

PROGRAMME D'INNOVATION FORESTIÈRE

RAPPORT FINAL

DÉVELOPPEMENT DE STRATÉGIES SYLVICOLES POUR LA PRODUCTION DE PEUPELEMENTS RÉSILIENTS ET TOLÉRANTS CONSTITUÉS DE CHÊNE ROUGE ET DE PIN BLANC Présenté à :

Lauzon Planchers de bois exclusifs inc.
Charles St-Julien, Directeur de la foresterie

La Compagnie Commonwealth Plywood Itée
Christian Picard, *ing.f.*
André Fortin, *ing.f.*

et

Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs
Sébastien Meunier, *ing.f.*, M.Sc.
Véronique Coudé, *ing.f.*

Par :



Centre d'enseignement et de recherche
en foresterie de Sainte-Foy inc.

Guy Lessard, *ing. f.*, M. Sc.
Emmanuelle Boulfroy, M. Sc.
Gilles Joannis, biol, *Ph.D.*
Frank Grenon, biol. *Ph.D.*
Flavie Ferrer, *ing.f.*
Donald Blouin, *ing.f.*, M.Sc.

Juillet 2018

Mots-clés : chêne rouge, pin blanc, érable à sucre, hêtre à grandes feuilles, stratégie d'aménagement, stratégie sylvicole, Outaouais, Laurentides, changements climatiques, résistance, ensemencement, plantation.

Référence à citer :

Lessard, G., E. Boulfroy, G. Joanisse, F. Ferrer et D. Blouin 2018. Développement de stratégies sylvicoles pour la production de peuplements résilients et tolérants constitués de chêne rouge et de pin blanc. Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. Rapport 2018-06. 97 pages.

BÉNÉFICIAIRE DU PROJET

- **Lauzon Planchers de bois exclusifs inc**
Charles St-Julien, *Directeur de la foresterie*
- **La Compagnie Commonwealth Plywood Itée**
Christian Picard, *ing.f.*
André Fortin, *ing.f.*
- **Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs**
Sébastien Meunier, *ing.f. M. Sc.*
Véronique Coudé, *ing.f.*

PARTENAIRES DU PROJET

- **Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. (CERFO)**
Guy Lessard, *ing.f., M.Sc.*
Emmanuelle Boulfroy, *M.Sc.*
Gilles Joanisse, *biol., Ph.D.*
Frank Grenon, *biol., Ph.D.*
Flavie Ferrer, *ing.f., stagiaire*
Donald Blouin, *ing.f., M.Sc.*

TABLE DES MATIÈRES

BÉNÉFICIAIRE DU PROJET	i
PARTENAIRES DU PROJET	i
LISTE DES FIGURES	iv
LISTE DES TABLEAUX	v
REMERCIEMENTS.....	vi
RÉSUMÉ.....	vii
1. INTRODUCTION.....	1
1. OBJECTIFS ET MÉTHODE GÉNÉRALE	4
1. ÉTAT DES CONNAISSANCES	6
2. ATELIER D'EXPERTS.....	12
2.1. Préparation de l'atelier	12
2.2. Déroulement de l'atelier	13
2.3. Principaux résultats de l'atelier pour le chêne rouge	14
2.3.1. Bloc 1 : les peuplements matures dégradés de densité de couvert inférieure à 60 %, à régénérer artificiellement en chêne rouge.....	14
2.3.2. Bloc 2 : Les jeunes peuplements de densité de couvert supérieure à 60%	17
2.3.3. Bloc 3 : Les peuplements matures de densité de couvert supérieure à 60 %	19
2.4. Résultats de l'atelier sur le pin blanc	22
2.4.1. Bloc 4 : les peuplements à régénérer artificiellement en pin blanc.....	22
2.4.2. Bloc 5 : les peuplements matures avec une densité de couvert supérieure à 60 % 25	
2.4.3. Bloc 6 : Charançons, rouille vésiculeuse et autres insectes et maladies du pin blanc 29	
2.5. Discussions sur les scénarios sylvicoles	30
2.5.1. Chêne rouge	30
2.6. Discussions sur les scénarios d'aménagement	32
3. TYPOLOGIE DES CAS RENCONTRÉS.....	33
3.1. Méthode retenue pour définir la typologie des cas	33
3.1.1. Zones propices à la conversion.....	33
3.2. Résultats.....	36
3.2.1. Synthèse des cas.....	36
3.3. Lien avec la typologie initiale.....	43
4. ANALYSES FINANCIÈRES et Économiques de différents scénarios pour le Chêne rouge 44	
4.1. Méthode	44

4.2.	Résultats des valeurs du bois sur pied pour l'État (redevances perçues) pour le chêne rouge et le pin blanc	50
4.3.	Résultat de l'évolution de la valeur du bois sur pied en fonction de la proportion de chêne rouge	52
4.4.	Résultats de l'analyse des 6 scénarios types	53
4.5.	Synthèse	63
5.	ÉLÉMENTS DE LA STRATÉGIE D'AMÉNAGEMENT	65
5.1.	Production de peuplements résistants dans un contexte de changements climatiques	65
5.2.	Quatre grands axes d'aménagement	65
5.3.	Maintien sur pied des semenciers et limitation des impacts sur les garanties d'approvisionnement et de possibilité forestière	68
5.4.	Considérations importantes pour la constitution de chantiers lors de la planification ...	69
5.5.	Cibles pour le suivi de la stratégie d'aménagement.....	69
6.	ÉLÉMENTS DE LA STRATÉGIE SYLVICOLE	72
6.1.	Scénarios sylvicoles proposés pour le chêne rouge	72
6.2.	Scénarios sylvicoles proposés pour le pin blanc.....	74
6.3.	Information supplémentaire sur les traitements et leurs modalités.....	79
6.4.	Modalités s'appliquant à plusieurs traitements	83
6.5.	Maturité des nouveaux peuplements.....	90
7.	RECOMMANDATIONS	91
	CONCLUSION	95
	RÉFÉRENCES.....	96

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Localisation actuelle des peuplements avec chêne rouge en Outaouais selon le 5 ^e inventaire forestier décennal.....	8
Figure 2. Devenir modélisé de l'habitat du chêne rouge en 2050	9
Figure 3. Localisation actuelle des peuplements avec présence de pin blanc en Outaouais selon le 5 ^e inventaire forestier décennal.....	10
Figure 4. Devenir modélisé de l'habitat du pin blanc en 2050.....	11
Figure 5. Volume de sciage et déroulage pour une tige par essence et DHP	50
Figure 6. Estimation des redevances totales perçues pour une tige par essence et DHP.....	51
Figure 7. Pour le cas < 5% de chêne rouge a) Volumes récoltés totaux ; c) Volumes récoltés en chêne rouge ; b) Valeur des produits récoltés totaux ; d) Valeur des produits récoltés en chêne rouge.....	57
Figure 8. Pour le cas > 40 % de chêne rouge a) Volumes récoltés totaux ; c) Volumes récoltés en chêne rouge ; b) Valeur des produits récoltés totaux ; d) Valeur des produits récoltés en chêne rouge	58

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Liste des personnes présentes à l'atelier	12
Tableau 2. Scénarios préliminaires pour les jeunes peuplements denses	37
Tableau 3. Jeunes peuplements retenus prioritaires pour la réalisation d'éclaircies pour la production de chêne rouge	37
Tableau 4. Jeunes peuplements retenus prioritaires pour la réalisation d'éclaircies pour la production de pin blanc	38
Tableau 5. Scénarios préliminaires pour les jeunes peuplements ouverts	39
Tableau 6. Scénarios préliminaires pour les peuplements matures denses	40
Tableau 7. Types forestiers constituant les principaux grands types forestiers des peuplements denses matures – cas des scénarios 11 à 14	40
Tableau 8. Types forestiers constituant les principaux grands types forestiers des peuplements denses matures – cas des scénarios 15 et 16	41
Tableau 9. Scénarios préliminaires pour les peuplements matures ouverts	41
Tableau 10. Scénarios préliminaires pour les peuplements matures ouverts biétagés avec un étage inférieur fermé	42
Tableau 11. Scénarios préliminaires pour les peuplements matures ouverts biétagés avec un étage inférieur ouvert	42
Tableau 12. Scénarios types testés dans les analyses financières	48
Tableau 13. Valeur du bois sur pied selon la proportion de chêne rouge	52
Tableau 14. Portrait du bois sur pied initial et valeurs par cas, scénario et période.	55
Tableau 15. Volumes et valeur récoltée pour le scénario de plantation	56
Tableau 16. Bénéfices nets par scénario	60
Tableau 17. Synthèse économique	62
Tableau 18. Séquences du scénario par coupes progressives régulières avec régénérations naturelle et artificielle	73
Tableau 19. Séquences du scénario par coupe totale avec régénération artificielle	74
Tableau 20. Séquences du scénario par coupes progressives régulières avec régénérations naturelle et artificielle	75
Tableau 21. Séquences du scénario de remise en production par la régénération artificielle sans prélèvement de couvert	78
Tableau 22. Espacements moyens des tiges de chêne rouge par classe de DHP selon le pourcentage de couvert visé (Russel et Weiskittel 2011)	85
Tableau 23. Espacements moyens des tiges de pin blanc par classe de DHP selon le pourcentage de couvert visé (Russel et Weiskittel 2011)	86
Tableau 24. Espacements moyens des tiges par classe de DHP et essence pour un pourcentage de couvert visé de 50 % (Russel et Weiskittel 2011)	88
Tableau 25. Espacements moyen, minimal et maximal des tiges par classe de DHP et essence pour un pourcentage de couvert visé de 50 % mesurés en Outaouais (Bournival et al. 2013, 2016)	89

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, ce projet n'aurait pu avoir lieu sans le financement du Programme d'Innovation forestière (PIF) du Centre canadien sur la fibre du bois (CCFB).

Nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont été sollicitées lors de l'organisation de l'atelier et qui n'ont pas hésité à partager leur expertise sur les deux essences à l'étude (participants présents à l'atelier, répondants aux questionnaires, etc.). Quelques personnes ont été particulièrement disponibles et ont consacré un temps important à nourrir les réflexions qui ont eu cours dans le cadre de ce projet et nous les remercions très chaleureusement : MM. Charles Saint-Julien, Christian Picard, Sébastien Meunier, Steve Bédard, Christian Gobdout, Michel Huot et Géry Van der Kelen.

Des remerciements spéciaux s'adressent aussi à Mme Marie-Anik Liboiron de Ressources naturelles Canada, qui nous a accompagnés lors de la préparation de l'animation de l'atelier. Ses conseils ont été très appréciés et ont contribué à obtenir une animation dynamique et vivante.

RÉSUMÉ

La capacité d'adaptation du pin blanc et du chêne rouge face aux nouvelles conditions climatiques ainsi que leur valeur importante sur les marchés de la transformation, en font deux essences à fort potentiel pour les forêts feuillues et mixtes de l'Outaouais. Au cours des dernières décennies, le contrôle des feux de forêt et l'application de coupes partielles à grande échelle ont entraîné leur régression marquée, justifiant de réfléchir sur les approches sylvicoles nécessaires à intégrer dans les scénarios sylvicoles, afin de renverser cette tendance.

C'est dans ce contexte que ce projet vise à élaborer, en étroite collaboration avec des industriels preneurs de pin blanc et/ou de chêne rouge et la direction régionale du MFFP, une stratégie de production de peuplements constitués de chêne rouge ou de pin blanc, conçus pour être tolérants et résistants aux changements climatiques, et permettant à la fois : d'augmenter la productivité du territoire, de créer des puits de carbone et de favoriser la biodiversité.

Dans un premier temps le portrait de l'évolution du climat et son impact sur la migration d'espèces, en particulier le chêne rouge et le pin blanc, ont été dressés. Il a permis de confirmer que les nouvelles conditions climatiques prédites dans des horizons 30 et 60 ans devraient créer des habitats plus favorables ou nouveaux pour ces deux espèces.

Ensuite, les propositions de stratégies sylvicoles et d'aménagement pour la production de ces deux essences ont été formulées. Elles reposent sur plusieurs informations : (1) la stratégie en cours d'élaboration par le MFFP, afin de rendre les livrables de ce projet compatibles avec l'approche et les outils décisionnels du MFFP ; (2) des études effectuées il y a une dizaine d'années par le CERFO pour le compte du MFFP, qui avaient permis de produire des versions préliminaires de stratégies d'aménagement pour ces 2 espèces ; (3) la mise à jour des connaissances provenant à la fois de la littérature et d'experts consultés et (4) les résultats d'analyses de rendement (SaMARE-Artémis) et financières (MÉRIS), qui ont permis de comparer plusieurs scénarios sylvicoles types et d'en évaluer la rentabilité.

Une typologie des cas rencontrés sur le territoire de l'Outaouais (familles de peuplements forestiers auxquelles s'appliqueront les stratégies développées) a également été produite et a permis de faire ressortir 13 cas regroupés autour des groupes suivants : (1) les jeunes peuplements denses (densité de couvert $\geq 55\%$) ; (2) les jeunes peuplements ouverts ($< 55\%$) ; (3) les peuplements matures denses ; (4) les peuplements matures ouverts ; (5) les peuplements matures biétagés ouverts avec un étage inférieur fermé ou ouvert (6).

Pour chaque cas, une famille de scénarios est proposée.

Plusieurs éléments clés ressortent des analyses financières : le chêne rouge et le pin blanc sont très intéressants économiquement, car ils ont le potentiel de produire davantage de bois de valeur (sciages et déroulages) par tige que leurs espèces compagnes telles : l'érable à sucre, l'érable rouge, le bouleau jaune ou le hêtre. La présence et la proportion en chêne et pin améliorent la valeur actualisée nette : leurs valeurs élevées sont relativement stables sur les marchés. De plus, les redevances perçues par l'État sont supérieures : elles doublent pour les tiges de 40 cm et triplent pour les tiges de 48 cm. Pour un arbre de 40 cm, la valeur du pin blanc est même 15 % plus élevée que celle du chêne rouge. Par contre, les interventions culturales nécessaires sont onéreuses. Arrivant tôt dans la vie du peuplement, elles ont un effet assez important sur la VAN (Valeur Actualisée Nette). Il serait alors intéressant de considérer une méthode de production « *situative* » afin de maîtriser ces coûts en se concentrant sur un nombre restreint de candidats et ne faisant rien pour le reste.

La stratégie d'aménagement forestier qui est proposée comporte quatre grands axes : (1) l'instauration d'une succession assistée pour les peuplements prêts à être récoltés, avec une présence importante de chêne rouge et de pin blanc et d'un couvert protecteur pour installer la régénération ; (2) l'accroissement rapide de la valeur sur pied pour les jeunes peuplements fermés et en pleine croissance, avec une présence importante chêne rouge et le pin blanc ; (3) la conversion de peuplements par la régénération artificielle, là où le potentiel forestier est très élevé à exceptionnel pour les espèces désirées, sous couvert ou en milieu ouvert ; (4) le maintien de la présence de ces espèces dans les peuplements dont le potentiel de croissance pour le chêne rouge et le pin blanc n'est pas optimal et leur présence limitée.

Pour la stratégie sylvicole, une sylviculture fine est de mise et les procédés de régénération en futaie régulière sont préférés. La régénération artificielle est automatique, mais devrait être toujours synchronisée avec les bonnes années semencières, pour une meilleure gestion du risque. Elle doit se faire préférentiellement sous couvert pour le pin blanc. Le débroussaillage est nécessaire pour l'installation du chêne rouge alors que le scarifiage est indiqué pour le pin blanc. Les travaux de dégagements hâtifs sont essentiels pour contrôler la compétition. Ceux-ci doivent être accompagnés d'élagages, de tailles de formations, suivis de dégagements par puits de lumière, d'éclaircies pré commerciales et d'un régime d'éclaircies pour la production de bois de qualité. La possibilité d'effectuer de courtes révolutions en futaie équienne pourrait être explorée. Enfin, quelques recommandations sont proposées pour la mise en œuvre, le déploiement et la recherche.

1. INTRODUCTION

Depuis quelques années, la région de l'Outaouais a décidé de faire de la restauration du chêne rouge et du pin blanc une priorité. Concrètement, dans la fiche VOIC (valeur, objectifs, indicateurs et critères) sur les essences en voie de raréfaction, un virage vers la production de ces essences a récemment été proposé lorsque la surface terrière combinée des chênes (rouge, blanc, bicolore et à grands fruits) et des pins blanc et rouge occupe plus de 25 % de la surface terrière totale du peuplement (MFFP 2017). Ce choix a été renforcé par la production récente d'un avis scientifique de la Direction de la recherche forestière, proposant des pistes de solutions pour diminuer l'expansion du hêtre et le déclin de l'érable à sucre (Direction de la recherche forestière. 2017). Déjà en 2016, pour consolider l'aménagement écosystémique dans les pratiques forestières, le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) a produit la publication *Intégration des enjeux écologiques dans les plans d'aménagement forestier intégré de 2018-2023* et les Annexes G et H traitent respectivement des enjeux liés au pin blanc et au chêne rouge.

Le contexte des changements climatiques semble aussi favorable à ce virage. Le chêne rouge, très résistant à la sécheresse par ses racines latérales ramifiées formant un dense réseau de radicules compactes, est une espèce ayant un grand potentiel à s'adapter aux changements des conditions climatiques, en particulier face à l'apparition de stress hydriques (Périé, 2015) liée à une augmentation de la température de 2 à 5 °C en moyenne et la réduction des précipitations de l'ordre de 1,5 %, comme cela est prédit par le consortium d'Ouranos d'ici 2050 (Logan *et al.*, 2011). Cette espèce est recherchée pour sa valeur ajoutée élevée qui demeure relativement stable sur les marchés, notamment pour la fabrication de planchers et de meubles d'ébénisterie. Le pin blanc quant à lui, est une espèce longévive de grandes dimensions, résistante aux feux de forêt comme le chêne rouge et capable d'occuper une grande variété de sols et de conditions de drainage (un pivot racinaire avec de fortes racines latérales) et dont la finesse du grain de son bois en fait une espèce résineuse convoitée pour des portes, des moulures, des boiseries, des meubles, des instruments de musique et des contreplaqués.

Les résultats des modélisations climatiques réalisées par le consortium Ouranos ont notamment permis d'évaluer les modifications d'habitats favorables aux espèces ligneuses. Dans le cas du chêne rouge et du pin blanc, les scénarios proposés montrent

pour la région de l'Outaouais, l'apparition d'habitats plus favorables et nouveaux pour ces deux espèces, lorsque l'on se déplace vers le nord de la région (Périé, 2016). Leur capacité d'adaptation face aux nouvelles conditions climatiques ainsi que leur valeur importante sur les marchés de la transformation font du chêne rouge et du pin blanc deux essences à fort potentiel pour les forêts feuillues et mixtes de l'Outaouais.

Au cours des dernières décennies, plusieurs facteurs ont entraîné une régression marquée de ces deux espèces dans la forêt québécoise et une baisse importante d'approvisionnement pour les industriels. Le contrôle des feux de forêt en est une, car ces 2 espèces se régénéraient dans le passé principalement suite au passage de feux de forêt. La sylviculture de coupe partielle¹, menée à grande échelle et non adaptée aux exigences de ces 2 espèces (qui ont des besoins spécifiques de lumière en sous-bois au moment de l'installation de la régénération et de maintien temporaire de semenciers) en est une autre importante; la récolte de ces espèces s'est réalisée sans que la régénération ne soit assurée (MFFP, 2016). Enfin, des agents pathogènes comme la rouille vésiculeuse du pin blanc, des insectes comme le charançon du pin blanc ou encore le broutement par les cervidés ou les rongeurs sont autant de facteurs qui compliquent le retour de ces espèces. Ces constats justifient de réfléchir sur les approches sylvicoles nécessaires à intégrer dans les scénarios sylvicoles, afin de renverser cette tendance, d'assurer leur pérennité et de rendre la forêt de l'Outaouais plus résistante aux changements climatiques.

En lien avec les principaux domaines de recherche prioritaires du Centre canadien sur la fibre de bois, le présent projet porte alors sur le développement de stratégies sylvicoles innovantes et la reconstitution de forêts productives de haute valeur, dans une matrice diversifiée (foresterie multi variétale) et selon un contexte d'adaptation des forêts aux changements climatiques.

Par contre, la stratégie développée doit s'appuyer sur le concept d'aménagement durable des forêts qui recherche notamment un équilibre entre protection et mise en valeur de la forêt (court, moyen et long termes). Dans ce contexte, quelques inquiétudes se présentent entourant cette volonté de restauration ou d'enrichissement de ces 2 essences :

¹ On pensera ici aux coupes de jardinage et coupes d'amélioration qui, telles qu'appliquées traditionnellement au Québec, se concentraient sur la récolte des tiges défectueuses, et ce, sans la préparation de terrain nécessaire.

- Ces dernières ne sont tout d'abord **pas climaciques**, en ce sens qu'elles ne se régénèrent pas facilement sous couvert et qu'elles ne sont pas tolérantes à l'ombre. Les massifs existants sont issus d'une dynamique de grandes perturbations naturelles ou anthropiques, essentiellement le passage de feux. Elles nécessitent donc une intervention humaine *sine qua non* pour être maintenues dans le paysage.
- De plus, le spectre d'une surprotection des tiges actuellement présentes dans le paysage est tangible, notamment dans les conditions de présence éparse de ces espèces sur plusieurs stations favorables. Or, une certaine opportunité de récolte non négligeable existerait néanmoins dans les **îlots purs de ces espèces**, sans nuire aux objectifs de restauration poursuivis. Elles pourraient être espacées adéquatement pour favoriser le détournement des houppiers et ainsi l'accroissement en bois d'œuvre du peuplement s'il n'a pas atteint la maturité technique.
- Également, l'utilisation de procédés de régénération de coupes progressives nécessite souvent **des ouvertures de couvert importantes et bien distribuées** qui ne sont pas habituelles dans les coupes partielles traditionnelles.
- Enfin, la planification actuelle des chantiers ne prévoit pas un retour rapide pour la coupe finale, notamment par le maintien de chemins entretenus. Or, la **coupe finale** permet de récolter les tiges de semenciers de pin blanc et de chêne rouge qui étaient réservées.

1. OBJECTIFS ET MÉTHODE GÉNÉRALE

1.1. Buts et objectifs

Le projet vise à élaborer une stratégie de production de peuplements constitués de chêne rouge ou de pin blanc, conçus pour être tolérants et résilients aux changements climatiques, permettant d'augmenter la productivité du territoire, de créer des puits de carbone et de favoriser le maintien de la biodiversité.

Les objectifs spécifiques sont de :

1. Documenter le portrait de l'évolution du climat et son impact sur la migration d'espèces, en particulier le chêne rouge et le pin blanc ;
2. Documenter les stratégies d'aménagement et les stratégies sylvicoles existantes ainsi que produire un état des connaissances pour ces deux espèces ;
3. Effectuer quelques analyses de rendement (SaMARE-Artémis) et financières (MÉRIS) permettant de comparer plusieurs scénarios sylvicoles entre eux ;
4. Produire une typologie des cas rencontrés sur le territoire de l'Outaouais (familles de peuplements forestiers auxquelles s'appliqueront les stratégies développées) ;
5. *In fine*, produire une version améliorée de scénarios sylvicoles et de la stratégie d'aménagement pour la production de chêne rouge et de pin blanc en Outaouais, en lien avec la typologie développée.

1.2. Méthodologie générale

Les stratégies sylvicoles et d'aménagement proposées reposent dans un premier temps sur les éléments de stratégies en cours d'élaboration par le bureau régional du MFFP de la région de l'Outaouais. Il était en effet essentiel que le travail réalisé dans le cadre de ce projet soit cohérent avec l'approche que les gestionnaires de l'Outaouais ont décidé de suivre, puisque ce sont eux qui auront la charge d'appliquer les scénarios sylvicoles qui en découleront dans leur planification régionale. Le développement d'une typologie adaptée au contexte de la région de l'Outaouais et compatible avec les outils décisionnels du MFFP est également nécessaire.

