'arbres de l'étage dominant. Cela

permet d'obtenir une densité de plantation conforme à celle de la plantation initiale. Afin de faciliter les futures opérations de récolte pour enlever l'étage dominant, il est courant de « sauter » ou de choisir de ne rien semer sur une rangée à des intervalles de 15 à 20 m pour faciliter l'accès au matériel de récolte et réduire les dommages causés sur les résineux résiduels pendant les opérations de récolte.



● peuplier hybride @ 1 600 troncs/ha
 * l'épinette blanche @ 1 200 troncs/ha
 ---- les futurs sentiers de débardage





Récolte des plantations de boisement

Les plantations de boisement à rendement élevé permettent de produire des tiges de grand diamètre (20 à 30 cm de diamètre à hauteur de poitrine) à maturité. De par leur conception, les plantations de boisement sont créées avec un espacement uniforme, ce qui permet d'obtenir des tiges de taille et d'espacement cohérents, se traduisant généralement par une meilleure productivité opérationnelle de récolte et la réduction des coûts de récolte. Le matériel de récolte nécessaire pour abattre et utiliser les tiges est conforme au matériel de récolte utilisé dans les opérations de récolte conventionnelles dans les forêts naturelles. Les propriétaires fonciers de boisement peuvent contacter les fournisseurs de services locaux pour déterminer la disponibilité et évaluer l'applicabilité des options de matériel de récolte dans leur territoire.

Les tiges de grand diamètre cultivées dans les plantations de boisement à rendement élevé peuvent être transformées et utilisées dans la production de produits forestiers ordinaires, tels que le bois d'œuvre, les panneaux de copeaux orientés, le bois lamellé-croisé, le placage, etc. afin d'augmenter le stockage du carbone à long terme. D'autres options de produits comprennent la matière première pour la fabrication de la pâte à papier et la biomasse boisée afin de produire la chaleur et l'électricité. Les résidus résultant des opérations de récolte et de traitement peuvent également être utilisés pour produire de la biomasse boisée qui pourrait être utilisée pour le paillis paysager, les granulés de bois industriels, le biocharbon, etc., selon la disponibilité des installations de traitement et des marchés locaux.





Discussion

Le boisement à l'aide d'espèces à croissance rapide a été reconnu dans le monde entier comme une solution de séquestration du carbone et de restauration des écosystèmes. L'ajout d'une composante de boisement au reverdissement des piles de PG peut également apporter une valeur ajoutée et offrir d'autres avantages. Ces avantages comprennent la biomasse pour l'énergie verte ou les copeaux de bois, la réduction des coûts d'entretien grâce à l'élimination du traitement par fauchage une fois les plantations créées, ainsi que l'amélioration de l'esthétique et de la diversité des écosystèmes. Les recherches menées sur les piles de PG boisées indiquent que les arbres peuvent exploiter les nutriments résiduels présents dans le PG et fermer le couvert après 2 ou 3 saisons de croissance, sans infiltration de pluie ou de fonte des neiges au-delà de la zone d'enracinement des arbres.

Ces résultats préliminaires démontrent qu'il est possible de mélanger une petite quantité de sol au PG pour créer un mélange de sol fabriqué (anthrosol). Lorsqu'il est boisé, l'anthrosol peut limiter ou empêcher l'infiltration de l'eau au-delà de la zone d'enracinement de l'arbre. Le concept de création de plantations de boisement sur le PG est une option plus rentable que la traditionnelle approche à barrières de revalorisation, qui, une fois prouvée, peut réduire les coûts de fermeture des piles et potentiellement remplacer l'utilisation de revêtements synthétiques dans les environnements arides et semi-arides.

En tant que couverture qui réduit l'érosion et améliore la qualité de l'eau, les forêts implantées sur les piles de PG peuvent créer un habitat pour une espèce sauvage (les mammifères et les oiseaux). Elles peuvent également améliorer la durabilité à long terme en limitant les pressions exercées par les humains sur les forêts indigènes, ce qui constitue une approche d'adaptation et d'atténuation permettant de face aux impacts d'un climat en changement. Les TCR peuvent constituer des options de matières premières de biomasse boisée pour la production d'énergie par la chaleur, l'électricité ou la production de gaz naturel renouvelable.

Les plantations sont souvent considérées comme des solutions temporaires et à court terme aux problèmes existants, en raison de leur croissance rapide. Cependant, l'échantillonnage d'anciennes plantations de boisement au Canada a montré qu'une fois créées, les plantations de boisement à rendement élevé ont le potentiel de croître et de demeurer une option viable de stockage du carbone pendant 50 ans et potentiellement plus longtemps. Les plantations sont évaluées en permanence afin de déterminer les avantages de la restauration des écosystèmes, de la réduction des impacts hydrologiques et de l'incorporation de conifères tolérants afin de prolonger le potentiel de séquestration du carbone sur 100 ans ou plus.



Remerciements

Les renseignements et les recommandations présentés dans ce rapport sont le résultat de recherches à long terme sur les taillis en courte rotation menées par l'équipe de développement technologique du CCFB en collaboration avec des scientifiques en science du sol et des climatologues du Service canadien des forêts et de recherches opérationnelles menées en collaboration avec Nutrien de 2016 à 2022. Les travaux de recherche opérationnelle, de surveillance et d'analyse ont été financés par le Programme de solutions en matière de fibres du Service canadien des forêts, le Programme d'innovation forestière de Ressources naturelles Canada et le projet Nutrien/Ressources naturelles Canada « Innovative Options for Re-Vegetating Phosphogypsum Stacks at Agrium, Fort Saskatchewan » (Solutions innovantes de reverdissement des piles de phosphogypse à Agrium, Fort Saskatchewan) dans le cadre d'une entente de recherche et développement.