Plusieurs sources de données/informations sont à l'origine des réflexions ayant permises de produire les stratégies sylvicoles et d'aménagement :

- Des études antérieures effectuées il y a une dizaine d'années par le CERFO pour le compte du MFFP qui avaient permis de produire des versions préliminaires de stratégies d'aménagement pour le chêne rouge et le pin blanc (Blouin *et al.* 2008 ; Grenon *et al.* 2011).
- La mise à jour des connaissances provenant à la fois de la littérature, mais aussi d'experts consultés qui permet de préciser les stratégies avec des données scientifiques récentes et issues de l'expérience de praticiens (cf. document : *État des connaissances*).
- Les résultats d'analyses de rendement et financières permettant de comparer plusieurs scénarios sylvicoles entre eux et d'évaluer leur rentabilité.

1. ÉTAT DES CONNAISSANCES

Un état des connaissances a été dressé, préalablement à l'élaboration des stratégies de production de peuplements constitués de chêne rouge ou de pin blanc. Celui-ci combine une revue de la littérature disponible et les avis de plusieurs experts ayant répondu au questionnaire détaillé envoyé avant l'atelier.

Il a permis :

1. dans un premier temps, de bâtir les questionnaires envoyés aux experts et le matériel utilisé pendant l'atelier ;
2. puis, de préciser les traitements et les modalités associés dans la stratégie sylvicole.

Cet état des connaissances est présenté dans un document indépendant (Ferrer *et al.* 2018) et traite des sujets suivants :

- Principaux effets des changements climatiques en Outaouais ;
- Recensement des moyens de lutte à la sécheresse (contrôle du couvert, choix d'espèces, modalités d'installations, soins éducatifs à la régénération, etc.) ;
- Enrichissement en chêne rouge et pin blanc et restauration de forêts préindustrielles ;
- Bilan sur le chêne rouge (autécologie, régénérations naturelle et artificielle, développement des gaules, itinéraires sylvicoles, facteurs de stress, etc.) ;
- Bilan sur le pin blanc (autécologie, régénérations naturelle et artificielle, développement des gaules, itinéraires sylvicoles, facteurs de stress, etc.) ;
- Les itinéraires sylvicoles pour la production de ces essences (régimes sylvicoles, traitements, régénération, éducation, éclaircie, gestion de couvert) ;
- Enjeux de l'enrichissement en chêne rouge et pin blanc.

Comme l'enjeu des changements climatiques est au cœur de ce projet ; quelques cartes sont présentées ci-dessous puisqu'elles illustrent la progression prédite de l'habitat du chêne rouge et du pin blanc d'ici 2050, en comparaison avec leur occupation actuelle. Ces cartes mettent très bien en évidence le potentiel d'occupation de nouveaux habitats plus au nord par ces 2 espèces dans le contexte des changements climatiques (figures 1 à 4). À noter que le territoire couvert par les 2 types de cartes diverge légèrement, car les cartes de présence actuelle couvrent uniquement la région de l'Outaouais alors que

les cartes de prédiction d'habitats sont à l'échelle des régions de l'Outaouais, de Lanaudière et des Laurentides. Actuellement, le pin blanc est situé plus au centre ouest tandis que le chêne rouge plus au sud.

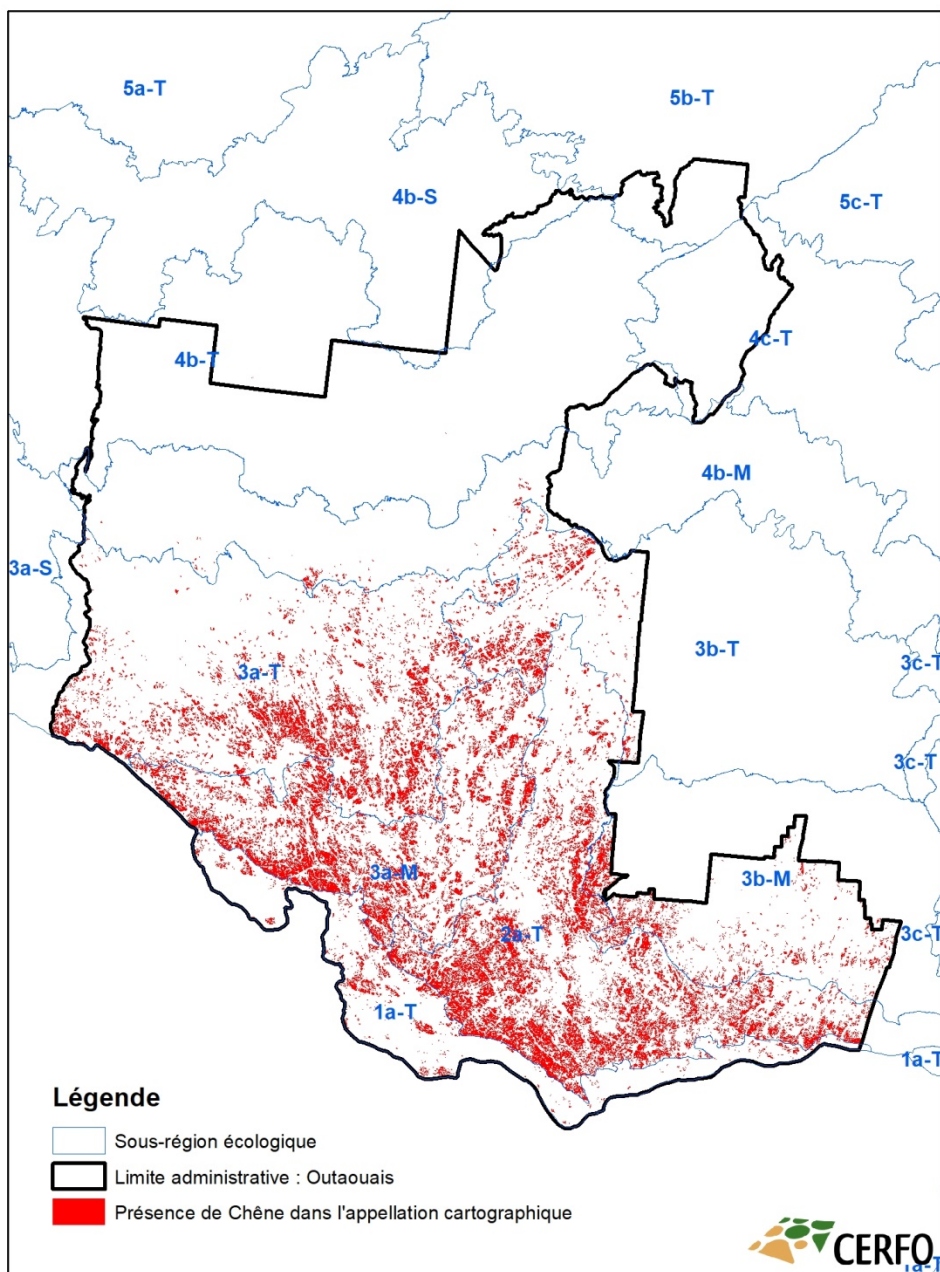
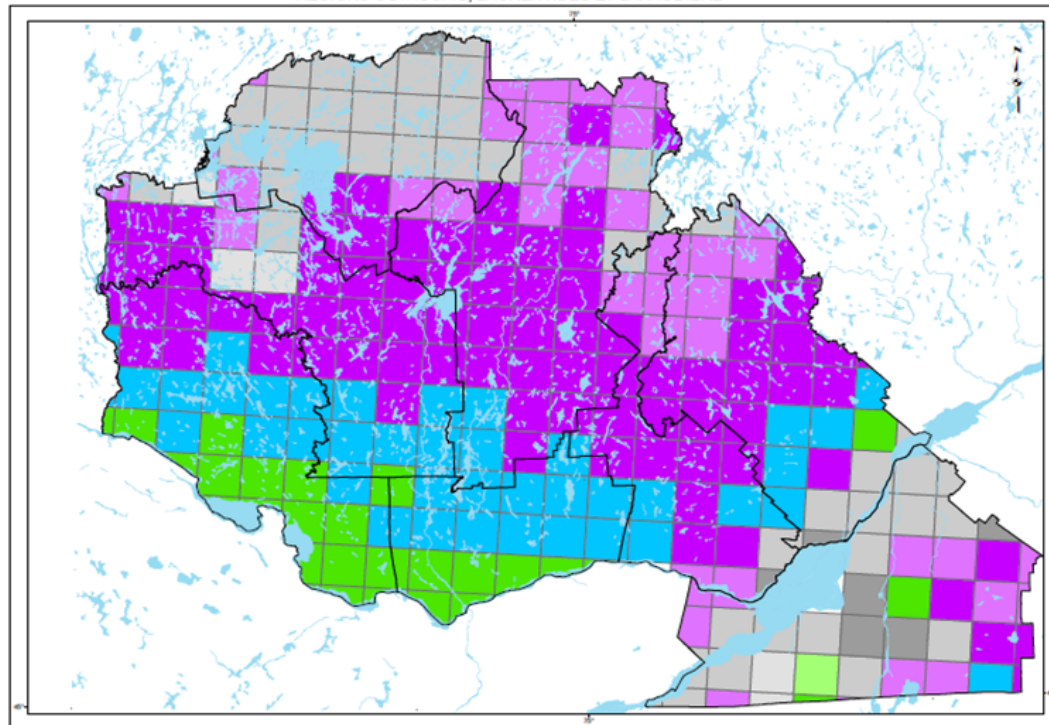


Figure 1. Localisation actuelle des peuplements avec chêne rouge en Outaouais selon le 5^e inventaire forestier décennal

Effets anticipés des changements climatiques sur l'habitats des arbres du Québec
RÉGIONS OUTAOUAIS, LAURENTIDES ET LANAUDIÈRE



Devenir modélisé de l'habitat et niveau de confiance

- Habitat aussi favorable (faible)
- Habitat aussi favorable (moyen)
- Habitat aussi favorable (élevé)
- Habitat moins favorable (faible)
- Habitat moins favorable (moyen)
- Habitat moins favorable (élevé)
- Habitat plus favorable (faible)
- Habitat plus favorable (moyen)
- Habitat plus favorable (élevé)
- Perte d'habitat (faible)
- Perte d'habitat (moyen)
- Perte d'habitat (élevé)
- Nouvel habitat (faible)
- Nouvel habitat (moyen)
- Nouvel habitat (élevé)
- Absence d'habitat (faible)
- Absence d'habitat (moyen)
- Absence d'habitat (élevé)

Projection cartographique

Mercator transverse modifié (MTM), zone de 3°
Système de coordonnées planes du Québec (SCOPEQ), fuseau 09
1 : 1 500 000

Sources Périé, C., S. de Blois, M.-C. Lambert, 2009 en cours.
Atlas interactif : Changements climatiques et habitats des arbres
[base de données].

<http://mfpp.gouv.qc.ca/changements-climatiques/outil/carte.html>
Gouvernement du Québec, Ministère des Forêts, de la Faune et des
Parcs, Direction de la recherche forestière, Québec (Canada).

Réalisation: 2016-06-07

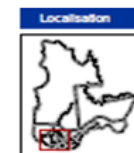
Production: Gouvernement du Québec

Direction de la gestion des forêts de l'Outaouais.

Note: Le présent document n'a aucune portée légale

© Gouvernement du Québec

2^e trimestre 2016



Forêts, Faune
et Parcs
Québec

Figure 2. Devenir modélisé de l'habitat du chêne rouge en 2050

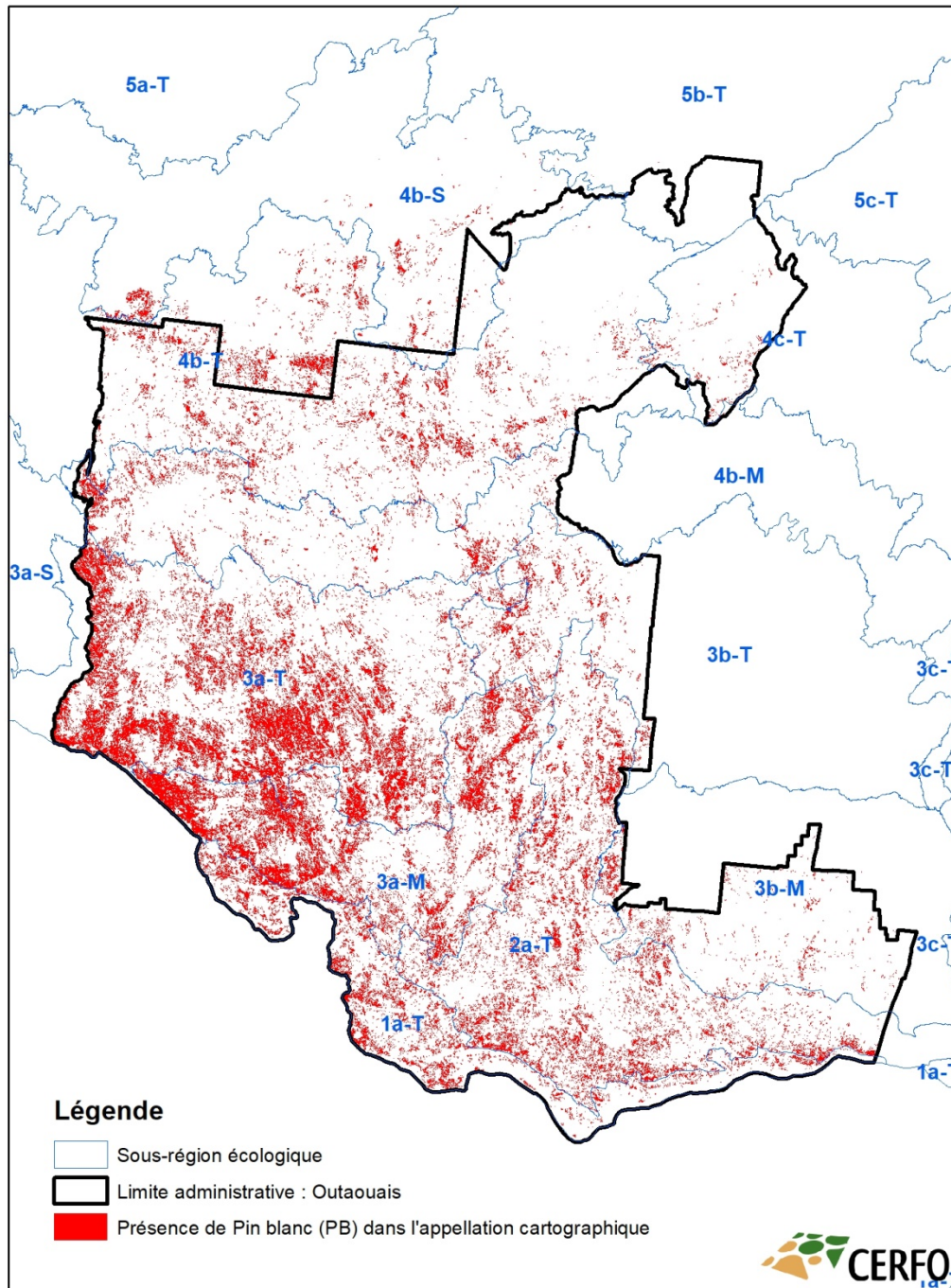
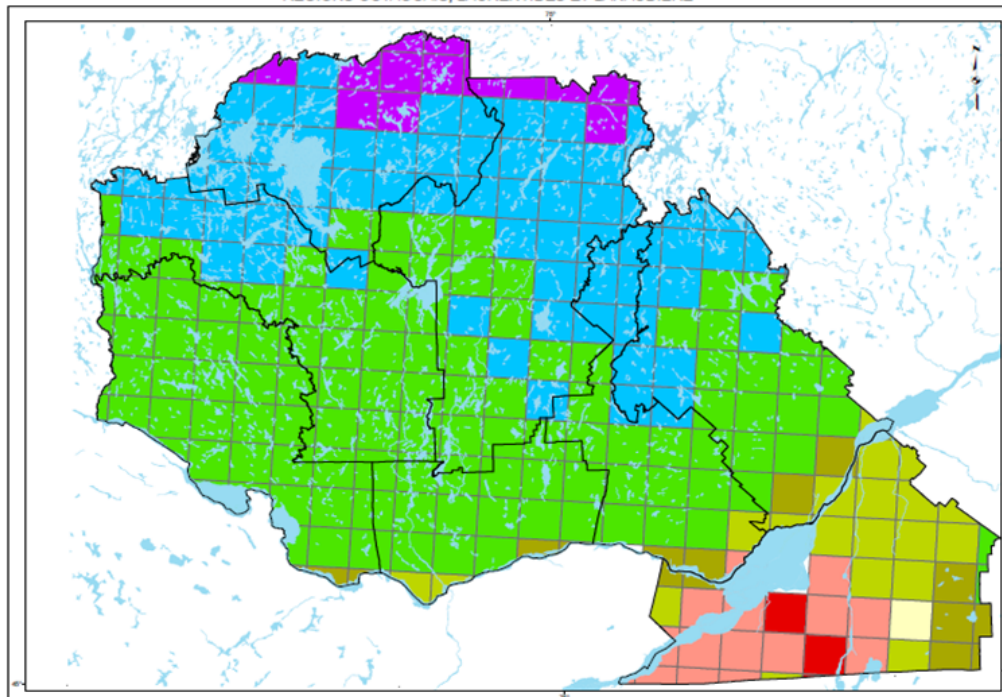


Figure 3. Localisation actuelle des peuplements avec présence de pin blanc en Outaouais selon le 5^e inventaire forestier décennal

Effets anticipés des changements climatiques sur l'habitats des arbres du Québec
RÉGIONS OUTAOUAIS, LAURENTIDES ET LANAUDIÈRE



Devenir modélisé de l'habitat et niveau de confiance

- Habitat aussi favorable (faible)
- Habitat aussi favorable (moyen)
- Habitat aussi favorable (élevé)
- Habitat moins favorable (faible)
- Habitat moins favorable (moyen)
- Habitat moins favorable (élevé)
- Habitat plus favorable (faible)
- Habitat plus favorable (moyen)
- Habitat plus favorable (élevé)
- Perte d'habitat (faible)
- Perte d'habitat (moyen)
- Perte d'habitat (élevé)
- Nouvel habitat (faible)
- Nouvel habitat (moyen)
- Nouvel habitat (élevé)
- Absence d'habitat (faible)
- Absence d'habitat (moyen)
- Absence d'habitat (élevé)

Projection cartographique

Mercator transverse modifié (MTM), zone de 3°

Système de coordonnées planes du Québec (SCOPQ), fuseau 09



Sources [Pétié, C., S. de Blois, M.-C. Lambert, 2009 en cours.](#)

Atlas interactif : Changements climatiques et habitats des arbres [base de données].

<http://mfp.gouv.qc.ca/changements-climatiques/outil/carte.html>

Gouvernement du Québec, Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction de la recherche forestière, Québec (Canada).

Réalisation: 2016-06-07

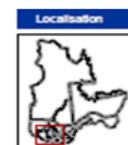
Production: Gouvernement du Québec

Direction de la gestion des forêts de l'Outaouais.

Note: Le présent document n'a aucune portée légale

© Gouvernement du Québec

2^e trimestre 2016



Forêts, Faune et Parcs
Québec

Figure 4. Devenir modélisé de l'habitat du pin blanc en 2050

2. ATELIER D'EXPERTS

Un atelier d'experts a été organisé le mercredi 14 mars 2018 à Saint-Jérôme, en vue de recueillir les avis et opinions de personnes ayant une expérience dans la sylviculture du chêne rouge et/ou du pin blanc.

2.1. PRÉPARATION DE L'ATELIER

Ont été invités à l'atelier :

- Des chercheurs,
- Des ressources du MFFP,
- Des industriels,
- Des intervenants en forêts privées;
- Des consultants.

La liste des personnes présentes à l'atelier figure au tableau 1. La liste des personnes invitées à l'atelier est présentée à l'annexe 1 (Lessard *et al.* 2018).

Tableau 1. Liste des personnes présentes à l'atelier

Organisation	Nom	Table
MFFP – bureaux régionaux	Sébastien Meunier	A
	Marcelle Falardeau	C
MFFP – direction de la Recherche forestière	Steve Bédard (am seulement)	B
	Patricia Raymond (pm seulement)	B
	Christian Godbout (pm seulement)	B
Commonwealth Plywood	Christian Picard	A
	André Fortin	C
	Sébastien Rivard	B
Lauzon	Charles St-Julien	B
Institut des Sciences de la Forêt tempérée (ISFOR)	Frédéric Doyon (pm seulement)	C
	Rebecca Cordero	A
	Rita ? (pm seulement)	B
Centre canadien de la Fibre du Bois	Jean-Martin Lussier	B
Syndicat des Producteurs de Bois de la Mauricie	Patrick Lupien	A
Grand propriétaire privé	Géry Van der Kelen	C

Des documents préparatoires à l'atelier ont été envoyés aux personnes invitées. Ceux-ci comprenaient :

- Une brève revue de littérature concernant les 2 espèces du projet ;
- Une liste de questions permettant d'alimenter les discussions sur les stratégies ;
- Une analyse de la valeur de récoltes de trois scénarios simulés dans MÉRIS à l'aide d'Artémis et de SaMARE ;
- Une proposition de stratégie préliminaire augmentée de documents connexes expliquant certains éléments méthodologiques ;
- Trois fiches synthèses des résultats du suivi récent de dispositifs expérimentaux du CERFO, impliquant le chêne rouge ou le pin blanc (dispositifs du Brazeau, de Denholm et du Lascar) ;
- Quelques références bibliographiques pertinentes.

2.2. DEROULEMENT DE L'ATELIER

L'atelier a été divisé en deux parties : la matinée était consacrée au chêne rouge tandis que l'après-midi le fut au pin blanc.

Plusieurs activités variées et dynamiques ont été proposées aux participants. Pour chaque espèce, l'atelier était divisé ainsi :

- Courte présentation sur l'autécologie de l'espèce et les grandes lignes de la stratégie préliminaire proposée ;
- Activité de télévote sur des questions courtes avec choix des réponses prédéfinies ;
- Activité de réflexion, mise en commun d'informations avec priorisation sur des thèmes ciblés (3 grands thèmes par espèce). Pour chaque thème, une période de « *brainstorming* » débutait cette réflexion, suivie d'une période de synthèse et ensuite un exercice de priorisation des éléments de synthèse formulés finalisait le thème. Pour cette activité, les personnes travaillaient en table de 4 à 5 personnes.

L'horaire précis de la journée est présenté dans l'annexe 2 (Lessard *et al.* 2018).

2.3. PRINCIPAUX RESULTATS DE L'ATELIER POUR LE CHENE ROUGE

Les résultats qui sont ressortis de l'atelier sont de deux ordres. Une séance de télévotage a débuté chaque bloc de travail et a été suivie par une session de travail en groupe sur une ou plusieurs questions synthèses posées.

Le télévotage a consisté à poser une succession de questions avec des réponses prédéfinies. Chaque participant dispose d'une petite manette qui lui permet de choisir de manière anonyme la réponse de son choix. Le résultat du vote de tous les participants est visible en direct.

Les résultats de chaque question soumise au télévotage sont présentés dans l'annexe 3 (Lessard *et al.* 2018). Seule la synthèse par bloc est reprise dans les sections qui suivent.

2.3.1. Bloc 1 : les peuplements matures dégradés de densité de couvert inférieure à 60 %, à régénérer artificiellement en chêne rouge

2.3.1.1. Bilan des questions soumises au télévotage

- **Les avis sont très partagés concernant les besoins de scarifiage** et le 1/3 des participants ne sont pas capables d'émettre une opinion (figure 1 de l'annexe 3 dans Lessard *et al.*, 2018).
- Deux méthodes ressortent pour le débroussaillage de toute la superficie juste avant la plantation : le 1/3 des participants recommandent l'utilisation d'une **débroussailleuse** et 1/5 d'un **scarificateur** (figure 2 de l'annexe 3 dans Lessard *et al.*, 2018).
- Près de la moitié des participants recommandent de n'imposer **aucun sentier pour que la machinerie circule partout et détruise le plus possible** les gaules, perches et petits bois non désirés ; un 1/5 recommandent de les laisser sur pied et de ne les détruire que dans les sentiers et un 1/5 proposent une autre méthode (figure 3 de l'annexe 3 dans Lessard *et al.*, 2018).
- Le 1/3 des participants recommandent une **densité d'ensemencement de 2 500 glands/ha** et un autre 1/3 **ne sont incapables d'émettre une opinion** (figure 4 de l'annexe 3 dans Lessard *et al.*, 2018).

- Près de la moitié des participants recommandent une **densité de plantation de 1 100 à 1 600 plants/ha** et un 1/5 recommandent plutôt 2 500 plants (figure 5 de l'annexe 3 dans Lessard *et al.*, 2018).
- La moitié des participants recommandent d'utiliser comme méthode de dégagement la **méthode d'un nombre fixe**. Un 1/5 recommandent la méthode systématique Domtar et 1/5 recommandent une autre méthode (figure 6 de l'annexe 3 dans Lessard *et al.*, 2018)
- **Les avis sont partagés** en ce qui concerne le **nombre de tiges à dégager** : le 1/3 des participants recommandent de dégager 800 tiges/ha, 1/4 des participants recommandent 400 et 1/5 recommandent 500 (soit 45 % de 400-500 tiges/ha (figure 7 de l'annexe 3 dans Lessard *et al.*, 2018).
- Deux définitions ressortent en ce qui concerne une **tige dégagée** : près de la moitié des participants considèrent qu'une tige dégagée est **une tige avec aucune branche sur une distance d'un mètre (1 m) à l'extérieur de la cime** et une l'autre moitié considèrent qu'il s'agit d'une tige n'ayant **aucune autre tige au-dessus** d'elle (figure 8 de l'annexe 3 dans Lessard *et al.*, 2018)
- 4/5 des participants recommandent d'effectuer un **nettoisement entre 4 et 7 ans** et un 1/3 d'exécuter également un **dégagement entre 18 et 22 ans** (figure 9 de l'annexe 3 dans Lessard *et al.*, 2018).

2.3.1.2. Question synthèse

Lorsqu'on retrouve des peuplements dégradés avec des densités du couvert inférieures à 60 % et aucune régénération au sol en essences désirées, le sylviculteur a souvent le choix entre une coupe à blanc par bande, une coupe totale avec rétention de bouquets ou de semenciers ou ne pas intervenir.

1. Devons-nous **préparer le terrain** ? Et, si oui, comment le faire (à l'automne, autoriser le passage du débardeur partout, scarifiage, débroussaillage, brûlage dirigé, etc.) ?
 - *Le débroussaillage du sous-bois est apparu comme une solution très prioritaire par le groupe afin de laisser pénétrer la lumière au sol (50 %) (14 gommettes bleues). Il faut créer au moins 50 % de luminosité qui pénètre le peuplement jusqu'au sol.*
 - *Un cloisonnement **d'exploitation** des secteurs reboisés devrait être considéré afin de prévoir les sentiers de sortie des bois finaux. Donc*

sur le 6 m des sentiers, qui correspondrait à la largeur du cloisonnement, aucun reboisement n'est effectué.

2. Comment introduire la **régénération artificielle** (glands à l'automne ou glands germés au printemps, plantation et type de plants, place de l'ensemencement vs plantation, densité, provenances) ?

- *Le reboisement apparaît comme une solution prioritaire pour le groupe (11 gommettes bleues). Les PFD devraient être ciblés pour les secteurs riches et de plants de plus faibles dimensions pour les sites plus pauvres.*

3. Doit-on apporter des **soins au jeune peuplement** ? Si oui, selon quelle séquence (nettoisement, dégagement, etc.) ?

- *Le nettoisement est essentiel. Le nettoisement suivi d'un dégagement avec cloisonnement cultural pourrait être une alternative.*
- *Il faut conserver 50 % de luminosité au sol créé lors de la préparation de terrain.*
- *Les plants sont « acquis » lorsqu'ils ont atteint une hauteur de 1,5 m (4-7 ans).*
- *À 10-15 ans, un dégagement doit être envisagé sur 400-500 tiges/ha.*
- *C'est aussi l'occasion de corriger les fourches (tailles de formation).*
- *À 20-25 ans, faire un dégagement de puits de lumière.*
- *Le plan spécial du hêtre peut être une opportunité en créant des ouvertures, mais peut provoquer l'augmentation du drageonnement du hêtre.*

4. Qu'en est-il des **tailles de formation et de l'élagage** ?

- *La taille de formation est recommandée si l'arbre en a besoin (1- défourchage, 2-enlever les branches qui présentent un angle trop aigu; 3- élaguer (maximum de 40 % des branches vertes). Il faut s'intéresser à éventuellement couper les branches basses qui peuvent être arrachées au printemps par la neige mouillée et les verglas.*

5. Quelle place donner au **recépage**²?

² Action de couper un arbre au ras-du-sol afin d'obtenir une nouvelle pousse droite et vigoureuse.

- *Le recépage apparaît être une méthode intéressante en présence de tiges broutées ou de tiges blessées (5 gommettes bleues).*
- *Pour l'exécuter, il est recommandé de faire la coupe le plus bas possible au sécateur ou à la scie à élaguer, avec un léger angle pour que l'eau de pluie s'écoule.*
- *Une question est posée : est-ce que la menace que constitue la prolifération du hêtre sous couvert pourrait être contrôlée par le recépage du chêne pour lui donner un avantage hiérarchique?*

6. Gestion du couvert (ajout)

- *Le pourcentage de lumière (aire de cime) doit dicter la gestion du couvert résiduel (plus que la densité de couvert ou la surface terrière). Ndlr : ceci est particulièrement vrai avec les grandes variations de densité qu'on pouvait retrouver avec les anciennes cartographies.*
- *Dans un premier temps, il faut maintenir les dominants et récolter le reste ainsi que le sous-étage, de manière à viser un pourcentage de lumière de 50%.*
- *On prévoit ensuite une coupe de libération (totale ou partielle). Ndlr : certains legs devraient être conservés. Un prélèvement maximum devrait être considéré pour limiter les bris à la régénération installée.*

2.3.2. Bloc 2 : Les jeunes peuplements de densité de couvert supérieure à 60%

2.3.2.1. Bilan des questions soumises au télévotage

- En présence de jeunes peuplements denses, les 3/4 des participants recommandent de réaliser une **éclaircie commerciale pour optimiser la valeur et les produits** et 1/5 ne savent pas quelle opération choisir (figure 10 de l'annexe 3 dans Lessard et al. (2018)).
- Deux méthodes d'éclaircies ressortent : près de la moitié des participants recommandent de réaliser le **détourage d'un nombre fixe de tiges espacées** et 1/3 de **maintenir un nombre fixe de tiges par hectare et d'enlever toutes les autres** (figure 11 de l'annexe 3 dans Lessard et al., 2018).
- **Les avis sont très partagés** concernant **l'outil à privilégier** pour la gestion de l'éclaircie commerciale : 1/4 recommandent les nomogrammes de densité,

¼ ne savent pas, 1/5 recommandent l'utilisation d'une fourchette générale de prélèvement en surface terrière et 1/5 la récolte d'une tige sur 3 (figure 12 de l'annexe 3 dans Lessard *et al.*, 2018).

- Les 2/3 des participants recommandent **de réserver le régime d'éclaircies commerciales uniquement aux stations dont le potentiel est le meilleur** pour le chêne et 1/3 pensent le contraire (figure 13 de l'annexe 3 dans Lessard *et al.*, 2018).
- **Les avis sont très partagés** en ce qui concerne le fait de favoriser la présence d'espèces de lumière pour compléter le peuplement afin de rentabiliser l'opération d'éclaircie (50-50) (figure 14 de l'annexe 3 dans Lessard *et al.*, 2018).

2.3.2.2. Question synthèse

Dans l'Outaouais, on retrouve de nombreux hectares de ces jeunes peuplements de feuillus tolérants (ex : JIN, JIR, moins de 70 ans), soit aux stades : perchis, petit bois ou moyen bois. Ces peuplements sont difficiles à traiter pour plusieurs raisons : les diamètres moyens par tige sont faibles, le martelage est coûteux en raison du nombre élevé de tiges à marquer, le volume de sciage est réduit, les volumes totaux prélevés sont faibles et la pâte de chêne rouge est peu convoitée. D'un autre côté, ce type de peuplement est probablement le meilleur retour sur l'investissement pour l'État. Certains avancent qu'un minimum de 10 m³/ha en sciage accompagné d'un débouché pour la pâte permettraient de récolter ces peuplements.

1. Pouvez-vous décrire les **conditions d'admissibilité** du traitement ?

- *La rentabilité des opérations en garantissant un minimum de 8-10 m³/ha de sciage à récolter est l'élément le plus prioritaire (6 gommettes bleues) ;*
- *L'accessibilité au chantier (4 gommettes prioritaires) ;*
- *L'objectif de 200-300 tiges/ha (200-300 sur les cartons ; 400-500 sur la feuille de note !) de chêne rouge à 50 ans (ST de 20-25 m²/ha) ;*
- *Intervention rapide.*

2. La manière de déterminer l'**intensité du prélèvement et les choix de tiges** à effectuer,

- Couper le compétiteur le plus nuisible est l'élément le plus prioritaire (10 gommettes bleues) ;
- Le détournage des arbres élites et le martelage positif sont prioritaires (8 gommettes bleues) ;
- Le choix de tiges avec espacement systématique (petit bois) et le détournage des arbres de diamètre moyen (24-30 cm) sont aussi proposés (4 gommettes bleues) ;
- La présence de défauts.

3. Fait-on uniquement l'intervention sur **les sites à potentiel élevé à très élevé** en chêne rouge pour optimiser la réponse à l'intervention ?

- *Prioriser les sites à potentiel élevé et très élevé* (7 gommettes bleues) ;
- *Ne pas réaliser cette intervention partout en forêt privée* (4 gommettes rouges pour la proposition qu'en forêt privée, tous les sites peuvent être traités) ;
- *Proposition d'un IQS de 20 m à 50 ans pour déterminer si le site est à retenir. Utilisation de nomogramme de densité.*

4. **Autres** (ajout)

- *Considérer que le chêne est une essence à zone poreuse et qu'une croissance plus rapide pourrait avoir des effets positifs sur la qualité du bois (en diminuant la proportion de la zone poreuse dans le cerne annuel, dont de bois moins dense) (source : Alexis Achim, professeur à la FFGG de l'Université Laval).*
- *À 50 ans, le chêne peut atteindre 40 cm et plus de diamètre.*

2.3.3. Bloc 3 : Les peuplements matures de densité de couvert supérieure à 60 %

2.3.3.1. Bilan des questions soumises au télévote

- Lorsque la vigueur du peuplement sur pied est faible, le patron de coupe par bande est recommandé dans un **procédé de coupe à blanc par bandes alternes** par près de la moitié des participants. Le 1/4 des participants ne

savent pas et 1/5 le recommandent plutôt le procédé de coupes progressives par bandes (figure 15 de l'annexe 3 dans Lessard *et al.*, 2018).

- **Une largeur de bande correspondant à deux fois la hauteur du couvert adjacent** (2H) ressort : le 1/3 des participants recommandent 2H et 1/5 recommandent 1,5H. 1/4 estiment, par contre, qu'ils n'ont pas les connaissances pour se prononcer (figure 16 de l'annexe 3 dans Lessard *et al.*, 2018).
- Les 3/4 des participants recommandent d'avoir des **sentiers espacés** pour minimiser les dégâts sur la régénération préétablie. La moitié recommandent d'ajouter **l'abattage directionnel** et 1/4 recommandent en plus de ne pas dépasser un prélèvement maximal (figure 17 de l'annexe 3 dans Lessard *et al.*, 2018).
- Les 3/4 des participants recommandent de réaliser la **coupe finale** d'une coupe progressive lorsque **la régénération a atteint 1 m** (entre 4 et 7 ans) (figure 18 de l'annexe 3 dans Lessard *et al.*, 2018).
- La moitié des participants recommandent l'application de la CPI ou CPRL lorsque **le couvert du peuplement est supérieur à 60 % et est dominé par d'autres espèces longévives**. 1/3 ajouteraient la possibilité de réaliser ces coupes aussi lorsque le couvert du peuplement est inférieur à 60 % et des sous-étages fréquents entraînent une structure irrégulière. Ce pourrait être une option intéressante, particulièrement quand le sous-étage est dominé par des espèces désirées. Un tiers estiment ne pas avoir les connaissances pour répondre (figure 19 de l'annexe 3 dans Lessard *et al.*, 2018).
- Les 2/3 des participants recommandent de **décaler le débroussaillage pour tenir compte des années semencières**. 1/5 recommandent de décaler aussi la coupe. 1/5 estiment ne pas avoir les connaissances pour décider (figure 20 de l'annexe 3 dans Lessard *et al.*, 2018).
- Près de la moitié des participants recommandent de faire de **l'enrichissement dans des trouées** créées artificiellement, 1/4 recommandent de le faire en plein sans préparation de terrain et 1/5 dans les sentiers seulement (figure 21 de l'annexe 3 dans Lessard *et al.*, 2018).Ndlr : les trouées seraient des solutions intéressantes pour le chêne rouge, mais la mise en œuvre opérationnelle n'est pas concluante actuellement.
- Un peu plus de la moitié des participants recommandent de **placer les trouées de manière systématique, mais en décalant les centres**, le 1/4 des participants recommandent de les placer aléatoirement et 1/5 de manière

systématique pour atteindre un % de superficie cible à convertir (figure 22 de l'annexe 3 dans Lessard *et al.*, 2018).

2.3.3.2. Question pour chaque table

On retrouve dans la région beaucoup de superficies avec un couvert de 60 % et plus (composé d'au moins 1 % de chêne rouge) pouvant servir de protection afin de permettre sous-couvert une production de chêne rouge ou à tout le moins une composante de chêne rouge. Le procédé de régénération par coupe progressive, complété par un enrichissement, est souvent proposé lorsque l'objectif de production est un peuplement futur dominé par le chêne rouge.

1. Comment effectuer la **préparation de terrain** si elle est nécessaire ?
 - *Le scarifiage n'est pas nécessaire (7 gommettes bleues)*
 - *Laisser 14-16 m²/ha de résiduel à la première coupe*
2. Le **débroussaillage** est-il nécessaire ?
 - *Un débroussaillage mécanisé pourrait être envisagé (abatteuse, skidder, bull edger)*
 - *Même gestion de la lumière que le bloc 1 (débroussaillage nécessaire pour permettre 50 % de lumière au sol) (4 gommettes bleues)*
3. Quelle séquence de **soins au jeune peuplement** prévoir (nettoiement/dégagement) : à quels âges les réaliser ?
 - *Dégagement vers 5-7 ans (5 gommettes bleues) ;*
 - *Élagage des branches basses rapidement pour éviter les bris dus au couvert nival et à la glace.*
4. À quel moment réalise-t-on la **coupe finale** et comment **protège-t-on la régénération** ?
 - *Laisser les « monstres » sur pied (8 gommettes bleues) ;*
 - *Lorsque la régénération a atteint 1-1,5 m (elle ne doit pas être trop haute pour éviter les bris) (6 gommettes bleues) :*
 - *Abattage directionnel ;*
 - *Cloisonnement d'exploitation (espacement régulier des sentiers, ils peuvent être rubanés).*

- *Ndlr : certains legs devraient être conservés. Un prélèvement maximum devrait être considéré pour limiter les bris à la régénération installée.*
5. Dans le cas des **trouées**, comment devons-nous procéder pour les localiser, les récolter, les régénérer et s'assurer que la régénération soit par la suite libre de croître ?
- *Éviter de faire des trouées* à cause du coût plus élevé et de la difficulté à les gérer (11 gommettes rouges)
6. L'utilisation de **coupes par bandes** serait-elle plus facile opérationnellement ?
- *Des bandes de 1,5H sont plus opérationnelles* que les trouées (8 gommettes bleues) ;
 - *Choisir la CPE ou la CB en fonction de la machinerie disponible*
 - *L'orientation des bandes est importante (est-ouest) pour favoriser l'ensoleillement ;*
 - *Possibilité de faire des grandes trouées (3H), parquets ou petites coupes totales.*
7. Y a-t-il des menaces particulières liées à des insectes ou des maladies ?
- *Flétrissure du chêne qui vient des E.-U.*

2.4. RESULTATS DE L'ATELIER SUR LE PIN BLANC

2.4.1. Bloc 4 : les peuplements à régénérer artificiellement en pin blanc

2.4.1.1. Bilan des questions soumises au télévotage

- Les 2/3 des participants jugent que **le scarifiage est nécessaire** pour régénérer le pin blanc et 1/5 ne savent pas (figure 23 de l'annexe 3 dans Lessard *et al.*, 2018).
- **Les avis sont partagés concernant le choix de la machinerie pour réaliser le débroussaillage** de la superficie avant la plantation. Près du 1/3 des participants ne savent pas, près d'un 1/3 recommandent l'utilisation de la machinerie de récolte et 4 autres solutions sont aussi proposées par un petit nombre de participants (figure 24 de l'annexe 3 dans Lessard *et al.*, 2018).

- Les 2/3 des participants recommandent **de détruire les grosses gaules, perches et petit bois en n'imposant aucun sentier** et en laissant la machinerie circuler sur la plus grande superficie possible. 1/3 recommandent de ne les détruire que dans les sentiers (figure 25 de l'annexe 3 dans Lessard *et al.*, 2018).
- **Les avis sont partagés concernant la densité de plants à mettre en terre.** Près du 1/3 des participants recommandent 1100 plants/ha et un autre 1/3 ne peuvent répondre à la question. Les autres réponses oscillent entre 1600 et 2500 (figure 26 de l'annexe 3 dans Lessard *et al.*, 2018).
- Les 2/3 des participants considèrent **qu'un nettoyage hâtif est nécessaire** (figure 27 de l'annexe 3 dans Lessard *et al.*, 2018).
- **Les avis sont très partagés concernant la méthode à utiliser pour réaliser le dégagement hâtif (manuel versus mécanisé).** 1/5 des participants ne connaissent pas la réponse (figure 28 de l'annexe 3 dans Lessard *et al.* (2018)).
- La méthode de dégagement fait consensus : **70% des participants recommandent le dégagement d'un nombre fixe de tiges** (figure 29 de l'annexe 3 dans Lessard *et al.* (2018)).
- **Les avis sont partagés concernant le nombre de tiges à dégager :** 1/3 recommandent 400 tiges/ha et 1/5 recommandent 500 tiges/ha et 1/3 ne savent pas (figure 30 de l'annexe 3 dans Lessard *et al.* (2018)).
- **Les avis sont partagés concernant la définition d'une tige dégagée.** 2/5 considèrent qu'une dégagée n'a aucune tige au-dessus d'elle, 1/5 considèrent qu'il n'y a aucune branche sur 1 m à l'extérieur de la cime et 1/5 qu'il faut avoir 2 faces sans branche en contact avec la cime (figure 31 de l'annexe 3 dans Lessard *et al.*, 2018).
- **La moitié des participants estiment que la méthode de dégagement par le « Bend and break » fonctionne.** L'autre moitié estime ne pas avoir les connaissances pour répondre à la question (figure 32 de l'annexe 3 dans Lessard *et al.*, 2018).
- **Les avis sont partagés sur la séquence des soins au jeune peuplement,** car 5 séquences possibles ressortent dans le sondage. La séquence d'un nettoyage entre 4 et 7 ans puis un dégagement entre 18 et 22 ans recueille le plus de votes avec 1/3 des participants. 1/5 des participants recommandent une autre séquence (figure 33 de l'annexe 3 dans Lessard *et al.*, 2018).

2.4.1.2. Question synthèse

Lorsqu'on retrouve des peuplements dégradés avec des densités inférieures à 60 % et aucune régénération au sol, le sylviculteur a souvent le choix entre une coupe à blanc par bandes, une coupe totale avec rétention de bouquets ou de semenciers ou ne pas intervenir.

1. Devons-nous **préparer le terrain** et si oui comment le faire ?
 - *La préparation de terrain est importante pour contrôler le sapin baumier et l'érable rouge.*
 - *La préparation de terrain dépend du type de sol (statut nutritionnel du sol), de la qualité de déchets et de la présence des peupliers.*
 - *La préparation au TTS s'est avérée la meilleure option (étude de Marcel Prévost et Vincent Roy).*
 - *Le brûlage dirigé est présenté comme la méthode à utiliser (8 gommettes bleues).*

2. Comment introduire la **régénération artificielle** (plantation et type de plants, densité, provenances) ?
 - *Des PFD sont recommandés.*
 - *Les questions de présence de fertilisants utilisés en pépinière (azote) et de diversité génétique sont posées par les participants (6 gommettes bleues). Les plants fertilisés attireraient le broutage.*
 - *Il serait intéressant d'avoir des semences qui proviennent de zones plus au sud (4 gommettes bleues) ;*
 - *Une densité de 1 100 tiges/ha serait recommandée si le charançon est peu problématique et une densité de 2 000 tiges/ha si le charançon est présent (3 gommettes bleues) ;*
 - *Diminution des risques si la régénération est sous-couvert.*

3. Doit-on apporter des **soins au jeune peuplement** ? Si oui, selon quelle séquence (nettoisement, dépressage, dégagement, etc.) ?
 - *Le maintien d'un couvert forestier est prioritaire (11 gommettes bleues).*

- *Approche CPE avec une régénération naturelle dense en PIB (brosse). Laisser pousser la régénération sous-couvert. Retirer le couvert quand la régénération atteint 5-6 m de hauteur.*
- *Le dégagement doit être réalisé au besoin.*
- *Il est important de prévoir un élagage phytosanitaire (et couper les branches basses pour limiter les bris dus entre autres aux fluctuations du couvert nival) (6 gommettes bleues).*

2.4.2. Bloc 5 : les peuplements matures avec une densité de couvert supérieure à 60 %

2.4.2.1. Bilan des questions soumises au télévote

- **Les avis sont partagés sur le procédé de coupe qui serait recommandé pour appliquer le patron par bandes.** Un peu plus du 1/3 des participants recommandent de l'appliquer aux coupes progressives, 1/5 aux coupes à blanc par bandes progressives et près d'1/3 ne savent pas (figure 34 de l'annexe 3 dans Lessard *et al.*, 2018).
- **Les avis sont partagés concernant la largeur des bandes à appliquer :** 1/5 recommandent 1H, 1/5 recommandent 1,5H et près d'1/3 estiment ne pas avoir les connaissances pour se prononcer (figure 35 de l'annexe 3 dans Lessard *et al.*, 2018).
- **Près de la moitié des participants recommandent d'orienter les bandes est-ouest** pour limiter la présence de la rouille vésiculeuse (figure 36 de l'annexe 3 dans Lessard *et al.*, 2018).
- **Un peu moins des 2/3 des participants recommandent de faire des sentiers espacés pour minimiser les dégâts sur la régénération préétablie. La moitié recommandent d'ajouter un abattage directionnel** et 1/5 recommandent d'ajouter en troisième option un prélèvement maximum. 1/5 estiment ne pas avoir les connaissances nécessaires pour répondre (figure 37 de l'annexe 3 dans Lessard *et al.*, 2018).
- **Les 4/5 des participants recommandent de privilégier le maintien d'un couvert protecteur bien réparti lors d'une coupe d'ensemencement** (figure 38 de l'annexe 3 dans Lessard *et al.*, 2018).
- **Les avis sont partagés concernant le moment où l'on doit réaliser la coupe finale d'une coupe progressive :** près d'1/3 proposent entre 15 et 20

ans, 1/5 quand la régénération a atteint 1 m et près d'1/3 selon une autre méthode (figure 39 de l'annexe 3 dans Lessard et al., 2018).