Nous tenons à remercier tout particulièrement Guy Smith et Anthony Bourgoïn, et surtout Kathryn McCaffrey, Eric Sementilli et Christine Durocher pour leur soutien à la révision et à la rédaction, ainsi que Julie Piché et Marie-Pier Schryer Lafrenière pour leur contribution à la conception graphique.





Définitions

Boisement

Action ou processus de création d'une forêt, principalement sur des terres non boisées auparavant.

Phosphogypse

Sous-produit du gypse obtenu lors de la fabrication d'engrais phosphatés. Il est composé principalement de sulfate de calcium hydraté ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) et est obtenu par réaction de la roche phosphatée avec l'acide sulfurique pour produire de l'acide phosphorique, le principal composant de l'engrais phosphaté.

Boisement à rendement élevé

Création de plantations pour faire pousser des fibres de bois et de la biomasse boisée à des taux 8 à 10 fois supérieurs à ceux des « forêts indigènes » sur des terres jusque-là non boisées, afin de créer des puits de carbone importants et de produire des matières premières destinées à l'industrie des énergies vertes ou renouvelables en pleine évolution, contribuant ainsi à favoriser une économie à faibles émissions de carbone.

Phytoremédiation

Traitement des polluants ou des déchets (provenant de sols ou d'eaux souterraines contaminés) par l'utilisation de plantes vertes qui éliminent, dégradent ou stabilisent les substances indésirables (comme les métaux toxiques).

Taillis en courte rotation

Une « approche sylvicole pour la plantation d'essences à croissance rapide et leur aménagement sur d'anciens parterres de coupe » permettant de produire rapidement des fibres pour l'industrie des produits du bois et à des fins énergétiques. Ils nécessitent une sélection et une préparation appropriées du site, un matériel de reproduction clonale approprié et une gestion intensive pour obtenir des rendements élevés sur de courtes rotations (3 à 20 ans).

Agroforesterie

Méthode de gestion des terres consistant à faire pousser des arbres en association avec des cultures vivrières ou des pâturages.

Anthrosol

Sol qui a été formé ou fortement modifié par des activités humaines à long terme.

Bouture

Section de plante provenant d'une tige, d'une feuille ou d'une racine et susceptible de se développer en une nouvelle plante.

Multiplication végétative

Reproduction asexuée chez les plantes au cours de laquelle une nouvelle plante pousse à partir d'un fragment ou d'une bouture de la plante mère.

Accroissement annuel moyen (AAM)

Croissance moyenne par an d'un arbre ou d'un peuplement d'arbres jusqu'à un âge donné.

Étage dominant

Partie supérieure d'une communauté de plantes, au-dessus du sous-étage.

Marcottière

Parcelle de terrain dans laquelle des plantes sont cultivées aux seules fins de produire du matériel de multiplication végétative.

Ramification latérale

Toute branche secondaire qui pousse à partir de la tige principale.

Diamètre à hauteur de poitrine

Diamètre extérieur de l'écorce mesuré à 1,3 m au-dessus du sol pour les tiges régulières ou normales.

Matière première

Matières premières destinées à une machine ou à une usine de transformation.



Références

Agriculture et Agroalimentaire Canada. (18 avril 2016)
Inventaire des terres du Canada. Extrait de février 2019
de la Base nationale des données sur les sols : <https://sis.agr.gc.ca/siscan/nsdb/cli/index.html>

Joss, B.N., R.J. Hall, D.M. Sidders et T.J. Keddy, 2008.
Fuzzy-logic modeling of land suitability for hybrid poplar
across the Prairie Provinces of Canada. *Environmental
Monitoring and Assessment* 141: 79-96.

Keddy, T., Sidders, D., Arevalo, C., 2023. Abrégé de la recherche
opérationnelle – Site de développement technique de
cultures ligneuses à courte rotation d'Ellerslie, à Edmonton
(Alberta). Ressources naturelles Canada, Service canadien
des forêts, Centre canadien sur la fibre de bois. Rapport
d'information FI X 024. Ottawa (Ontario), 158 p.

Le boisement et le reboisement comme opportunité
d'adaptation. Consulté le 19 novembre 2021 à l'adresse
: [https://climate-adapt.eea.europa.eu/fr/metadata/
adaptation-options/afforestation-and-reforestation-as-
adaptation-opportunity?set_language=fr](https://climate-adapt.eea.europa.eu/fr/metadata/adaptation-options/afforestation-and-reforestation-as-adaptation-opportunity?set_language=fr).

Ressources naturelles Canada. (01 août 2007) Adéquation
du site pour les taillis en courte rotation : peuplier hybride.
Consulté en février 2022 à partir de : <https://open.canada.ca/fr> [https://open.canada.ca/data/fr/dataset/07668020-
91d7-481a-bfbd-8ea07aace7b4](https://open.canada.ca/data/fr/dataset/07668020-91d7-481a-bfbd-8ea07aace7b4).

Merriam-Webster (<https://www.merriam-webster.com/>).

Dictionnaire Glosbe (<https://glosbe.com/>).