- **Une petite moitié des participants recommandent de réaliser une CPI (variante CPRL) dans les 2 conditions suivantes : couvert > 60 % et dominé par des essences longévives et couvert < 60 % et présence de sous-étages entraînant une structure irrégulière.** 1/3 des participants estiment ne pas avoir les connaissances suffisantes pour voter (figure 40 de l'annexe 3 dans Lessard *et al.*, 2018).
- **Près des 3/4 des participants recommandent de décaler le débroussaillage et le scarifiage pour tenir compte des années semencières.** Une petite moitié recommandent de décaler aussi la coupe (figure 41 de l'annexe 3 dans Lessard et al., 2018).
- **Les avis sont partagés concernant le moyen d'introduire le PIB sous forme de présence, dans un peuplement où il est peu abondant.** Un peu moins d'1/3 des participants recommandent de faire un enrichissement en plein sans préparation de terrain et un peu plus de 1/3 recommandent une autre méthode non exposée (figure 42 de l'annexe 3 dans Lessard *et al.*, 2018).
- **Les avis sont partagés concernant le patron de trouées à privilégier.** Un peu plus de 1/3 des participants recommandent de les placer de manière systématique, mais de décaler les centres en fonction de la structure du peuplement ; un peu plus de 1/3 ne savent pas et 1/5 recommandent de les placer de manière aléatoire, selon les ouvertures naturelles (figure 43 de l'annexe 3 dans Lessard *et al.*, 2018).
- **La moitié des participants recommandent de baisser la maturité du PIB en dessous de 150 ans à cause des problèmes d'approvisionnement ;** 1/5 considèrent que 150 ans sont un minimum et 1/5 ne savent pas (figure 44 de l'annexe 3 dans Lessard et al., 2018).
- **Les 2/3 des participants recommandent d'effectuer au stade perchis une éclaircie commerciale dans le but d'optimiser la valeur et les produits** (figure 45 de l'annexe 3 dans Lessard et al., 2018).
- **Une petite moitié des participants recommandent de choisir comme type d'éclaircie le maintien d'un nombre fixe de tiges équidistantes par hectare** et 1/5 recommandent une autre méthode que celles qui sont exposées (figure 46 de l'annexe 3 dans Lessard et al. (2018)).

- **Les avis sont partagés concernant le choix de l'outil de gestion des EC :** 1/3 recommandent les nomogrammes de densité ; 1/3 ne savent pas ; 1/5 une fourchette générale de prélèvement en surface terrière (figure 47 de l'annexe 3 dans Lessard et al. (2018)).
- **Près des 2/3 des participants recommandent de réserver le régime des EC uniquement aux stations où le potentiel du PIB est parmi les meilleurs.** Près de 1/3 recommandent de ne pas le limiter aux meilleures stations (figure 48 de l'annexe 3 dans Lessard et al., 2018).

2.4.2.2. Question synthèses

On retrouve dans la région beaucoup de superficies avec un couvert de 60 % et plus, pouvant servir de protection afin de permettre sous couvert une production de pin blanc ou à tout le moins une composante de pin blanc. **Le procédé de régénération par coupe progressive, complété par un enrichissement**, est souvent proposé lorsque l'objectif de production est un peuplement futur dominé par le pin blanc.

1. Comment effectuer la **préparation de terrain** si elle est nécessaire ?
 - *Une préparation de terrain par brûlage;*
 - *Passage d'une débusqueuse dans les sentiers (2 passages), où l'on ajoute un râteau à l'arrière (5 gommettes bleues).*
2. Le **débroussaillage** est-il nécessaire ?
 - *Le débroussaillage est essentiel si compétition (ex. : SAB, ERR). Importance du suivi (5 gommettes bleues).*
3. Quelle séquence de **soins au jeune peuplement** prévoir (nettoisement, dépressage, dégagement) et à quels âges les réaliser
 - *Nettoisement vers 2-3 ans ; dégagement vers 8-10 ans et élagage phytosanitaire au besoin.*
4. À quel moment fait-on la **coupe finale** et comment **protège-t-on la régénération** ?
 - *Quand la régénération atteint 1,5 m, elle y a besoin d'une mise en lumière partielle. Il y aura ainsi la constitution d'un peuplement biétagé.*

- *La coupe finale devrait avoir lieu quand la régénération en pin a atteint 5-6 m de hauteur (soit à environ 20 ans sous couvert) pour une meilleure prévention contre le charançon.*
- *On devrait conserver des PIB comme legs biologiques/vétérans.*
- *L'utilisation de sentiers espacés permettrait de protéger la régénération.*

5. Devrait-on **synchroniser le scarifiage avec les années semencières** (la coupe pourrait s'effectuer au moment prévu, mais le scarifiage décalé) ?

- *Oui, on devrait synchroniser le scarifiage avec les années semencières (3 gommettes bleues)*

Par contre, **lorsqu'il est question simplement de maintenir la présence de pin blanc**, comment devons-nous procéder pour :

- *Investir dans les stations moins riches pour éviter la compétition (5 gommettes bleues) ?*
- *Éviter les trouées à cause de la rouille ?*
- *Faire de l'enrichissement lorsque le pin blanc est peu présent dans le couvert ?*
- *Le maintien d'un maximum 25-30 semenciers de pin blanc / ha (s'il y a lieu) avec un couvert complémentaire pour arriver à 40 % de fermeture de couvert (10 gommettes bleues).*

Comment trouver un **compromis entre la volonté de maintenir sur pied des semenciers et minimiser les impacts de cette rétention sur les niveaux actuels de garanties d'approvisionnement et de possibilité forestières ?**

- *La récolte partielle des pins blancs dans les peuplements traités (5 gommettes bleues)*
- *Le maintien de 25-30 semenciers de pin blanc / ha avec un couvert complémentaire pour arriver à 40 % de fermeture de couvert (10 gommettes bleues).*
- *Des rotations longues généreront plus de volume.*
- *Des rotations courtes bénéficieront à l'approvisionnement en usine.*

2.4.3. Bloc 6 : Charançons, rouille vésiculeuse et autres insectes et maladies du pin blanc

2.4.3.1. Bilan des questions soumises au télévote

- **Près des 2/3 des participants ne sont pas au courant de l'existence d'une variété de pin blanc résistante à la rouille vésiculeuse** ((figure 49 de l'annexe 3 dans Lessard et al. (2018)).
- **Un peu plus des 2/3 des participants sont d'accord de dicter l'ouverture du couvert et du sous-couvert en fonction des risques de rouille** (figure 50 de l'annexe 3 dans Lessard et al. (2018)).
- **Les avis sont partagés concernant la présence de plantations mixtes de FI pour protéger le pin blanc du charançon** : la moitié des participants sont en accord et l'autre moitié estiment ne pas avoir les connaissances pour répondre (figure 51 de l'annexe 3 dans Lessard et al. (2018)).
- **La moitié des participants estiment ne pas avoir les connaissances pour décider si on devrait introduire dans les nouveaux peuplements de l'épinette de Norvège** afin qu'elle constitue des trappes à charançons, alors que 1/3 estiment que ce n'est pas une bonne idée (figure 52 de l'annexe 3 dans Lessard et al. (2018)).
- **Plus des 4/5 des participants (86%) estiment que l'on devrait retarder la coupe finale pour limiter les attaques de charançons** (figure 53 de l'annexe 3 dans Lessard et al. (2018)).
- **Près des 2/3 des participants recommandent d'implanter une cohorte dense au stade fourré-gaulis pour limiter la croissance en diamètre des flèches terminales des pins blancs** et les rendre moins attrayantes pour le charançon, alors qu'1/3 recommandent de ne pas le faire (figure 54 de l'annexe 3 dans Lessard et al. (2018)).
- **Les 2/3 des participants considèrent qu'une stratégie de maintien d'une cohorte à haute densité pour les jeunes peuplements favoriserait l'autocorrection de la rectitude du tronc**, alors qu'1/5 ne savent pas (figure 55 de l'annexe 3 dans Lessard et al. (2018)).

2.4.3.2. Question synthèse

À noter que la priorisation n'a été faite que partiellement, seulement par une partie limitée du groupe.

1. Comment prévenir et **lutter contre le charançon du pin blanc** ?
 - *Réaliser la coupe finale une fois que les pins ont atteint une hauteur de 5-6 m.*
 - *Les risques de charançons diminuent sous couvert, en particulier dans les peuplements mixtes de peupliers et pin blanc. Récolter les peupliers en éclaircie commerciale.*
 - *Contrôler le diamètre de la flèche terminale.*
 - *Vérifier si la migration du charançon est possible avec les changements climatiques.*

2. Comment prévenir et **lutter contre la rouille vésiculeuse** du pin blanc avec le niveau de connaissances actuelles ? Est-ce que le zonage de vulnérabilité à partir des conditions topographiques et édaphiques vous apparaît un bon point de départ ?
 - *Utilisation ciblée des phytocides (5 gommettes bleues).*
 - *Viser les zones moins à risques : sommets, secteurs bien aérés.*
 - *Éviter les bas de pente, les trouées et les versants nord.*
 - *Valider la carte de vulnérabilité en fonction des changements climatiques.*

3. Y a-t-il **d'autres menaces, insectes ou maladies** à considérer pour le pin blanc ?
 - *Dendrochtone du pin (Mountain Pine Beetle)*

2.5. DISCUSSIONS SUR LES SCENARIOS SYLVICOLES

2.5.1. Chêne rouge

Plusieurs éléments clés sont ressortis de l'atelier et constituent des points à considérer dans les propositions de scénarios sylvicoles pour la production de chêne rouge, étant la plupart du temps aussi appuyés par la revue de littérature :

- **La gestion du couvert résiduel** est importante pour le chêne rouge et il faut viser 50 % de lumière au sol pour réunir des conditions favorables à l'installation et la survie de la régénération.
- **Les bandes** seraient à prioriser par rapport aux **trouées** pour des raisons opérationnelles (coût plus élevé d'implantation des trouées et difficulté à les gérer dans le temps). Une largeur de bande de 1,5H semble une option intéressante.

- **Le scarifiage** n'est pas nécessaire pour favoriser la germination des glands de chêne.
- **Le débroussaillage** apparaît comme une étape clé pour assurer le succès de l'implantation de la régénération.
- **La régénération est acquise** lorsqu'elle a atteint une hauteur maximale de 1,5 m environ (4-7 ans). À ce stade, le couvert résiduel peut être enlevé dans le cas d'une coupe progressive.
- **Le recépage** serait une option à considérer si la régénération est broutée ou blessée.
- **Un dégagement hâtif** (terme « nettoyage » utilisé dans l'atelier) à 4-7 ans est fortement recommandé pour la constitution d'une cohorte de tiges utiles.
- **Un ou 2 dégagements** réalisés à 10-15 ans puis 20-25 ans sont proposés.
- **Les éclaircies commerciales** sont à prioriser sur les stations dont le potentiel pour le chêne rouge est parmi les plus élevés. Pour rendre l'opération rentable, il faudrait viser une récolte de 8-10 m³ / ha de sciage. Le détournage des arbres élites est recommandé pour optimiser la valeur et les produits de récolte.

2.5.2. Pin blanc

Tout comme pour le chêne rouge, plusieurs éléments clés sont ressortis de l'atelier et constituent des points à considérer dans les propositions de scénarios sylvicoles pour la production de pin blanc, étant la plupart du temps aussi appuyés par la revue de littérature :

- **Le scarifiage** est fortement recommandé pour favoriser la germination des graines de pin. Il est aussi conseillé de décaler cette opération afin d'être synchrone avec une bonne année semencière.
- **Le brûlage dirigé**, même s'il n'est pas permis, reste un moyen reconnu très efficace pour assurer avec succès l'installation de la régénération en pin blanc.
- Dans un contexte de réchauffement climatique, il serait intéressant d'utiliser **des semences de pin blanc** provenant davantage du sud.
- **Un débroussaillage** est à prévoir en présence d'une compétition importante sur le site.
- **Un dégagement hâtif** (terme « nettoyage » utilisé dans l'atelier) à 2-3 ans est recommandé pour la constitution d'une cohorte de tiges utiles.

- Dans un procédé de coupe progressive, l'installation **d'une brosse de pin blanc** est un atout. Le maintien d'une **cohorte dense** au stade fourré-gaulis permet de limiter la croissance en diamètre des flèches terminales (prévention contre les attaques de charançons) et de favoriser l'autocorrection de la rectitude du tronc.
- **Un élagage phytosanitaire** doit être réalisé si nécessaire.
- On recommande fortement de **maintenir un couvert protecteur** jusqu'à ce que la régénération ait atteint une hauteur de 5-6 m (20 ans), afin d'assurer une meilleure prévention contre les attaques de charançons. La coupe finale d'une coupe progressive doit donc être retardée d'autant. Lors de la coupe finale, on recommande de conserver des vétérans comme legs biologiques.
- **Les éclaircies commerciales** sont à prioriser sur les stations dont le potentiel pour le pin blanc est parmi les plus élevés afin d'optimiser la valeur et les produits de récolte.
- **Les trouées** ne sont pas recommandées à cause des risques de rouille et pour des raisons opérationnelles (coût plus élevé d'implantation des trouées et difficulté à les gérer dans le temps).
- On privilégiera des **bandes** orientées est-ouest pour limiter les risques d'attaques de la rouille vésiculeuse.

2.6. DISCUSSIONS SUR LES SCENARIOS D'AMENAGEMENT

Le principal élément qui a été discuté lors de l'atelier concerne la recherche d'un compromis entre la volonté de maintenir sur pied des semenciers pour assurer la régénération naturelle en essences désirées et minimiser les impacts de cette rétention sur les niveaux actuels de garanties d'approvisionnement et de possibilité forestière, quelques pistes sont avancées :

- Des rotations plus courtes dans les peuplements déjà productifs (limiter les pertes et le ralentissement de l'accroissement) ;
- La récolte partielle des pins blancs dans les peuplements traités. L'adoption d'un espacement cible serait une des pistes.

3. TYPOLOGIE DES CAS RENCONTRÉS

Étant donné la disponibilité du 5^e programme d'inventaire forestier décennal, utilisant la méthodologie NAIPF, le présent projet utilise cette nouvelle cartographie plus fine tant au niveau de la composition (au 10 % près), de la hauteur, de la structure comme base pour une **typologie cartographique**. Ne remplaçant pas la prise de données sur le terrain et le diagnostic sylvicole, cet exercice permet d'amorcer une planification stratégique pour identifier les différentes situations rencontrées sur le territoire de la région de l'Outaouais.

Cette section propose tout d'abord la méthodologie suivie pour définir la typologie. Les principaux cas sont ensuite présentés avec les types de scénarios qui leur sont associés.

3.1. METHODE RETENUE POUR DEFINIR LA TYPOLOGIE DES CAS

3.1.1. Zones propices à la conversion

Les zones propices à une conversion ou un enrichissement en chêne rouge et un pin blanc correspondent aux sites avec le meilleur potentiel forestier pour produire ces essences. Pour cela, les cartes de potentiel forestier pour le chêne rouge, le pin blanc et l'érable à sucre ont été générées à partir de clés multicritères basées sur l'information provenant principalement du *Guide sylvicole du Québec* (MRN 2013) et du *Guide de mise en valeur des feuillus nobles de la Mauricie* (Lupien, 2008). Six classes de potentiel ont été générées, mais ces 6 classes ont été conçues pour pouvoir être regroupées en 3 principales :

- Excellente et très élevée : très bon potentiel pour le chêne rouge ou le pin blanc sans présence de contrainte à leur croissance ;
- Élevée et modérée : potentiel intermédiaire, car présence de quelques facteurs limitant leur croissance ;
- Faible et très faible : potentiel faible, car présence d'au moins un facteur très contraignant pour la croissance.

La méthodologie suivie est détaillée dans l'annexe 4 (Lessard *et al.* 2018).

Afin de déterminer les zones propices à la production de PIB et CHÊNE ROUGE, en accord avec les orientations de la stratégie de production de bois de l'Outaouais, les zones de potentiel très élevé à excellent pour l'érable à sucre sont soustraites des superficies potentielles pour le pin blanc et le chêne rouge, sauf si le chêne rouge et le pin blanc sont présents à plus de 60% de la densité du couvert.

Enfin, afin de contourner le problème de la sous-représentation des végétations potentielles FE6 (Érablières à chêne rouge) et RP1 (Pinèdes blanches) sur la carte écoforestière actuelle, comme la végétation potentielle est l'un des critères retenus, les peuplements contenant un minimum de 10% de CHÊNE ROUGE ou PIB dans leur appellation ont reçu la cote de végétation potentielle correspondante (FE6 ou RP1).

3.1.2. Paramètres pour la typologie

Trois sources de données ont été utilisées pour proposer une version préliminaire de stratégie (version présentée à l'atelier), soit un document de travail récent fourni par Sébastien Meunier qui a servi de point de départ et les deux travaux du CERFO réalisés pour le MFFP, il y a quelques années (Stratégies pour le Chêne rouge, Stratégies pour le Pin blanc) (Grenon *et al.*, 2008; Blouin *et al.*, 2011).

Les principaux paramètres cartographiques et les seuils utilisés sont :

- Densité de couvert (basée sur la classification au 10 % près du 5^e décennal). Un seuil de 60 % et plus a été considéré comme minimal pour constituer un couvert protecteur en présence d'un procédé de régénération par coupes progressives (régulières ou irrégulières). Même critère pour le potentiel pour l'éclaircie commerciale mixte, systématique ou sélective.
- Stades de développement (et structure). Les jeunes peuplements en croissance ont été distingués. Comme le 5^e inventaire décennal détaille les peuplements biétagés, la typologie a été adaptée pour tenir compte du potentiel de l'étage inférieur lorsque l'étage supérieur avait moins de 60 % de densité.
- Densité du couvert par essence (à 10 % près).
 - Lorsque le peuplement contient 50 % et plus d'espèces longévives de PIB et CHÊNE ROUGE, le procédé de régénération par coupes progressives devient une option à évaluer sérieusement, d'autant plus

que la régénération naturelle pourra y contribuer de majoritairement à la production d'une chênaie et d'une pinède.

- Lorsque le peuplement contient 50 % et plus d'espèces longévives désirées autres que PIB et CHÊNE ROUGE, l'option du procédé de régénération par coupes progressives irrégulières (régénération lente) est considérée.
- Seuil pour le choix de produire du chêne rouge ou du pin blanc.
 - Selon la fiche VOIC (MFFP 2017), lorsque la somme des surfaces terrières de chêne rouge et de pin blanc dépasse le seuil de 25 % en surface terrière, le peuplement devient candidat à un enrichissement en chêne et/ou pin blanc. Pour les besoins de l'exercice, le critère de 25 % **en composition** en chêne et/ou pin blanc a plutôt été utilisé.
- Essences compagnes
 - Les essences compagnes des peuplements avec plus de 25 % de chêne et de pin blanc (combinés) peuvent avoir une incidence majeure sur les modalités de traitements voire même parfois sur les patrons de coupe (PBS, PBR, PBF1, PBF, PBBbB, etc.).
- Potentiel forestier
 - Six classes de potentiel forestier ont été générées pour chacune des espèces (très faible, faible, modérée, élevée, très élevée et excellente).
 - La production de chêne et de pin est exclue sur les stations de potentiel très faible et faible.
 - Elle est possible sur les stations à potentiel modéré et élevé, et est priorisée sur les stations à potentiel très élevé et excellent.

À partir du classement des différentes combinaisons de seuils pour chaque paramètre, une typologie d'une trentaine de cas a été obtenue.

Un tableau présente les principaux types forestiers associés à chaque cas retenu. Pour chaque cas, des objectifs de production sommaires sont produits, soit une cible de

pourcentage de PIB ou CHÊNE ROUGE, un régime sylvicole et une matrice de répartition par produit. Une famille de traitements est aussi associée.

Deux mises en garde s'imposent par contre :

- Ceci ne remplace pas le diagnostic sylvicole qu'il est nécessaire de faire sur le terrain pour les PAFI-O.
- Le contexte de chantier et de peuplements environnants peut nécessiter une modulation des objectifs et des choix de scénarios.

3.2. RESULTATS

3.2.1. Synthèse des cas

L'application des critères principaux décrits dans la section 4.1.2 a permis de constituer 37 cas qui sont présentés dans le tableau 1 de l'annexe 4 (Lessard *et al.* 2018). Une fois les cas marginaux soustraits et certains regroupés, il reste 13 cas associés autour des groupes suivants :

- Jeunes peuplements denses (densité du couvert ≥ 55 % ou comprenant la classe 60 % et les suivantes) ;
- Jeunes peuplements ouverts (< 55 %) ;
- Peuplements matures denses (≥ 55 %) ;
- Peuplements matures ouverts (< 55 %) ;
- Peuplements matures biétagés ouverts avec un étage inférieur fermé ;
- Peuplements matures biétagés ouverts avec un étage inférieur ouvert.

À noter que le seuil de 25 % de surface terrière en essences en raréfaction (comprenant les chênes et les pins blanc et rouge) qui est considéré dans la fiche VOIC des essences en voie de raréfaction (MFFP 2017) n'apparaît pas dans les tableaux suivants, mais que ce critère est disponible dans la base de données d'analyse et devrait être utilisé pour prioriser les peuplements destinés à la production de ces espèces.

3.2.2. Jeunes peuplements denses

Deux principaux scénarios préliminaires sont proposés, en fonction du potentiel pour le chêne rouge et le pin blanc (tableau 2). Les superficies de potentiel très faible à faible pour le chêne rouge et le pin blanc ne sont pas incluses dans les stratégies de

production de ces espèces. Pour les autres potentiels (modéré à excellent), un régime d'éclaircies est proposé. Les potentiels très élevés à excellents pourraient constituer un premier critère pour prioriser la récolte (scénario 5). Les peuplements qui ont plus de 25 % de surface terrière en pin blanc et chêne rouge (75 300 ha), conformément à la fiche VOIC sur les essences en voie de raréfaction (MFFP 2017) doivent aussi être priorités.

Tableau 2. Scénarios préliminaires pour les jeunes peuplements denses

Densité du couvert	Stade/Structure	Potentiel de croissance	Composition esp. longévives	Composition étage inférieur	Scénario	Num_ scénarios	Superficie (ha)	% de superficie*
>= 60%	Jeune	très faible à faible modéré à excellent			laisser croître	3	9200	1,12
					EC	4, 5	248288	30,3

*les pourcentages de superficie sont calculés sur la base des superficies admissibles aux stratégies de chêne rouge et pin blanc (avec présence d'au moins 5 % de CHÊNE ROUGE+PIB), soit 800 267 ha.

Parmi les grands types forestiers concernés par la famille des jeunes peuplements denses, on retrouve 53 % de feuillus tolérants, surtout sur les végétations potentielles FE6 et FC1. Suivent les pinèdes blanches (11 %) sur RP1 et MJ1 principalement, les résineux à feuillus (10 %) surtout sur MJ1 et MJ2 et les feuillus tolérants à résineux (9 %) sur MJ1, FE6 et FC1. Le détail de tous les grands types forestiers présents et des types forestiers qui les constituent se trouvent dans les tableaux 2 et 3 de l'annexe 4 (Lessard *et al.* 2018).

Les jeunes peuplements denses qui sont proposés comme étant prioritaires pour des **éclaircies commerciales pour la production chêne rouge** sont présentés dans le tableau 3. Ils couvrent 80 211 ha. La hauteur des peuplements et le % de chêne pourraient constituer deux autres critères pour approfondir la recherche.

Tableau 3. Jeunes peuplements retenus prioritaires pour la réalisation d'éclaircies pour la production de chêne rouge

Grand type forestier	Type forestier	Structure compilée	Vég. potentielle	Hectares
Feuillus tolérants	Ch	Intermédiaires irréguliers	FC1	9 034
	Ch	Intermédiaires irréguliers	FE6	10 476
	CrFT	Intermédiaires irréguliers	FE6	14 117
	EsFi (à valider)	Intermédiaires irréguliers	FE6	10 012
	EsFt (à valider)	Intermédiaires irréguliers	FE6	36 572

Pour prioriser les superficies disponibles pour des éclaircies commerciales pour la production pin blanc, les jeunes peuplements denses du tableau 4 sont suggérés. Ils couvrent 15 106 ha. Il y a quelques hectares de ces types forestiers âgés de 50 ans qui pourraient être jumelés à ces superficies. À remarquer, les jeunes pinèdes pures sont rares, confirmant le constat sur les enjeux de composition du pin blanc (MFFP 2016).

Tableau 4. Jeunes peuplements retenus prioritaires pour la réalisation d'éclaircies pour la production de pin blanc

Grand type forestier	Type forestier	Structure compilée	Vég. potentielle	Superficies (ha)
Feuillus tolérants à résineux	ChPb	Intermédiaires irréguliers	FC1	1 274
	ChPb	Intermédiaires irréguliers	FE6	987
	CrRx (à valider)	Intermédiaires irréguliers	MJ1	1 195
Pinède blanche mixte	FtFxPb	Intermédiaires irréguliers	FE6	1 107
	FtFxPb	Intermédiaires irréguliers	MJ1	1 806
	FtFxPb	Intermédiaires irréguliers	RP1	2 056
	PbCr	Intermédiaires irréguliers	FE6	1 053
	PbFi	Intermédiaires irréguliers	RP1	1 509
	PbFt	Intermédiaires irréguliers	MJ1	1 166
	PbFt	Intermédiaires irréguliers	RP1	2 140
	PbRx	Intermédiaires irréguliers	RP1	808

3.2.3. Jeunes peuplements ouverts

Le tableau 5 présente les deux principaux scénarios de cette classe. Le couvert inférieur à 60 % laisse présumer un faible volume à l'hectare sur pied. Les superficies de potentiel très faible à faible pour le chêne rouge et le pin blanc ne sont pas incluses dans les stratégies de production de ces espèces. Les potentiels très élevés à excellents (scénario 24) pourraient quant à eux, constituer un premier critère pour prioriser la remise en production.

Tableau 5. Scénarios préliminaires pour les jeunes peuplements ouverts

Densité du couvert	Stade/Structure	Potentiel de croissance	Composition esp. longévives	Composition étage inférieur	Scénario	Num_ scénarios	Superficie (ha)	% de superficie*
< 60%	Jeune	très faible à faible			laisser croître	22	2026	0,25
		modéré à excellent			laisser croître ou remise en production	23-24-25	25321	3,1

*Les pourcentages de superficie sont calculés sur la base des superficies admissibles aux stratégies de chêne rouge et pin blanc (avec présence d'au moins 5 % de CHÊNE ROUGE+PIB), soit 800 267 ha.

3.2.4. Peuplements matures denses

Le tableau 6 présente les scénarios de cette classe. Les superficies de potentiel très faible à faible pour le chêne rouge et le pin blanc ne sont pas incluses dans les stratégies de production de ces espèces (scénario 10). Pour prioriser la récolte en CPE, l'ordre suivant est proposé :

- Les stations de potentiel très élevé à excellent avec présence de plus de 45 % de chêne rouge et pin blanc (scénario 14) couvrant 45 835 ha
- Les stations de potentiel très élevé à excellent (scénario 13) avec la présence de plus de 25 % de pin blanc et chêne rouge, conformément à la fiche VOIC (MFFP 2017), qui couvrent 62 144 ha.
- Les stations de potentiel modéré à élevé avec plus de 45 % de chêne rouge et pin blanc (scénario 12) couvrant 29 935 ha.
- Les stations de potentiel modéré à élevé (scénario 11) avec présence de plus de 25 % de pin blanc et chêne rouge, qui couvrent 16 808 ha.

Un régime de coupes progressives irrégulières est proposé lorsque le peuplement contient au moins 45 % d'espèces longévives autres que le pin blanc et le chêne rouge. Par contre, ce régime est peu adapté à l'écologie du chêne rouge. Il est donc exclusivement proposé pour la production de pin blanc. Pour prioriser les CPI, il est proposé de retenir :

- Les stations de potentiel très élevé à excellent (scénario 16) qui ont plus de 25 % de pin blanc (ordre de grandeur de 18 292 ha, car ce calcul inclut aussi la présence de chêne rouge)
- Les stations de potentiel modéré à élevé (scénario 15) avec présence de plus de 25 % de pin blanc, qui couvrent approximativement 6 614 ha (c'est un ordre de grandeur, car ce calcul inclut aussi la présence de chêne rouge).

À noter qu'on retrouve d'autres candidats pour la CPI dans le groupe des bi-étagés matures, dans une section ultérieure.

Tableau 6. Scénarios préliminaires pour les peuplements matures denses

Densité du couvert	Stade/Structure	Potentiel de croissance	Composition esp. longévives	Composition étage inférieur	Scénario	Num_ scénarios	Superficie (ha)	% de superficie*
>= 60%	Mature	très faible à faible			laisser croître	10	16643	2,03
		modéré à excellent			CPE	11 à 14	248522	30,3
		modéré à excellent		>= 45% esp. longévives autres que PB et CHR		CPI	15 et 16	136948

*Les pourcentages de superficie sont calculés sur la base des superficies admissibles aux stratégies de chêne rouge et pin blanc (avec présence d'au moins 5 % de CHÊNE ROUGE+PIB), soit 800 267 ha.

Pour les scénarios 11 à 14, les principaux grands types forestiers concernés sont constitués en majorité des feuillus tolérants (81 304 ha) et des pinèdes à pins blancs (71 975 ha), respectivement sur la végétation potentielle FE6 (Érablières à chêne rouge) et sur MJ1/MS1 (Sapinière à bouleau jaune) ainsi que RPI (Pinèdes) (voir tableau 4 dans l'annexe 4 (Lessard *et al.* 2018)). La description des types forestiers concernés se retrouve dans le tableau 7.

Tableau 7. Types forestiers constituant les principaux grands types forestiers des peuplements matures denses – cas des scénarios 11 à 14

Grands types forestiers	Types forestiers	Superficie (ha)
Feuillus tolérants	Ch CrFt EsFt EsFi (95%)	81 304
Pinèdes blanches mixtes	PbFi PbFt PbCr FtFxPb RxPbFi FiFiPb (97%)	71 975
Pinèdes blanches	Pb PbRx RxPb (100%)	27 458
Feuillus tolérants à résineux	ChPb FtRx CrRx BjRx Chx EsRx (98%)	17 644
Résineux à feuillus	EpxFx EpxBp RxToFx EpxFt (88%)	15 962
Peupleraies	Pe PeFt PeFi (96%)	12 510

Pour les scénarios 15 et 16 (CPI), les principaux grands types forestiers concernés sont constitués en majorité des feuillus tolérants (96 741 ha) principalement sur la végétation potentielle FE6 et des pinèdes mixtes (23 033 ha) sur MJ1 et RP1 (voir tableau 5 dans l'annexe 4 (Lessard *et al.* 2018)). La description des types forestiers concernés se retrouve dans le tableau 8.

Tableau 8. Types forestiers constituant les principaux grands types forestiers des peuplements denses matures – cas des scénarios 15 et 16

Grands types forestiers	Types forestiers	Superficie (ha)
Feuillus tolérants	EsFt CrFt EsHg Es EsBj BjFt (94%)	96 741
Pinèdes blanches mixtes	PbFt FtFxPb PbFi RxPbFt RxPbFi PbCr FiFiPb	23 033
Pinèdes blanches	Pb PbRx RxPb (100%)	14 015
Feuillus tolérants à résineux	BjRx CrRx FtRx EsRx ChPb (91%)	13 202

3.2.5. Peuplements matures ouverts

Le tableau 9 rappelle les trois scénarios de cette classe. Un volume/ha sur pied plutôt faible peut être posé comme hypothèse en raison de la densité de couvert de moins de 60 %. De plus, le couvert protecteur est insuffisant sur toutes les superficies. Une autre hypothèse est posée, soit que la régénération en chêne rouge et en pin blanc est peu présente ou absente.

Les superficies de potentiel très faible à faible pour le chêne rouge et le pin blanc ne sont pas incluses dans les stratégies de production de ces espèces (scénario 29). Pour prioriser la remise en production, les potentiels très élevés à excellents (scénarios 32 et 33) pourraient constituer un premier critère de sélection. Pour le scénario 35, la présence d'espèces longévives et les potentiels très élevés à excellents pourraient justifier l'exploration du procédé par coupes progressives.

Tableau 9. Scénarios préliminaires pour les peuplements matures ouverts

Densité du couvert	Stade/Structure	Potentiel de croissance	Composition esp. longévives	Composition étage inférieur	Scénario	Num_ scénarios	Superficie (ha)	% de superficie*
< 60%	Mature	très faible à faible			laisser croître	29	4308	0,53
		modéré à excellent			CRS/CB	30 à 33	23582	2,9
		modéré à excellent		>= 45% esp. longévives autres que PB et CHR		CRS/CB/CPE	34-35	11064

*Les pourcentages de superficie sont calculés sur la base des superficies admissibles aux stratégies de chêne rouge et pin blanc (avec présence d'au moins 5 % de CHR+PIB), soit 800 267 ha.

3.2.6. Peuplements matures biétagés ouverts (étage inférieur fermé)

Le tableau 10 présente les quatre scénarios de cette classe. Un volume/ha sur pied plutôt faible peut être posé comme hypothèse en raison de la densité de couvert de moins de 60 %. Il n'y a pas de couvert protecteur pour toute la superficie. Par contre, on observe la présence d'un sous-étage suffisant en espèces désirées pour justifier de mettre en valeur et de cultiver ces superficies, en particulier sur les potentiels très élevés à excellents (scénarios 20), notamment par un procédé de régénération en coupes progressives (régulière ou irrégulière). Les autres superficies, avec un sous-étage inférieur contenant moins de 45 % d'essences désirées, sont des candidates à la remise en production en coupe à blanc avec semenciers et bouquets, ou encore la coupe à blanc par bande, en priorisant les potentiels très élevés à excellents (scénario 19).

Tableau 10. Scénarios préliminaires pour les peuplements matures ouverts biétagés avec un étage inférieur fermé

Densité du couvert	Stade/Structure	Potentiel de croissance	Composition esp. longévives	Composition étage inférieur	Scénario	Num_ scénarios	Superficie (ha)	% de superficie*
< 60%	Mature biétagé	modéré à excellent		>= 45% en essences non désirées	CRS/CB	18 et 19	26481	3,2
				>= 45% en essences désirées	CRS/CB	20 et 21	15624	1,9

*Les pourcentages de superficie sont calculés sur la base des superficies admissibles aux stratégies de chêne rouge et pin blanc (avec présence d'au moins 5% de CHR + PIB), soit 800 267 ha.

3.2.7. Peuplements matures biétagés ouverts (étage inférieur ouvert)

Le tableau 11 rappelle les deux scénarios de cette classe. La densité de couvert supérieure de moins de 60 % et le faible couvert inférieur suggèrent un faible volume sur pied à l'hectare. Les peuplements de ce groupe pourraient être de bons candidats à la remise en production par plantation. Les potentiels très élevés à excellents (scénario 37) pourraient constituer un premier critère pour prioriser les superficies à traiter.

Tableau 11. Scénarios préliminaires pour les peuplements matures ouverts biétagés avec un étage inférieur ouvert

Densité du couvert	Stade/Structure	Potentiel de croissance	Composition esp. longévives	Composition étage inférieur	Scénario	Num_ scénarios	Superficie (ha)	% de superficie*
< 60%	Mature biétagé	modéré à excellent		< 45%	CRS/CB	36-37	30972	3,8

*Les pourcentages de superficie sont calculés sur la base des superficies admissibles aux stratégies de chêne rouge et pin blanc (avec présence d'au moins 5 % de CHR+PIB), soit 800 267 ha.

3.3. LIEN AVEC LA TYPOLOGIE INITIALE

Une certaine correspondance est possible avec la typologie initiale du MFFP combinant à la fois des critères terrain et des critères topographiques. On retrouve les mêmes appellations de scénarios. La relation qui a été faite entre les 2 typologies est présentée dans le tableau 6 de l'annexe 5 (Lessard *et al.* 2018).

L'utilisation de la cartographie écoforestière du 5^e décennal, préliminaire pour développer la typologie utilisée dans le cadre du présent projet, offre une plus grande possibilité, notamment en ce qui concerne la présence du chêne rouge ou du pin blanc dans les peuplements forestiers ainsi que celle d'espèces longévives. Ainsi, la nouvelle typologie permet de :

- Augmenter les superficies admissibles aux stratégies de chêne rouge et pin blanc lorsque l'on observe la présence d'une de ces 2 essences (> 5 %) ;
- Utiliser un gradient de présence de ces 2 essences pour définir les peuplements à prioriser pour la récolte (seuils à 25 % et 45 %) ;
- Considérer la présence d'un couvert protecteur, même si le CFC est faible, ce qui permet de retenir certaines superficies pour le procédé de régénération par coupes progressives ;
- Ajouter des classes de potentiel de croissance pour le chêne rouge et le pin blanc et d'exclure les superficies dont le potentiel est qualifié de très faible à faible. Les superficies de potentiel très élevé et excellent peuvent être, quant à elles, priorisées lors des choix de secteurs à retenir pour les interventions.

4. ANALYSES FINANCIÈRES ET ÉCONOMIQUES DE DIFFÉRENTS SCÉNARIOS POUR LE CHÊNE ROUGE

Les analyses financières et économiques constituent une source de données importante dans la définition des éléments de la stratégie sylvicole. Elles permettent d'évaluer la rentabilité des scénarios testés et de voir quels poids ont certaines interventions sur les bénéfices et les coûts de ceux-ci.

Plusieurs analyses complémentaires sont présentées. La valeur totale du bois sur pieds pour l'État correspondant aux redevances perçues par la province fait l'objet d'une première analyse, réalisée pour les principales essences feuillues produisant du bois d'œuvre et le pin blanc. Aucune autre analyse n'est présentée pour le pin blanc, ne disposant pas de la matrice de valeurs des produits pour cette essence. Ensuite, l'évolution de la valeur du bois sur pied en fonction de la proportion de chêne rouge dans un peuplement est présenté. Ce chapitre se conclut avec les analyses financières et économiques de 6 scénarios types pour le chêne rouge.

4.1. METHODE

4.1.1. Calcul de la valeur totale du bois sur pied pour l'État (redevances perçues)

Les redevances totales pour tous les produits, incluant la pâte, perçues par l'État représentent la valeur marchande des bois. Ce calcul a été réalisé dans Méris. La base de calcul des volumes est réalisée pour des tiges de type bois d'œuvre (ID_TYPE = O) et de classe C de la MSCR. La proportion par essence des volumes selon la matrice MSCR-OP pour les tiges CO ainsi que les redevances perçues par m³ de produit par essence sont présentées dans l'annexe 6A (Lessard *et al.* 2018).

4.1.2. Évolution de la valeur des produits du bois sur pied en fonction de la proportion de chêne rouge

Un premier exercice a été réalisé dans MÉRIS pour déterminer la valeur des produits sur pied pour un scieur, dans plusieurs peuplements similaires, mais avec des composantes variées en chêne rouge, érable à sucre et hêtre à grandes feuilles. Pour ce faire, un peuplement fictif équienne de 30-40 cm de DHP a été simulé. Différentes proportions de chêne rouge, hêtre à grandes feuilles et érable à sucre ont été choisis

aléatoirement parmi les tiges présentes. Pour réaliser l'évaluation des volumes, la matrice utilisée est celle de Essence-DHP.

4.1.3. Analyses financières et économiques de 6 scénarios types

4.1.3.1. Description des scénarios types

Les scénarios types évalués dans le cadre des analyses financières sont présentés dans le tableau 12. Il est important de considérer que les 6 scénarios, ayant fait l'objet d'analyses financières, ne seront pas forcément retenus dans le choix final de ceux proposés pour la stratégie sylvicole. Comme cela a déjà été mentionné, ces scénarios types ont été analysés afin de déterminer leur rentabilité financière. Les propositions finales, présentées à la section 5.2, intègrent cet élément financier.

Le scénario 1 est celui d'une coupe progressive irrégulière à couvert permanent (CPIcp) sans modifier les matrices de répartitions des essences tout au long du scénario.

Ensuite, **quatre scénarios de coupes progressives** ont été évalués, présentant un niveau croissant d'interventions :

- Le **scénario 2** se veut extensif puisqu'une CPE est d'abord réalisée, suivie d'un débroussaillage, d'une coupe finale à 5 ans, d'une éclaircie pré commerciale (dégagement) à 15 ans et d'un laisser croître jusqu'à 120 ans. Une nouvelle coupe partielle d'ensemencement est réalisée suivie d'une coupe finale à 125 ans.
- Le **scénario 3** est similaire au scénario 2, à l'exception d'un enrichissement de 500 plants/ha au temps 0.
- Le **scénario 4** est similaire au scénario 3, mais comporte en plus un régime d'éclaircies à 50 ans et à 80 ans.
- Le **scénario 5** propose de réaliser un nettoisement après la coupe finale à 5 ans pour augmenter la proportion de tiges d'essences désirées. Un régime d'éclaircie est également proposé.
- **Le scénario 6 est la réalisation d'une plantation de chêne rouge** avec une révolution de 80 ans. Les simulations reposent sur une plantation type âgée de 50 ans, comportant des tiges de chêne rouge de fort diamètre (32-40 cm). Deux modalités supplémentaires ont été ajoutées pour fin d'évaluation des coûts, revenus et la VAN (valeur actualisée nette), soit un **6b**) élagage à 8 ans et **6c**) un

scénario de plantation partant sur un peuplement sans revenus de récolte initiales.

4.1.3.2. Peuplements initiaux

Des données d'inventaires d'UE existantes ont été utilisées pour produire 4 peuplements feuillus avec différentes proportions de chêne rouge, soit un peuplement avec moins de 5 %, avec 5 à 10 % de chêne rouge, avec 30 % de chêne rouge et avec plus de 45 %. L'annexe 6B dans (Lessard *et al.* 2018) décrit les différents peuplements initiaux. Les résultats présentés portent uniquement sur les cas de moins de 5 % de chêne rouge initial et de plus de 45 % de CHÊNE ROUGE initial. Les autres résultats seront disponibles sur demande.

4.1.3.3. Hypothèses de régénération

Les résultats du dispositif expérimental du Denholm (peuplements âgés de 17 ans) ont été utilisés pour préparer des peuplements pour les simulations.

L'évolution des peuplements sur 30 ans a été faite avec la version de SaMARE incorporée dans MÉRIS. Cette démarche a été réalisée pour obtenir des tiges commerciales dans les simulations d'accroissement. L'hypothèse a été émise qu'à 30 ans, il faut monter de 2 classes de DHP pour les essences principales et diminuer de 20 % le nombre total de tiges commerciales par rapport à la quantité de gaules d'essences commerciales. La proportion de chêne rouge à 30 ans a également été ajustée proportionnellement au pourcentage de chêne rouge dans le peuplement initial.

Il faut considérer que l'outil de simulation SaMARE comporte plusieurs limites d'évolution pour les jeunes peuplements équiennes comme il a été calibré avec des érablières inéquiennes. Les valeurs présentées ne peuvent donc pas être comparées avec d'autres études. Ces résultats sont utilisés à titre comparatif-relatif entre les scénarios ; sachant que l'outil est adéquat pour le présent travail. Une description des peuplements de 30 ans simulés est présentée dans l'annexe 6C (Lessard *et al.* 2018).

4.1.3.4. Récolte de bois

La récolte de bois a été réalisée dans MÉRIS à chacune des périodes. Après le passage en éclaircie, les peuplements sont envoyés dans le module d'accroissement et récupérés pour la prochaine simulation de récolte. Les volumes sont calculés sur la base de la zone de tarif de cubage 07152 et les coûts/frais/redevances avec la zone 755. Les modalités de récolte sont illustrées à l'annexe 6D (Lessard *et al.* 2018). Les

surfaces terrières, tiges à l'hectare et volumes initiaux récoltés et résiduels à chaque période, ont été calculés dans MÉRIS.

4.1.3.5. Analyse des scénarios et module économique

Les scénarios ont été entrés dans le module de scénario de MÉRIS avec les volumes récoltés à chacune des périodes. Ensuite, le module économique a été utilisé pour calculer les revenus, dépenses et la VAN. Les valeurs présentées sont issues de la base du logiciel MÉRIS pour un scieur avec les valeurs (\$) tendances.

Tableau 12. Scénarios types testés dans les analyses financières

Scénario type	Principaux objectif	Procédure	Temps												
			0	5	8	15	20	30	50	60	75	80	90	120	125
1- CPIcp	Maintenir CHÊNE ROUGE	simulation sans changement													
		Commercial	CPI-CP						CPI-CP		CPI-CP			CPI-CP	CPI-CP
2- CPR-DEBR-CF-EPC-CPR-CF	Maintenir CHÊNE ROUGE	utilisation de matrice 30 ans avec EPC													
		Commercial	CPR	Coupe finale									CPR	Coupe finale	
		Non-commercial	DEBR			EPC (Deg 400)							DEBR		
3- CPR-DEBR- ENR-CF-EPC-CPR-CF	Augmenté % CHÊNE ROUGE	utilisation de matrice 30 ans avec EPC et enrichissement													
		Commercial	CPR	Coupe finale									CPR	Coupe finale	
		Non-commercial	DEBR ENR 500 plants			EPC (Deg 400)							DEBR		
4- CPR-DEBR- ENR-CF-EPC-EC1-EC2-CPR-CF	Augmenter % CHÊNE ROUGE et qualité sciage	utilisation de matrice 30 ans avec EPC et enrichissement													
		Commercial	CPR	Coupe finale					EC1			EC2		CPR	Coupe finale
		Non-commercial	DEBR ENR 500 plants			EPC (Deg 400)							DEBR		

Scénario type	Principaux objectifs	Procédure	Temps																
			0	5	8	15	20	30	50	60	75	80	90	120	125				
5- CPR-DEBR- ENR-CF-NET-EPC-EC1-EC2-CPR-CF	Produire une chênaie % CHÊNE ROUGE et qualité sciage	utilisation de matrice 30 ans avec EPC et enrichissement; modification 50 ans pour augmenter CHÊNE ROUGE	Commercial	CPR	Coupe finale						EC1			EC2		CPR	Coupe finale		
			Non-commercial	DEBR ENR 500 plants	Nettoyement			EPC (Deg 400)									DEBR		
6- Plantation	Produire plantation de CHÊNE ROUGE	Ajustement plantation de CHÊNE ROUGE (DHP-nbtihect) à 50 ans;	6a) Commercial	CPRS							EC		CPR	Coupe finale					
			6a) Non-commercial	Prep. terrain; plants 2000	Dég	Dég	EPC syst		EPC syst					DEBR					
			6b) Commercial	CPRS								EC		CPR	Coupe finale				
			6b) Non-commercial	Prep. terrain; plants 2000	Dég	Dég + élavage	EPC syst		EPC syst						DEBR				
			6c) Commercial									EC		CPR	Coupe finale				
			6c) Non-commercial	Prep. terrain; plants 2000	Dég	Dég + élavage	EPC syst		EPC syst						DEBR				

4.2. RESULTATS DES VALEURS DU BOIS SUR PIED POUR L'ÉTAT (REDEVANCES PERÇUES) POUR LE CHENE ROUGE ET LE PIN BLANC

Un premier résultat intermédiaire concerne les volumes de sciages et déroulages produits par tige (figure 5). Il met en évidence la place qu'occupent le pin blanc et le chêne rouge, en étant les 2 essences dont les volumes de sciage et de déroulage par tige sont les plus importants. Le pin blanc se distingue nettement des feuillus en ayant un volume 2 fois plus important que le chêne rouge, lui-même étant le feuillu avec les plus grandes valeurs. A 40 cm, le volume en bois d'œuvre du pin blanc est de 1,25 m³ par tige comparativement à celui du chêne rouge qui est de 0,7 m³ par tige.

L'estimation des redevances totales (tous produits confondus) perçues par tige est présentée dans la figure 6. À nouveau, le pin blanc et le chêne rouge sont les deux essences qui présentent les valeurs les plus élevées. À partir de 40 cm de DHP, les redevances par tige de ces 2 essences augmentent de manière très importante. Ceci s'explique par le fait qu'à ces DHP, le volume de déroulage augmente sensiblement et est sujet à des redevances plus élevées que le bois de sciage. Pour un arbre de 40 cm de diamètre ; la redevance du pin blanc est même de 15 % plus élevée que celle du chêne rouge.

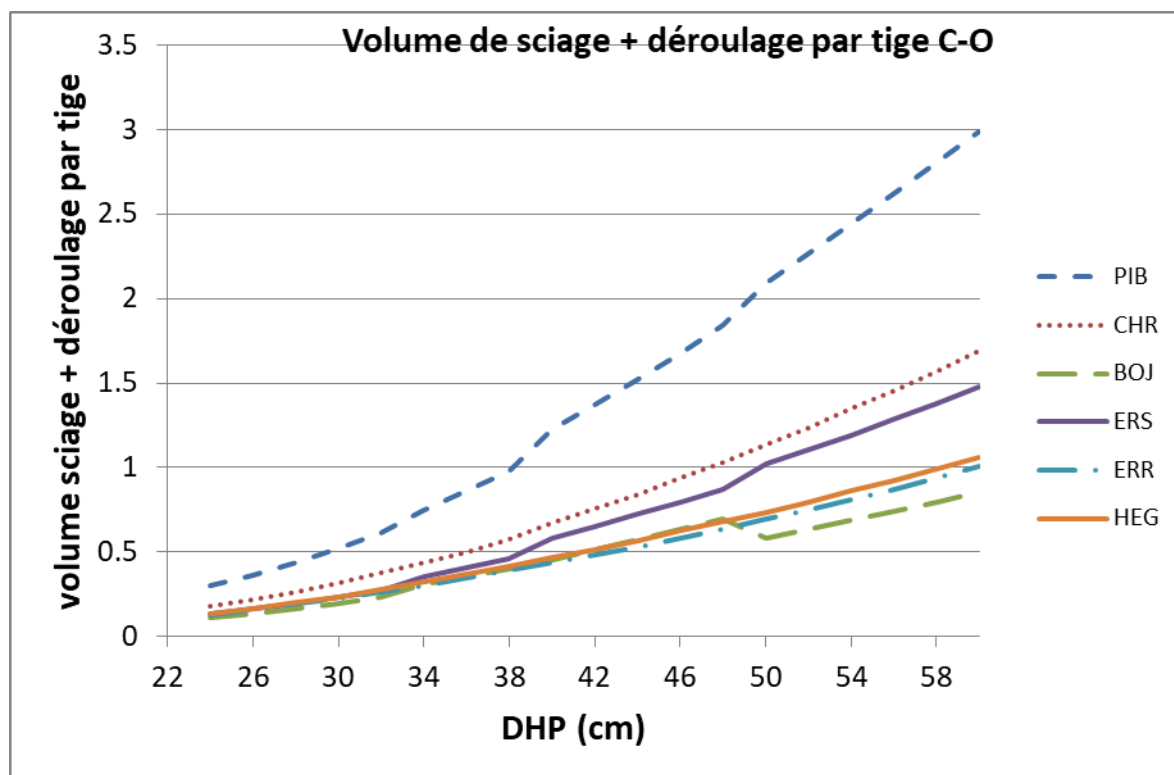


Figure 5. Volume de sciage et déroulage pour une tige par essence et DHP

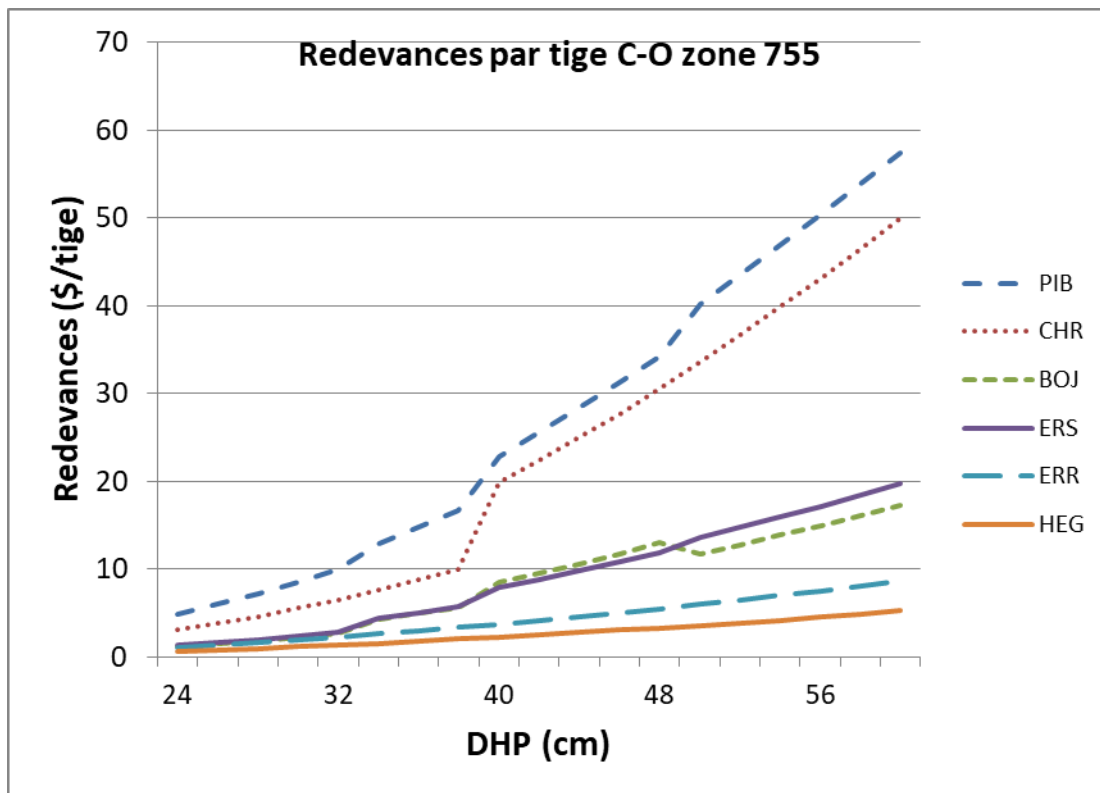


Figure 6. Estimation des redevances totales perçues pour une tige par essence et DHP

4.3. RESULTAT DE L'EVOLUTION DE LA VALEUR DU BOIS SUR PIED EN FONCTION DE LA PROPORTION DE CHENE ROUGE

Les résultats sont présentés au tableau 13. Le hêtre à grandes feuilles y donne très peu de valeur aux peuplements tandis que l'érable à sucre a une valeur inférieure au chêne rouge. Ainsi, la valeur des peuplements augmente nettement avec la proportion de chêne rouge, passant de 6 781 \$/ha lorsqu'il y a 10 % du volume en chêne rouge à 14 350 \$ avec 100 % de chêne rouge. On pose alors l'hypothèse que les scénarios permettant une augmentation de la proportion de chêne rouge généreront une valeur du bois sur pied plus élevée.

Tableau 13. Valeur du bois sur pied selon la proportion de chêne rouge

Regroupement	Essence	DHP	Surface terrière		Volume		Total \$/ha
			m ² /ha	% ST	m ³ /ha	%	
10 % CHR	CHR	38	2.8	10%	24.209	9%	1 355.50 \$
	ERS	37	18.8	65%	159.8	63%	4 907.50 \$
	HEG	35	7.4	25%	71.086	28%	518.40 \$
Total		37	29.0		255.09		6 781.40 \$
20 % CHR	CHR	37	5.4	19%	45.394	18%	2 541.70 \$
	ERS	37	16.2	56%	138.34	54%	4 308.70 \$
	HEG	35	7.4	25%	71.086	28%	518.40 \$
Total		37	29.0		254.82		7 368.70 \$
25 % CHR	CHR	35	7.4	26%	61	24%	3 424.57 \$
	ERS	38	14.2	49%	122	48%	3 967.68 \$
	HEG	35	7.4	25%	71	28%	518.37 \$
Total		36	29.0		254		7 910.63 \$
35 % CHR	CHR	37	10.5	36%	89	35%	5 317.50 \$
	ERS	36	13.1	45%	111	44%	3 367.88 \$
	HEG	37	5.4	19%	53	21%	383.75 \$
Total		37	29.0		252		9 069.14 \$
50 % CHR	CHR	36	15.6	54%	131	54%	7 701.58 \$
	ERS	37	13.3	46%	113	46%	3 444.80 \$
Total		37	29.0		245		11 146.38 \$
100 %CHR	CHR	37	29.0	100%	244	100%	14 350.96 \$
Total		37	29.0		244		

4.4. RESULTATS DE L'ANALYSE DES 6 SCENARIOS TYPES

Cette section présente les résultats de l'analyse des différents scénarios simulés dans MÉRIS.

4.4.1. Composition forestière et valeurs du bois sur pied

Les résultats détaillés des compilations des données dendrométriques sont présentés à l'annexe 6E (Lessard *et al.* 2018). Le tableau 14 présente les surfaces terrières totales, les volumes totaux et les valeurs du bois sur pied avant récolte à chaque période pour chaque cas et scénario.

Présence du chêne rouge

En principe, la proportion de chêne rouge en volume devrait augmenter avec les scénarios de 1 à 5, puisque le niveau d'interventions pour favoriser sa présence, sa croissance et la qualité de ses bois sur pied augmentent avec le numéro des scénarios. Dans le scénario 1 de CPIcp, pour lequel la répartition des tiges de chêne rouge n'a pas été modifiée, à 120 ans, la proportion de CHR sur pied a légèrement augmenté pour le cas de < 5 % de chêne rouge (0.6% AN 0 à 3 % AN 120) et diminué pour le cas de > 40 % de chêne rouge (51.5 %% AN 0 à 43 % AN 120). Ce scénario n'est cependant pas retenu puisqu'il ne fournit pas les conditions adéquates à l'installation et à la survie du chêne rouge. Nous pensons même que la proportion de chêne rouge aurait diminué davantage dans le cas où sa proportion initiale est supérieure à 40 %. Il restera à voir si la composition en chêne rouge reste élevée puisque peu de tiges de cette espèce sont prélevées dans les volumes.

Pour les scénarios de coupe progressive d'ensemencement (2 à 5), on note que la proportion du volume de chêne rouge augmente bien avec le numéro du scénario, passant de 5 à 21 % à 120 ans pour le cas < 5 % de chêne rouge et de 15 à 45 % pour le cas de > 40 % de chêne rouge. Les volumes et proportions de chêne rouge semblent dès plus conservateurs par rapport aux différents traitements réalisés dans les scénarios 4 et 5, attendu que les proportions de chêne rouge augmentent moins que ce qui était attendu, surtout pour le cas de > 40 % de chêne rouge. Ceci s'explique par l'outil d'accroissement avec le recrutement de nouvelles tiges autres qu'en chêne rouge et par le fait qu'après 50 ans, les proportions de chêne rouge dans les peuplements n'ont pas été ajustées.

Pour ce qui est de la plantation, puisque plusieurs traitements ont été réalisés pour avoir le plein boisement et favoriser la croissance des tiges présentes, la proportion de chêne rouge est proche de 100 %.

Valeurs du bois sur pied

Dans tous les scénarios et cas, la valeur du bois sur pied est plus élevée à 120 ans qu'initialement. Il augmente avec le scénario de coupe progressive d'ensemencement. Aussi, la proportion de la valeur du bois sur pied occupée par le chêne rouge, augmente également avec le scénario, indiquant l'importante contribution de cette espèce sur la valeur du bois sur pied du peuplement.

Tableau 14 Portrait du bois sur pied initial et valeurs par cas, scénario et période.

Cas	Scé	Valeurs	0			30			50 / 60 (sce1)			75-80			90			120		
			Total	CHR	% CHR	Total	CHR	% CHR	Total	CHR	% CHR	Total	CHR	% CHR	Total	CHR	% CHR	Total	CHR	% CHR
<5 % CHR	1	m ² /ha	23.3	0.1	0.5%	22.5	0.3	1.3%	20.4	0.4	1.9%				18.9	0.5	2.4%	18.2	0.6	3.1%
		m ³ tot	185.5	1.1	0.6%	182.6	2.3	1.3%	165.0	2.6	1.6%				150.9	3.3	2.2%	144.4	4.4	3.0%
		Total \$/ha	4 491	50	1.1%	6 145	173	2.8%	5 747	122	2.1%				5 164	175	3.4%	5 265	296	5.6%
	2	m ² /ha	23.3	0.1	0.5%													30.2	1.5	5.1%
		m ³ M3 tot	185.5	1.1	0.6%													249.7	12.6	5.0%
		Total \$/ha	4 491	50	1.1%													6 951	932	13.4%
	3	m ² /ha	23.3	0.1	0.5%													29.9	2.7	9.0%
		m ³ tot	185.5	1.1	0.6%													244.5	22.1	9.0%
		Total \$/ha	4 491	50	1.1%													7 535	1 585	21.0%
	4	m ² /ha	23.3	0.1	0.5%				22.7	2.5	11.2%	28.3	3.1	10.9%				31.1	4.0	12.9%
		m ³ tot	185.5	1.1	0.6%				129.8	13.6	10.5%	213.3	21.9	10.3%				262.1	34.3	13.1%
		Total \$/ha	4 491	50	1.1%				953	163	17.1%	5 183	1 166	22.5%				9 170	2 719	29.6%
	5	m ² /ha	23.3	0.1	0.5%				22.7	5.9	26.1%	27.5	6.6	24.0%				30.6	6.2	20.2%
		m ³ tot	185.5	1.1	0.6%				127.3	35.9	28.2%	203.2	49.6	24.4%				255.0	53.5	21.0%
		Total \$/ha	4 491	50	1.1%				1 512	970	64.1%	6 463	3 026	46.8%				10 373	4 235	40.8%
>40% CHR	1	m ² /ha	28.8	13.0	45.2%	28.3	15.8	55.9%	26.6	13.1	49.1%				24.9	11.2	45.0%	22.1	8.9	40.0%
		m ³ tot	197.4	101.6	51.5%	222.4	137.1	61.6%	218.9	117.8	53.8%				209.7	101.7	48.5%	184.6	79.3	43.0%
		Total \$/ha	8 413	7 173	85.3%	12 729	11 048	86.8%	12 516	9 686	77.4%				11 621	7 922	68.2%	9 090	5 250	57.8%
	2	m ² /ha	28.8	13.0	45.2%													29.8	4.5	15.2%
		m ³ tot	197.4	101.6	51.5%													249.7	38.5	15.4%
		Total \$/ha	8 413	7 173	85.3%													8 702	2 898	33.3%
	3	m ² /ha	28.8	13.0	45.2%													30.4	8.4	27.7%
		m ³ tot	197.4	101.6	51.5%													250.0	69.2	27.7%
		Total \$/ha	8 413	7 173	85.3%													10 260	5 152	50.2%
	4	m ² /ha	28.8	13.0	45.2%				21.9	7.0	31.9%	27.0	9.0	33.4%				29.7	10.1	33.8%
		m ³ tot	197.4	101.6	51.5%				122.1	36.9	30.2%	201.0	64.1	31.9%				250.4	85.3	34.1%
		Total \$/ha	8 413	7 173	85.3%				979	380	38.8%	6 387	3 480	54.5%				11 260	6 520	57.9%
	5	m ² /ha	28.8	13.0	45.2%				21.9	9.3	42.3%	25.8	10.6	41.0%				28.5	12.4	43.6%
		m ³ tot	197.4	101.6	51.5%				120.4	51.7	42.9%	188.5	76.9	40.8%				239.1	106.8	44.6%
		Total \$/ha	8 413	7 173	85.3%				1 295	827	63.9%	7 471	4 370	58.5%				13 400	8 399	62.7%
Plantation	6	m ² /ha	23.3	0.1	0.5%				36.6	36.6	100.0%	29.5	29.3	99.4%						
		m ³ tot	185.5	1.1	0.6%				307.3	307.3	100.0%	271.1	270.2	99.7%						
		Total \$/ha	4 491	50	1.1%				28 230	28 230	100.0%	23 891	23 891	100.0%						

4.4.2. Produits et valeurs récoltés

Les volumes récoltés par scénario et période sont présentés à l'annexe 6E (Lessard *et al.* 2018). La figure 7 et la figure 8 résument les volumes totaux récoltés pour l'ensemble des scénarios et pour le chêne rouge. On observe une augmentation des volumes de sciages + déroulages récoltés totaux et de chêne rouge avec le passage des scénarios de coupe progressive de 2 à 5, peu importe la proportion initiale de chêne rouge. Une relation similaire est observée pour les valeurs de produits récoltés.

Pour la plantation, le chêne rouge représente près de 100 % des volumes récoltés sauf si le peuplement initial récolté est inclus (Tableau 15). Pour les années 50 à 80, un volume total de 397 m³ a été récolté pour une valeur de 36 547 \$ dont la majorité en sciage+déroutage (35 309 \$).

Tableau 15. Volumes et valeur récoltée pour le scénario de plantation

Année	Essence	m ³ tot	Scia + Dér.	Total \$/ha	\$ sciage+déroutage
0	CHR	1.1	0.3	50 \$	48 \$
	Total	181.2	52.4	4 484 \$	4 347 \$
50	CHR	128	74	11 712 \$	11 155 \$
	Total	128	74	11 712 \$	11 155 \$
75	CHR	136	81	13 793 \$	13 408 \$
	Total	137	81	13 793 \$	13 408 \$
80	CHR	132	67	11 043 \$	10 747 \$
	Total	133	67	11 043 \$	10 747 \$
Total	CHR	397	222	36 597 \$	35 357 \$
	Total	578	274	41 031 \$	39 656 \$

Même si les valeurs récoltées peuvent être élevées, ça ne veut pas dire que les opérations de récolte sont rentables. Ainsi, le bénéfice net est présenté à la section suivante.

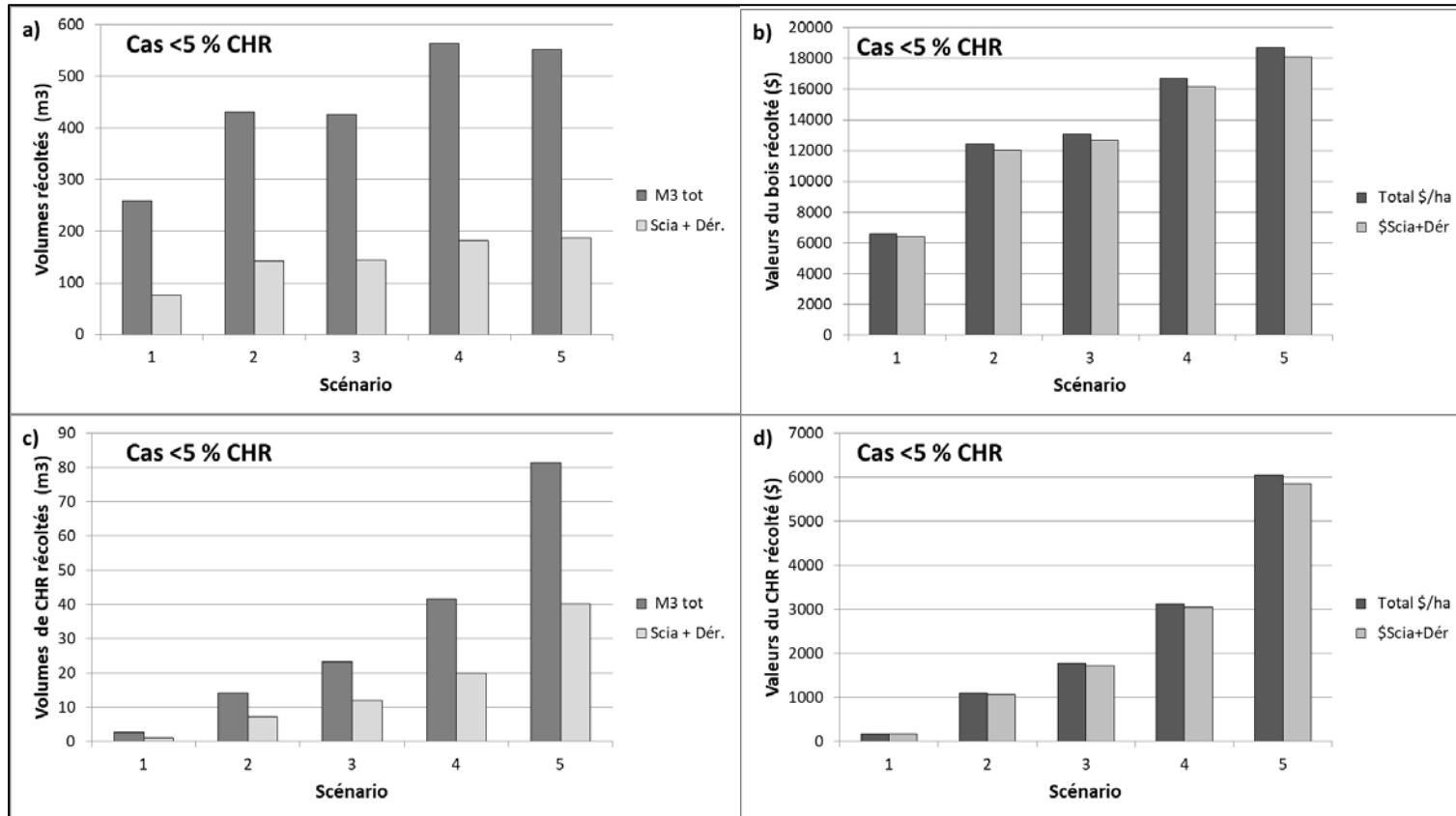


Figure 7. Pour le cas < 5% de chêne rouge a) Volumes récoltés totaux ; c) Volumes récoltés en chêne rouge ; b) Valeur des produits récoltés totaux ; d) Valeur des produits récoltés en chêne rouge.

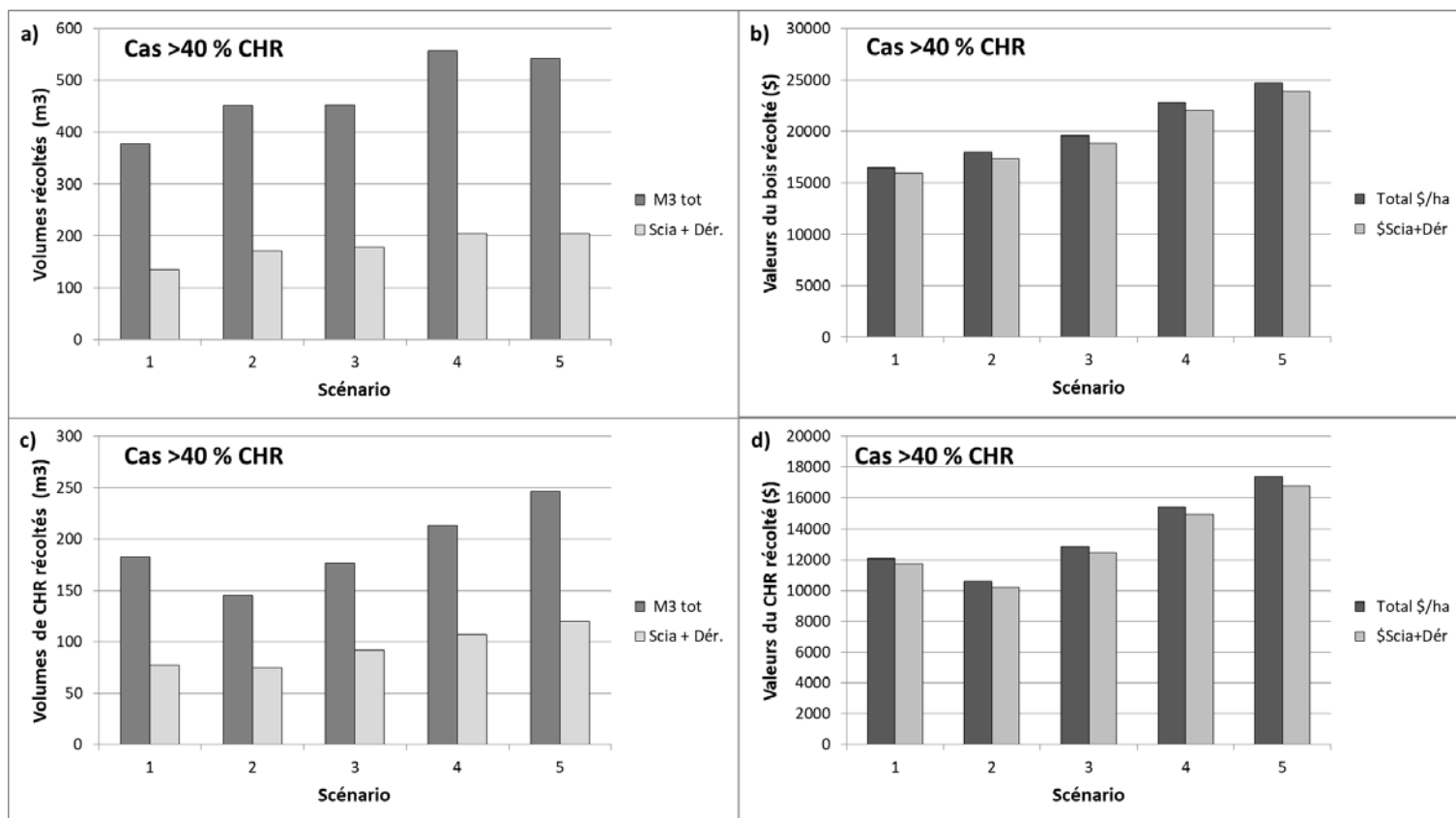


Figure 8. Pour le cas > 40 % de chêne rouge a) Volumes récoltés totaux ; c) Volumes récoltés en chêne rouge ; b) Valeur des produits récoltés totaux ; d) Valeur des produits récoltés en chêne rouge

4.4.3. Rentabilité : bénéfices nets

Le bénéfice net correspond au bénéfice pour le scieur considérant la valeur des bois récoltés et les crédits d'une part et les coûts d'opération, les redevances et les frais fixes d'autre part. Les bénéfices net par hectare et m³ totaux sont présentés au tableau 16. En règle générale, les bénéfices nets sont presque toujours positifs (exception de la CPE à 120 du scénario 2) et augmentent avec le numéro du scénario, donc avec l'augmentation du nombre d'interventions qui visent à favoriser l'installation de la régénération, la croissance et la qualité du bois sur pied. Pour le scénario de CPIcp (1), les bénéfices nets sont similaires quelques soit l'année de récolte, d'environ 500 \$ pour le cas < 5 % chêne rouge. Dans le cas des scénarios 2 à 5, pour le cas < 5 % de chêne rouge, le bénéfice net par ha est inférieur pour la coupe finale à 5 ans que la CPE initiale. Ceci s'explique partiellement par les crédits sylvicoles, le nombre de petites tiges récoltées et la valeur des bois sur pied. Par contre, le contraire est observé pour le cas > 40% de chêne rouge.

D'un point de vue économique, les coûts et revenus des scénarios non commerciaux doivent également être inclus dans le calcul. Ils sont présentés dans la section suivante.

Tableau 16. Bénéfices nets par scénario

Scénario	AN	Traitement	< 5 % CHR		> 40 % CHR	
			Bénéf. net /ha	Bénéf. net / m ³ tot	Bénéf. net /ha	Bénéf. net /m ³ tot
1	0	CPI_CP/ENS	509.49 \$	7.69 \$	576.22 \$	8.05 \$
	30	CPI_CP/ENS	574.99 \$	8.95 \$	1 673.17 \$	19.83 \$
	60	CPI_CP/ENS	533.57 \$	9.77 \$	1 369.17 \$	17.16 \$
	90	CPI_CP/ENS	501.97 \$	12.08 \$	1 241.59 \$	16.49 \$
	120	CPI_CP/ENS	443.95 \$	13.95 \$	1 142.34 \$	17.15 \$
Total 1			2 563.97 \$	52.44 \$	6 002.50 \$	78.68 \$
2	0	CPR/CHR	585.99 \$	7.86 \$	865.91 \$	9.14 \$
	5	CPRS/CHR	376.06 \$	3.54 \$	1 770.20 \$	16.99 \$
	120	CPR/CHR	-116.15 \$	-0.83 \$	337.62 \$	2.50 \$
	125	CPRS/CHR	894.99 \$	8.01 \$	1 506.59 \$	12.80 \$
Total 2			1 740.89 \$	18.58 \$	4 480.32 \$	41.43 \$
3	0	CPR/CHR	585.99 \$	7.86 \$	865.91 \$	9.14 \$
	5	CPRS/CHR	376.06 \$	3.54 \$	1 770.20 \$	16.99 \$
	120	CPR/CHR	189.84 \$	1.43 \$	690.71 \$	5.01 \$
	125	CPRS/CHR	1 017.07 \$	9.02 \$	1 757.54 \$	15.19 \$
Total 3			2 168.96 \$	21.84 \$	5 084.36 \$	46.32 \$
4	0	CPR/CHR	585.99 \$	7.86 \$	865.91 \$	9.14 \$
	5	CPRS/CHR	376.06 \$	3.54 \$	1 770.20 \$	16.99 \$
	50	EC/CHR	398.18 \$	9.93 \$	413.54 \$	12.37 \$
	80	EC/CHR2	47.75 \$	0.63 \$	329.64 \$	4.58 \$
	120	CPR/CHR	677.26 \$	4.56 \$	974.06 \$	7.49 \$
	125	CPRS/CHR	1 431.27 \$	12.04 \$	2 521.24 \$	20.63 \$
Total 4			3 516.50 \$	38.56 \$	6 874.59 \$	71.19 \$
5	0	CPR/CHR	585.99 \$	7.86 \$	865.91 \$	9.14 \$
	5	CPRS/CHR	376.06 \$	3.54 \$	1 770.20 \$	16.99 \$
	50	EC/CHR	486.65 \$	13.06 \$	552.76 \$	15.83 \$
	80	EC/CHR2	437.09 \$	5.74 \$	574.48 \$	8.45 \$
	120	CPR/CHR	998.74 \$	7.13 \$	1 613.94 \$	15.44 \$
	125	CPRS/CHR	1 763.11 \$	15.11 \$	3 117.13 \$	23.02 \$
Total 5			4 647.65 \$	52.44 \$	8 494.42 \$	88.86 \$
Plantation	0	CPRS/CHR1PLNT	462.80 \$	2.55 \$		
	50	EC/CHRPLANT	4 145.40 \$	32.51 \$		
	75	CPR/CHR	5 753.20 \$	42.07 \$		
	80	CPRS/CHR	4 107.70 \$	30.93 \$		
Total 6			14 469.10 \$	108.06 \$		

4.4.4. Analyse économique

Le tableau 17 présente une synthèse de l'analyse économique réalisée avec les VAN selon les 2 cas initiaux et les 5 scénarios types ainsi que le scénario de plantation. Les tableaux détaillés sont présentés à l'annexe 6F (Lessard *et al.* 2018). On note que le cas avec une composition initiale de 40 % de chêne rouge génère un revenu actualisé et une VAN plus élevée que le cas avec une faible présence de chêne rouge, peu importe le scénario. La présence de chêne, sa proportion dans le peuplement futur, l'augmentation de la proportion de bois d'œuvre sont autant de facteurs significatifs pour améliorer la VAN, particulièrement en raison de la valeur élevée et stable de cette essence sur les marchés. Par contre, la VAN des scénarios avec enrichissement et nettoyage est similaire ou légèrement inférieure à celle sans nettoyage. Les hypothèses de composition en chêne rouge suivant les traitements de nettoyage à 5 ans et en l'absence de nettoyage pourraient être révisées dans ce cas, pour augmenter les proportions et qualités des tiges de chêne rouge.

L'aménagement intensif par la plantation, voire en peuplement naturel, permettrait de raccourcir significativement les révolutions et, de ce fait, ramener plus tôt la production de valeur contribuant alors à l'obtention d'une VAN positive plus élevée. On note que la VAN est toujours positive, mais plus faible lorsqu'il n'y a pas de coupe forestière initiale. Cette situation risque de se produire en présence de peuplements d'origines dégradés, comme ce peut être le cas pour les superficies qui seront ciblées dans la stratégie en plantation dont les volumes sur pied ne sont pas assez intéressants pour justifier l'intervention.

Tableau 17. Synthèse économique

Peuplement	Scénario (Horizon)	Indicateur économique*	Coût (\$)	Coût Actualisé (\$)	Vol. m ³ récolté	Revenu (\$)	Revenu Actualisé (\$)	VAN (\$)
Cas < 5% de CHÊNE ROUGE	1- CPI_cp	0.00	7395	3132	194	16229	6598	3466
	2- CPR - DEB - CF - DEG - CPR- CF	0.40	14532	6945	321	29564	13040	6094
	3- CPR- DEB- ENR500 - CF- DEG - CPR- CF	0.30	15270	7725	316	29830	13346	5621
	4- CPR- DEB- ENR500 - CF- DEG - EC1 - EC2 - CPR- CF	0.41	19271	8536	423	40391	15244	6708
	5 - CPR- DEB- ENR500 - CF/NET- DEG - EC1 - CPR- CF	0.39	20086	9218	415	43320	15904	6686
> 40 % de CHÊNE ROUGE	1- CPI_cp	0.00	10183	3991	273	34329	11699	7708
	2- CPR - DEB - CF - DEG - CPR- CF	0.45	15583	7994	337	38797	19143	11148
	3- CPR- DEB- ENR500 - CF- DEG - CPR- CF	0.37	16369	8780	337	40081	19578	10797
	4- CPR- DEB- ENR500 - CF- DEG - EC1 - EC2 - CPR- CF	0.48	19596	9464	416	50408	21431	11968
	5 - CPR- DEB- ENR500 - CF/NET- DEG - EC1 - CPR- CF	0.44	20343	10154	406	52597	21926	11773
Plantations	6a) Plantation	0.00	23414	13166	429	76623	26970	13804
	6b) comme 6a + élagage à 8 ans	-0.05	24847	14209	429	77101	27318	13109
	6c) comme 6b, mais sans revenu initial de coupe forestière	-0.74	20399	9901	292	65785	16060	6159

*Par rapport au scénario 1 d'un même peuplement

4.5. SYNTHÈSE

Plusieurs éléments clés ressortent de ces analyses :

- Le chêne rouge et le pin blanc sont deux essences de la forêt feuillue québécoise très intéressantes économiquement. Ce sont elles qui ont le potentiel de produire le plus de bois de valeur (sciage et déroulage) par tige. Le pin blanc se distingue d'ailleurs nettement des essences feuillues, en produisant deux fois plus de bois de sciage et déroulage pour une tige de 50 cm de DHP.
- Les **redevances perçues par l'État** sont aussi nettement supérieures pour le chêne rouge et le pin blanc, comparativement aux autres feuillus (ex. : érable à sucre, bouleau jaune). Elles doublent pour des tiges de 40 cm et triplent pour des tiges de 48 cm de DHP. Pour un arbre 40 cm de diamètre, la valeur du pin blanc est même de 15 % plus élevée que celle du chêne rouge.
- La **valeur du bois sur pied** augmente avec la proportion de chêne dans le peuplement. Elle est ainsi 1,5 fois plus élevée pour un peuplement avec 50 % de chêne rouge, comparativement à un peuplement avec 20 %.
- La **présence de chêne** dans le peuplement initial, sa proportion dans le peuplement futur et l'augmentation de la proportion de bois d'œuvre sont autant de facteurs significatifs pour améliorer la VAN, particulièrement en raison de la valeur élevée et stable de cette essence sur les marchés.
- Même si les simulations n'ont pas été faites pour le pin blanc, on peut anticiper, d'après le tableau comparatif des redevances, que la **proportion de pin blanc** dans le peuplement initial augmenterait significativement la valeur du bois sur pied à maturité et la VAN.
- Il est **important de réaliser les interventions culturales** visant à favoriser la survie, la croissance et la qualité des tiges de chêne rouge. Cela contribue nettement à augmenter la valeur du bois sur pied comme ces opérations semblent rentables.
- Les travaux **d'enrichissement, de nettoyage, et de dégagement** arrivent très tôt dans les scénarios et ont un gros impact sur la VAN.
- Il serait très intéressant de considérer une **méthode de production « situative »**, telle que décrite par Schütz (2005), afin de maîtriser les coûts des interventions culturales. Cet auteur propose de quitter l'ancien concept de constitution d'une cohorte de tiges utiles sur toute la superficie (ensemble du collectif) pour ne se concentrer que sur un nombre restreint de candidats, appelés *arbres de place* (arbre d'avenir) et de pratiquement ne rien faire au reste. Ceci permet une économie substantielle.

- L'aménagement intensif pourrait permettre de **raccourcir significativement les révolutions** et, de ce fait, ramener plus tôt la production de valeur contribuant subséquemment à l'obtention d'une VAN positive.
- Les scénarios en **futaies équiennes** sont financièrement avantageux.

Il est à noter que les analyses ont été faites dans une même zone de tarification. Considérant que le chêne rouge peut coûter 35\$/m³ en transport dans un zone de tarification pour un chantier moyennement éloigné et 27\$/m³ en transport dans la même zone pour une chantier proche des usines, il pourrait être intéressant d'utiliser plutôt les distances réelles de transport (temps de cycle réel) que la zone de tarification et considérer plus les classes de temps de cycle pour les redevances. Les outils informatiques sont actuellement disponibles pour ce genre de calcul.

5. ÉLÉMENTS DE LA STRATÉGIE D'AMÉNAGEMENT

Les éléments de la stratégie présentés ci-dessous couvrent plusieurs aspects. Dans un premier temps, une précision est apportée en lien avec la problématique des changements climatiques, soit la place du chêne rouge et du pin blanc comme des espèces résistantes et non résilientes comme elles l'avaient été présentées dans l'offre de service. Les quatre grands axes de la stratégie sont ensuite présentés. Enfin, le chapitre traite de la question des approvisionnements et du maintien de la possibilité forestière, ainsi que de propositions de cibles pour le suivi de cette stratégie.

5.1. PRODUCTION DE PEUPEMENTS RESISTANTS DANS UN CONTEXTE DE CHANGEMENTS CLIMATIQUES

En cours de projet, la cible a glissé progressivement de la production de peuplements **résilients** à la production de peuplements **résistants**³. En effet, face à la difficulté de régénérer naturellement le pin blanc et le chêne rouge sans le mécanisme naturel des feux de forêt (maintenant disparus de la vallée du Saint-Laurent et des différents domaines de l'érablière), l'intervention humaine est nécessaire. On parle alors davantage de la constitution de peuplements résistants aux changements climatiques. Compte tenu des informations recueillies dans le document « *État des connaissances* » (Ferrer et al. 2018), le chêne rouge et le pin blanc sont deux essences s'étant adaptées à la sécheresse, dont l'aire de distribution est appelée à s'étendre progressivement plus au nord sur le territoire, selon les modèles de projection de la migration en lien avec les changements climatiques (réchauffement).

5.2. QUATRE GRANDS AXES D'AMÉNAGEMENT

Quatre grands axes d'aménagement se sont dégagés dans le cadre des stratégies du chêne rouge et du pin blanc. Ils reposent sur certaines prémisses importantes qui sont présentées en premier lieu.

5.2.1. Prémisses

La présence d'un couvert protecteur apparaît comme un élément important du processus de régénération naturelle du chêne rouge et du pin blanc. Ainsi, pour distinguer les différents cas de la typologie utilisée pour le choix des scénarios, le seuil de 55 % du couvert (classe de couvert de 60 %) a été utilisé (inspiré notamment des densités A et B de la stratégie initiale du MFFP). Ce seuil constitue un minimum d'ouverture pour l'obtention d'un couvert protecteur. En effet, la coupe partielle appliquée dans des peuplements dont la densité du

³ Proposition retenue de Frédéric Doyon, professeur à l'ISFOR

couvert est inférieure à 55 % abaisse le couvert après interventions de moins de 40 %, ce qui est insuffisant. De plus, comme il y a un lien assez direct entre ces densités de couvert et le volume sur pied, très souvent, les densités de couvert sous ce seuil ne présentent pas de volumes suffisants à prélever pour une coupe partielle (procédé de régénération par coupes progressives ou par coupes progressives irrégulières).

De plus, un concept assez consensuel s'est dégagé petit à petit au fil des réflexions faites lors de l'atelier pour la conduite de peuplement. L'implantation d'une succession assistée en chênaie à chêne rouge ou pinède à pin blanc ou d'une conversion en peuplement dominé par ces espèces entraîne automatiquement **une sylviculture fine lors de l'établissement du peuplement**. En effet, autant dans les peuplements à régénérer artificiellement que dans les peuplements combinant la régénération artificielle et naturelle, l'investissement est important dans les premières années, avec une série d'interventions légères, mais fréquentes et surtout *sine qua non* pour assurer l'installation abondante et la survie de la régénération. De plus, les coûts élevés associés à ces interventions multiples en jeune âge du peuplement imposent de prioriser les stations au potentiel le plus élevé en chêne rouge ou pin blanc et de considérer le principe de parcimonie.

Nous posons comme autre prémisse, que **la préférence, lors des procédés de régénération, doit toujours être mise sur la régénération naturelle**. La régénération artificielle par plantation ou ensemencement de glands constitue par contre un complément souvent nécessaire, qui peut être à géométrie variable, en fonction de la quantité et de la répartition des semenciers sur pied.

Enfin, la sylviculture proposée pour la production de chêne rouge et de pin blanc s'effectue principalement en **futaie régulière (régime équienne)**, imitant ainsi la dynamique naturelle des grandes perturbations (ex. : feu). Pour le pin blanc, il est aussi possible d'explorer la structure irrégulière, sous une forme pluri-étagée.

5.2.2. Quatre grands axes de la stratégie

À partir des résultats de l'atelier, des avis d'experts et de la revue de littérature, quatre grands axes semblent se dégager. Ils sont présentés ci-dessous par priorité d'intervention :

1. **L'instauration d'une succession assistée** pour les peuplements prêts à être récoltés, avec une **présence importante de chêne rouge et de pin blanc (> 25 % pour faire référence à la fiche VOIC (MFFP 2017))** et d'un **couvert protecteur pour**

installer la régénération (critère minimum de 55 % et plus de couvert ; prioriser même les peuplements avec plus de 65 % de couvert initial). Le procédé de régénération par coupes progressives régulières est alors considéré. L'enrichissement sous couvert est nécessaire pour compléter la régénération naturelle, en vue de la recherche du plein boisement. Certaines exigences de zonage ou de biodiversité peuvent demander l'utilisation du procédé de régénération *par coupes progressives irrégulières*. Dans le cas du pin blanc, il demeure possible de maintenir une production de pin blanc sous ce régime, contrairement au chêne rouge. Cet axe est le plus porteur pour la production de peuplement avec pin blanc et chêne rouge.

2. **L'accroissement rapide de la valeur sur pied** pour les **jeunes peuplements fermés** et en pleine croissance, avec une **présence importante chêne rouge et le pin blanc (> 25 %)**. Les peuplements dont le **potentiel de croissance** pour le chêne rouge ou le pin est parmi les **meilleurs** doivent être priorités. Lorsqu'il y a un marché de pâte, cette situation propice aux éclaircies commerciales, représente le meilleur retour sur l'investissement pour l'État.
3. **La conversion de peuplements** par la régénération artificielle, là où le **potentiel forestier est très élevé à exceptionnel pour le chêne rouge ou le pin blanc**.
 - **Sous couvert.** Il s'agit d'une installation de ces essences sous un couvert protecteur. Dans le cas du chêne rouge, on cible les peuplements avec une densité de couvert supérieure à 55 %, avec une présence limitée de chêne (< 25 %). Une coupe progressive d'abri est alors proposée suivie d'un enrichissement systématique. Pour le pin blanc, cet axe concerne les peuplements dont la densité de couvert est inférieure à 55 %, quelle que soit la présence du pin blanc. Dans ces cas-là, à cause des risques élevés d'attaques du charançon en milieu ouvert, aucune récolte n'est envisagée. Le couvert actuel est laissé sur pied et sert de couvert protecteur à la régénération qui sera implantée artificiellement.
 - **En milieu ouvert** (densité de couvert < 55 %). Cet axe ne s'applique qu'au chêne rouge. Étant en présence de peuplements peu denses, les procédés de régénération par coupe à blanc sont privilégiés et suivis d'une plantation. Des coupes à blanc par bandes sont considérées lorsque les proportions de chêne rouge sont supérieures à 25 %, afin de profiter de la présence de semenciers à proximité. À noter que les sites de potentiels modérés à élevés pourraient être inclus dans ce cas, conformément à la fiche VOIC. Cette

option comporte plus de risques liés à la présence importante de la compétition.

4. **Le maintien de la présence de ces espèces** dans les peuplements dont le **potentiel de croissance pour le chêne rouge et le pin blanc n'est pas optimal** (modéré à élevé) **et leur présence limitée** (< 25 %). Le choix du scénario n'est pas dicté par le chêne rouge, ni le pin blanc. Dans ce cas, on vise plutôt à maintenir ces essences dans le paysage, comme éléments de la biodiversité, sans effort accru pour en permettre la production. L'aménagement pour le chêne rouge et le pin blanc est alors extensif. Des modalités universelles pourraient être proposées autour des individus ou des groupes de pins blancs et/ou chênes rouges, pour favoriser leur régénération.

5.3. MAINTIEN SUR PIED DES SEMENCIERS ET LIMITATION DES IMPACTS SUR LES GARANTIES D'APPROVISIONNEMENT ET DE POSSIBILITE FORESTIERE

Un enjeu important consiste à trouver un compromis entre la volonté de maintenir sur pied des semenciers pour assurer la régénération naturelle en essences désirées et minimiser les impacts de cette rétention sur les niveaux actuels de garanties d'approvisionnement et de possibilité forestière. Quelques pistes de solutions sont avancées :

- **Des rotations (*cutting cycle*) plus courtes dans les peuplements déjà productifs** ; ce qui permettra de limiter les pertes et le ralentissement de l'accroissement, tout en assurant un volume de récolte, si le volume sur pied le permet, par exemple pour l'éclaircie commerciale.
- **Des révolutions plus courtes**, qui permettront d'éviter des retards de croissance, seront facilitées par les traitements d'éducation et un régime d'éclaircies.
- **La définition d'espacements cibles entre les tiges résiduelles** lors de prélèvements partiels, pour permettre la récolte de certaines d'entre elles lorsque les semenciers sont trop rapprochés (augmentation du volume prélevé et de la quantité de bois d'œuvre).
- **L'utilisation du diamètre à maturité, lorsqu'il y a plusieurs tiges en présence.** Une partie des plus gros diamètres pourrait être prélevée s'il y a présence, en nombres suffisants, de tiges bien réparties de plus petits diamètres.
- Dans un procédé par coupes progressives régulières, **un prélèvement élevé lors de la coupe finale** suit le sacrifice momentané en rendements et en gains lors de la première coupe d'ensemencement. Cette coupe finale a lieu dans un avenir

rapproché dans le cas du chêne rouge (entre 4 et 7 ans), et jusqu'à 20 ans pour le pin blanc en présence de risques de charançons.

- Dans le cas où la coupe à blanc avec semenciers est retenue ; on peut envisager de maintenir seulement 25-30 semenciers/ha. Toutefois, ceci donne un espacement de 18-20 m entre les tiges. Pour les coupes progressives, on parle davantage de 75 à 100 tiges/ha selon un espacement de 10 à 12 m entre les tiges⁴.

5.4. CONSIDERATIONS IMPORTANTES POUR LA CONSTITUTION DE CHANTIERS LORS DE LA PLANIFICATION

Lorsque ces stratégies s'appliquent, certaines considérations doivent être prises en compte, en présence du procédé de régénération par coupes progressives :

- Planifier des chantiers en chapelets pour s'assurer que les chemins seront toujours ouverts au moment de la réalisation de la coupe finale, environ 5 ans (4 à 7 ans) après la préparation de terrain (scarifiage ou débroussaillage). La préparation de terrain devra être privilégiée lors d'une bonne année semencière, condition gagnante pour la réussite de l'installation de la régénération naturelle.
- Prioriser des secteurs où le volume sur pied est plus élevé, prévisible par une densité plus élevée du couvert (> 65 %), pour favoriser la rentabilité de chacune des deux coupes (coupe d'ensemencement et coupe finale).

5.5. CIBLES POUR LE SUIVI DE LA STRATEGIE D'AMENAGEMENT

Plusieurs cibles peuvent être avancées, permettant de faire le suivi de la stratégie dans le temps.

5.5.1. Superficies disponibles et priorisation

Parmi les superficies disponibles, une priorisation peut être réalisée, afin de cibler celles qui seront retenues dans la planification finale des interventions. Trois premiers critères, pouvant être retenus quelles que soient les familles de scénarios, sont proposés pour guider cette priorisation :

- **Le potentiel de croissance de la station**, en misant sur le fait que les classes de meilleurs potentiels réunissent les conditions préférables de succès de l'installation

^{4 4} En fait, si on se fie aux nomogrammes de densité, pour une ouverture de 50 % de couvert avec un DHP moyen de 50 cm, il faut environ 125 tiges/ha, soit un espacement d'environ 9 m entre les tiges. (cf. tableau dans le chapitre sur les éléments de stratégies sylvicoles).

de la régénération naturelle et la croissance des tiges de chêne rouge et pin blanc. Ces classes constituent aussi les meilleures conditions de croissance pour l'éclaircie commerciale, favorisant une amélioration du rendement sur l'investissement.

- **La présence du chêne rouge et du pin blanc**, en considérant que le succès de la régénération naturelle résulte en grande partie de la présence de semenciers. Pour l'éclaircie commerciale, la présence de ces espèces favorise le rendement financier.
- **La densité du couvert total**, en considérant que les couverts plus denses (> 65 %) donnent plus de marge de manœuvre pour rendre la coupe finale rentable, en présence d'un procédé de régénération par coupes progressives.

Les superficies proposées pour les grands axes de la stratégie sont les suivantes :

- **Instauration d'une succession assistée** (présence d'un couvert protecteur > 55 %, et présence du chêne rouge et du pin blanc > 25 %) - **procédé de régénération par coupe progressive : 154 722 ha.**

Dans un exercice de priorisation des superficies à retenir, les superficies dont la présence de chêne rouge et pin blanc est la plus élevée devraient être considérées en priorité (présence > 45 %), couvrant 75 770 ha. Devraient suivre les superficies avec une présence de ces 2 essences variant entre 25 et 45 %, pour respecter la fiche VOIC sur les essences en raréfaction (MFFP 2017).

Les superficies avec les classes de potentiels très élevé à excellent devraient aussi être retenues en priorité, couvrant respectivement 45 835 ha pour les peuplements avec plus de 45 % de chênes rouges et pins blancs et 62 144 ha pour les peuplements avec 25-45 % de chênes rouges et pins blancs.

Enfin, les superficies avec une densité de couvert supérieure à 65 %, voire même 75 % pourraient également être sélectionnées en priorité, afin d'assurer la présence d'un volume suffisant lors de la coupe finale et d'augmenter ainsi les chances que cette dernière ait réellement lieu. Les superficies avec un couvert initial inférieur à 65 % pourraient être agglomérées ensuite, lors de la création des chantiers.

- **Accroissement rapide de la valeur sur pied** (jeunes peuplements fermés, avec présence de chêne rouge et le pin blanc > 25 %) – **régime d'éclaircies : 75 299 ha.**

Les superficies avec plus de 25 % d'essences en raréfaction sur pied (chênes, pin blanc et autres) sont automatiquement priorisées. Parmi celles-ci, les meilleurs potentiels pourraient être sélectionnés en premier lieu (50 341 ha). La priorité pourrait aussi être donnée aux peuplements les plus hauts, pour une rentabilité accrue.

- **Conversion de peuplements sous couvert** (présence d'un couvert protecteur > 55 %, mais présence du chêne rouge et du pin blanc < 25 %) – **coupes progressives d'abri : 80 497 ha.**

La conversion de peuplements sous couvert cible exclusivement les sites les plus riches (potentiel très élevé à excellent).

- **Conversion de peuplements en milieu ouvert** présence d'un couvert protecteur < 55 %, et présence du chêne rouge et du pin blanc < 25 %) – **procédés de régénération par coupes à blanc : 61 793 ha.**

La conversion de peuplements en milieu ouvert cible en priorité les sites les plus riches (potentiel très élevé à excellent), couvrant 53 348 ha. À ces superficies, s'ajoutent en seconde priorité 8 445 ha de potentiel modéré à élevé, où les présences du pin blanc et du chêne rouge dépassent 25 % (application de la fiche VOIC sur les essences en raréfaction selon MFFP (2017)).

5.5.2. Cibles VOIC

La fiche VOIC du MFFP sur les essences en voie de raréfaction (MFFP 2017) concerne spécifiquement les chênes (chênes rouge, blanc, à gros fruits et bicolore), ainsi que les pins blanc et rouge. Cette fiche fixe des cibles de reboisement pour maintenir ou augmenter la présence de ces espèces, ainsi que des écarts acceptables :

- **Chêne rouge** : 60 000 plants mis en terre/année
- **Pin blanc** : 1 000 000 plants mis en terre en 2018 ; 500 000 en 2019 et 250 000 en 2020-23.

Les superficies retenues pour la mise en terre de plants de chêne rouge et de pin blanc devraient être réparties dans les différents axes proposés, soit en instauration d'une succession assistée et en conversion de peuplements par la régénération artificielle, là où le potentiel forestier est très élevé à exceptionnel.

Il demeure important de maintenir au minimum un vétéran à l'hectare pour des considérations structurales et fauniques. Les grands pins blanc servent de perchoirs à de nombreuses espèces de rapaces ; leurs cavités abritent également plusieurs espèces (MFFP, 2016).

6. ÉLÉMENTS DE LA STRATÉGIE SYLVICOLE

La proposition de stratégie sylvicole découle d'une réflexion basée sur plusieurs sources d'informations : la démarche en cours du bureau régional de l'Outaouais du MFFP qui est en train de développer des filtres de choix de traitements sylvicoles pour favoriser le pin blanc et le chêne rouge, l'état des connaissances basé sur la littérature scientifique disponible et les avis des experts consultés (chapitres 1 et 2) et les résultats des analyses financières qui ont été réalisées dans le cadre du présent projet (chapitre 4).

Cette section présente les scénarios sylvicoles proposés pour le chêne rouge d'une part et le pin blanc d'autre part, ainsi que quelques notes sur les traitements et modalités de ces scénarios.

6.1. SCÉNARIOS SYLVICOLES PROPOSÉS POUR LE CHÊNE ROUGE

En lien avec la stratégie d'aménagement, la séquence de travaux du scénario sylvicole varie en fonction du peuplement d'origine et de l'axe retenu dans la stratégie d'aménagement. Deux familles de scénarios sont proposées : celui utilisant le procédé de régénération des coupes progressives régulières et celui utilisant le procédé de régénération de la coupe totale.

6.1.1. Scénario utilisant le procédé de régénération des coupes progressives régulières

Ce scénario fait référence aux axes : **Instauration d'une succession assistée**, **Conversion de peuplements sous couvert** et **Accroissement rapide de la valeur sur pied**. Il concerne, dans un premier temps, les peuplements matures de **densité de couvert supérieure à 55 %**. Le maintien d'un couvert protecteur est alors possible lors de la coupe d'ensemencement, favorisant l'installation de la régénération naturelle et la survie de la jeune régénération (naturelle et artificielle) Ce scénario implique obligatoirement l'utilisation de la régénération artificielle ; la régénération naturelle étant un complément réduisant le risque. On vise le plein boisement sur les sites les plus riches, là où les retombées financières seront les plus intéressantes. Ce scénario propose également une succession d'interventions au moment de l'implantation de la régénération et pendant son jeune âge (débroussaillage, nettoyage, dégagements, taille, élagages, éclaircies), qui est essentielle pour garantir une production de bois de qualité et en quantité. La présence variable du chêne rouge orientera le scénario vers une coupe progressive régulière (CHR + PIB > 25 %) où l'on privilégiera la présence des tiges dominantes de chênes parmi les tiges résiduelles ou une coupe progressive d'abris (*nurse-tree shelterwood*) (CHR + PIB < 25 %). Ce scénario est également recommandé dans le document sur les enjeux de composition (MFFP, 2018).

Les peuplements immatures de densité de couvert supérieure à 55 %, avec une présence importante de chêne rouge (CHR + PIB > 25 %), et situés sur des sites dont le potentiel de croissance du chêne rouge ou du pin blanc est parmi les meilleurs, sont aussi concernés par ce scénario. Ils viennent se joindre au scénario, mais au stade de développement correspondant (portion grise). Par exemple, si le peuplement est au stade perchis, il se greffe à l'étape de l'éclaircie avec la vérification de l'admissibilité financière du traitement (8-10 m³/ha en bois de sciage selon les industriels consultés).

Tableau 18. Séquences du scénario par coupes progressives régulières avec régénérations naturelle et artificielle

Traitements	Coupe progressive d'ensemencement ou coupe progressive d'abris	Débroussaillage	Plantation	Coupe finale	Dégagement hâtif	Dégagement, taille et élagage	Dégagement (puits)	Éclaircie commerciale	Coupe d'ensemencement	Coupe finale
Années ou critères d'admissibilité	0	0-3	0-3	4-7 ans après PL ou 1-1,5 m de hauteur	4-7 ans	15-20	20-25	Min: 8-10 m ³ /ha en sciage	75-125	4-7 ans après
Modalités	50% ouverture du couvert (lumière au sol)	Avec débroussaillageuse ou circulation de la machine lorsque la compétition est faible. Privilégier les bonnes années semencières	Plantation de 400 à 2500 plants/ha. Ensemencement de 2500 glands/ha tard à l'automne. La régénération naturelle est un complément pour gérer le risque.	Avec rétention de quelques rémanents	400 à 2500 tiges/ha	360 à 600 tiges/ha	360 à 600 tiges/ha	Référer aux nomogrammes de densité ou tableaux d'espacement moyen	50% ouverture du couvert	Avec rétention de quelques rémanents

6.1.2. Scénario utilisant le procédé de régénération de la coupe totale

Ce deuxième scénario fait référence à l'axe **Conversion de peuplements en milieu ouvert** : Il concerne les peuplements matures de **densité de couvert inférieure à 55 %**. Le bois sur pied ne permet pas le maintien d'un couvert protecteur après une coupe partielle. En présence d'un potentiel de croissance parmi les meilleurs pour le chêne rouge, il est proposé de réaliser une coupe totale et de régénérer artificiellement ces superficies, en visant le plein boisement (tableau 19). Le patron de coupe par bandes présente des avantages comme le maintien d'un certain effet protecteur de la bande pour limiter la lumière et donc la compétition et le maintien de semenciers à proximité. Cela permet aussi un étalement de la récolte. Certaines exigences de zonage peuvent également demander l'utilisation de coupe par bandes.

Tout comme le scénario précédent, ce scénario propose une succession d'interventions au moment de l'implantation de la régénération et pendant son jeune âge (débroussaillage, nettoyage, dégagements, tailles, élagages, éclaircies), qui est essentielle pour garantir une

production de bois de qualité et en quantité. En l'absence de couvert protecteur, il faudra aussi s'attendre à une lutte plus sévère contre la compétition.

Tableau 19. Séquences du scénario par coupe totale avec régénération artificielle

Traitements	Coupe totale	Débroussaillage	Plantation	Dégagement hâtif	Dégagement, taille et élagage	Dégagement (puits)	Éclaircie commerciale	Coupe d'ensemencement	Coupe finale
Années ou critères d'admissibilité	0	0	0	4-7 ans ou 1-1,5 m de hauteur	10-15 ans	20-25	Min: 8-10 m ³ /ha en sciage	75-125	4-7 ans après
Modalités	Maintien de legs, d'arbres fauniques et de 1 prédominant /ha	Avec débroussailluse ou circulation de la machine lorsque la compétition est faible	Plantation de 400 à 2500 plants/ ha Ensemencement de 2500 glands /ha tard à l'automne	400 à 2500 tiges/ha	360 à 600 tiges/ha	360 à 600 tiges/ha	Référer aux nomogrammes de densité ou tableaux d'espacement moyen	50% ouverture du couvert	Avec rétention de quelques rémanents

Note : ce scénario peut également être celui de la bande coupée. Les efforts de nettoyage et dégagement pourraient être moindres.

6.2. SCENARIOS SYLVICOLES PROPOSES POUR LE PIN BLANC

Trois familles de scénarios sont proposées pour le pin blanc : celles utilisant le procédé de régénération des coupes progressives régulières d'une part et irrégulières d'autre part et une troisième axée sur la régénération artificielle sans prélèvement de couvert.

6.2.1. Scénario utilisant le procédé de régénération de coupes progressives régulières

Ce scénario fait référence aux axes **Instauration d'une succession assistée**, **Conversion de peuplements sous couvert** et **Accroissement rapide de la valeur sur pied**. Il concerne dans un premier temps les peuplements matures de **densité de couvert supérieure à 55 %**, permettant alors le maintien d'un couvert protecteur lors de la coupe d'ensemencement, favorisant l'installation de la régénération naturelle et la survie de la jeune régénération (naturelle et artificielle) (tableau 20). Ce scénario implique automatiquement l'utilisation de la régénération artificielle et la régénération naturelle y est un complément qui diminue le risque. On vise le plein boisement sur les sites les plus riches où les retombées financières seront les plus intéressantes. Il propose aussi une succession d'interventions au moment de l'implantation de la régénération et pendant son jeune âge (préparation de terrain, nettoyage, dégagements, taille, élagages, éclaircies), qui est essentielle pour garantir une production de bois de qualité et en quantité. Contrairement au chêne rouge, la présence d'un lit de germination perturbé est

essentielle pour assurer le succès de la germination des semences de pin blanc. Ce scénario est également recommandé dans le document sur les enjeux de composition (MFFP, 2018).

En outre, dans les secteurs à risques élevés d'attaques de charançons, il est recommandé de retarder la coupe finale; soit, lorsque les jeunes pins blancs auront atteint 5-6 m ou 20 ans. Cette dernière pourrait être devancée vers 5 ans, si la régénération naturelle est très abondante (ex. : brosse de pins). La lutte aux charançons se fait alors par le maintien d'une densité élevée, mais seulement en l'absence de rouille vésiculeuse. La présence variable du pin blanc orientera le scénario vers une coupe progressive régulière (CHR + PIB > 25 %) ou une coupe progressive d'abri (*Nurse-tree Shelterwood*) (CHR + PIB < 25 %).

Les peuplements non matures de densité de couvert supérieure à 55 %, avec une présence importante de pin blanc (CHR + PIB > 25 %), et situés sur des sites dont leur potentiel de croissance est parmi les meilleurs, sont aussi concernés par ce scénario. Ils viennent s'y joindre, mais au stade de développement correspondant (portion grise).

Tableau 20. Séquences du scénario par coupes progressives régulières avec régénérations naturelle et artificielle

Traitements	Coupe progressive d'ensemencement ou coupe progressive d'abris	Scarifiage	Plantation	Dégagement hâtif	Dégagement, taille et élagage (phytosanitaire entre autres)	Coupe finale	Dégagement (puits)	Éclaircie commerciale	coupe d'ensemencement	Coupe finale
Années ou critères d'admissibilité	0	0-3	0-3	5	10-15	20 ans après PL ou 5-6 m de haut	20-25		125-150	
Modalités	50% ouverture du couvert	Scarifiage ou circulation de la machine lorsque la compétition est faible Privilégier les bonnes années semencières	Plantation de 1000 à 2500 plants/ ha La régénération naturelle est un complément pour gérer le risque.	400 à 2500 tiges/ha	400 à 500 tiges/ha	Avec rétention de quelques rémanents	200 à 250 tiges/ha	Référez aux nomogrammes de densité ou tableaux d'espacement moyen	50% ouverture du couvert	Avec rétention de quelques rémanents

Note : La coupe finale pourrait être devancée vers 5 ans si la régénération naturelle est très abondante (ex. brosse de pins). La lutte aux charançons se fait alors par le maintien d'une densité élevée s'il n'y a pas de rouille vésiculeuse, situation plutôt rare dans l'Outaouais.

6.2.2. Scénario utilisant le procédé de coupes progressives irrégulières

Habituellement, le procédé de régénération par coupes progressives irrégulières s'applique aux peuplements de structure irrégulière composé d'espèces longévives et où la densité du couvert

est supérieure à 55 %. Dans le cas du pin blanc, on le recommande surtout pour répondre à des exigences de zonage. Il est alors associé à l'axe ***Instauration d'une succession assistée***, avec la présence d'une **densité de couvert supérieure à 55 %** et du pin blanc supérieure à 25 %. Ce scénario propose une succession d'interventions au moment de l'implantation de la régénération et pendant son jeune âge (débroussaillage, nettoyage, dégagements, tailles, élagages, éclaircies), qui est essentielle pour garantir une production de pin blanc de qualité et en quantité. Ces interventions représentent un grand défi de suivis dans le temps en futaie irrégulière.

L'approche par micro peuplement (ou par groupe) est proposée lorsque la CPI est considérée pertinente. Il s'agit de gérer la lumière sur la base du taux de recouvrement de la cime visé après intervention, en fonction des besoins des tiges en place (liés à leur stade de développement) qui constitueront le futur peuplement. Trois principaux cas types de micro peuplements peuvent se présenter :

- **Installation de la régénération** : Coupe d'ensemencement générant une ouverture du couvert de 50 %, permettant un apport suffisant de lumière au sol, tout en conservant un couvert protecteur qui limite l'envahissement par la compétition. On doit aussi s'assurer d'une répartition uniforme des semenciers résiduels. Se référer aux étapes de scarifiage, plantation et dégagement hâtif, dégagement, taille et élagage tels que décrits dans le scénario par coupes progressives régulières (tableau 20).
- **Libération de la régénération établie** : En présence d'un îlot de régénération bien établi, formation d'une trouée permettant un apport important de lumière pour favoriser la croissance. Se référer à l'étape de la coupe finale du scénario par coupes progressives régulières (tableau 20).
- **Amélioration de la croissance des tiges d'avenir** : Maintien d'un espace vital optimal pour la croissance des tiges résiduelles (environ 60-70 % de couverture). Se référer aux étapes de dégagement par puits de lumière et d'éclaircie du scénario par coupes progressives régulières (tableau 20).

6.2.3. Scénario par régénération artificielle sans prélèvement de couvert

Ce scénario fait référence à l'axe ***Conversion de peuplements sous couvert***. Il concerne les peuplements matures où la **densité de couvert est inférieure à 55 %**. Le bois sur pied ne permet pas le maintien d'un couvert protecteur suffisant après une coupe d'ensemencement. Dans un contexte de forêt publique, il est proposé de privilégier le maintien du couvert actuel et d'installer une régénération artificielle en sous-bois. Le maintien de ce couvert plutôt que la réalisation d'une coupe totale, habituellement préconisée en présence d'une densité de couvert

< 55 %, est supposé réduire les risques élevés d'attaques de charançons. Effectivement, un milieu ouvert est un site de ponte idéal pour le charançon et il sera difficile d'intervenir annuellement pour le contrôler selon Christian Gobbout, DRF, comm. pers.. Comme les autres scénarios proposés, celui-ci implique automatiquement l'utilisation de la régénération artificielle, On vise le plein boisement sur les sites les plus riches où les retombées financières seront les plus intéressantes. Ce scénario propose aussi une succession d'interventions au moment de l'implantation de la régénération et pendant son jeune âge (préparation de terrain, nettoyage, dégagements, tailles, élagages, éclaircies), qui est essentielle pour garantir une production de bois de qualité et en quantité (Tableau 19). Une coupe des tiges intermédiaires pourrait être nécessaire pour favoriser l'implantation de la régénération sur une plus grande superficie.

Fait important à noter : ce scénario sacrifie une portion de la superficie productive, lorsque de nombreux ou importants îlots présents doivent être contournés pour le scarifiage et, par conséquent, pour la plantation. Il faudra prévoir y récolter lors des premières éclaircies du peuplement qui les entoure.

Les coupes à blanc suivies de reboisement présentent **moins d'attraits** dans ce contexte où l'on évite la pleine lumière pour réduire les risques d'attaques de charançons. Ce mode de régénération peut être préférée parfois s'il y a vraiment très peu de couvert, avec ou sans semenciers. Par contre, le **patron de coupe à blanc par bandes** présente, comparativement à la coupe à blanc, l'avantage du maintien d'un certain effet protecteur de la bande résiduelle pour limiter la lumière et donc la compétition de même que les attaques de charançons ainsi que la présence de semenciers à proximité. Il faut par cependant demeurer alerte en présence de bandes, car les attaques de la rouille vésiculeuse peuvent être fréquentes. Un équilibre doit être trouvé entre bande et lisière, en termes de choix de largeur (0,5 ou 1H). Dans la perspective du scénario sylvicole, ce patron représente non seulement une facilité d'opération, par exemple par arbre entier, mais permet alors de ne pas avoir besoin de prévoir une préparation de terrain particulière, cette action s'effectuant presque automatiquement par la vidange des arbres entiers.

Tableau 21. Séquences du scénario de remise en production par la régénération artificielle sans prélèvement de couvert

Traitements	Scarifiage	Plantation	Dégagement hâtif	Dégagement, taille et élagage (phytosanitaire entre autres)	Dégagement (puits)	Éclaircie commerciale	coupe d'ensemencement	Coupe finale
Années ou critères d'admissibilité	0	0	4-7	10-15	20-25		125-150	
Modalités	Réalisé sous le couvert actuel (<55%) Scarifiage ou circulation de la machine lorsque la compaction est faible	Plantation de 1000 à 2500 plants/ ha	400 à 2500 tiges/ha	400 à 500 tiges/ha	200 à 250 tiges/ha	Référer aux nomogrammes de densité ou tableaux d'espacement moyen	50% ouverture du couvert	Avec rétention de quelques rémanents

6.2.4. La prévention des attaques du charançon et de la rouille vésiculeuse

La sylviculture du pin blanc nécessite automatiquement de prendre en considération les risques d'attaque du charançon et de la rouille vésiculeuse, deux ravageurs qui touchent le pin blanc et qui peuvent causer la mortalité ou d'importants dégâts.

Les risques d'attaques de rouille vésiculeuse ont été considérés dans un premier temps en amont des scénarios, lors de la détermination du potentiel de croissance du pin blanc, en baissant substantiellement la classe lorsque le milieu était favorable à sa présence (cote 0 pour les drainages 4 et les sites à drainage oblique ou *seepage*). Comme la stratégie sylvicole s'applique en priorité aux sites où le potentiel de croissance est le plus élevé ; ces sites devraient être exclus. Néanmoins, il est important d'éviter dans le choix des peuplements destinés à la production de pin blanc (MRN 2013) :

- Les sites présentant une abondance de gadeliers ;
- Les sites avec présence d'une rosée persistante (creux ou dépressions humides, bas de pente exposée au nord, les vallées, les petites ouvertures entourées d'arbres matures).

Mais il faut rappeler ici que la rouille vésiculeuse du pin blanc n'est pas une maladie indigène. Aux États-Unis, certaines campagnes d'éradication du *Ribes sp.*, auraient permis d'obtenir un certain contrôle de la maladie (Christian Godbout, comm. pers.) ; certains cultivars résistants seraient maintenant permis pour la distribution aux particuliers.

De plus, la rouille comme le charançon, peuvent voir leurs attaques ou leurs dommages réduits par différents moyens sylvicoles tels :

- **L'installation de la régénération sous couvert partiel** permet en effet de diminuer les effets de la rouille, de diminuer les populations de charançons et de réduire les dommages causés par le charançon aux pousses terminales.
- **Un dégagement hâtif** permet de limiter la présence d'une trop grande humidité favorable à la prolifération de la rouille.
- **Un élagage phytosanitaire** préventif ou non est recommandé pour lutter contre le charançon. Les branches basses sont éliminées rapidement, tout comme les branches infectées, le cas échéant.
- **La présence d'une régénération très dense de pins** (brosse) contribue à diminuer les effets d'attaques, les pousses terminales étant remplacées par d'autres se redressant. Par contre, cette pratique est à éviter en présence de *Ribes* et de rouille.
- **Des plantations en mélange de pin blanc** et d'une autre essence attrayante (ex. : épinette de Norvège) sont également un moyen de lutte contre le charançon.

6.3. INFORMATION SUPPLÉMENTAIRE SUR LES TRAITEMENTS ET LEURS MODALITÉS

Cette section précise les traitements et leurs modalités référant aux scénarios énoncés dans la section précédente. Ces informations proviennent de la synthèse des avis des experts récoltés lors de l'atelier et dans les questionnaires qui leur ont été envoyés et de la revue de littérature. Se référer au document sur l'**État des connaissances** pour consulter les références (Ferrer *et al.* 2018).

Prémisse importante à rappeler : l'installation et la survie de la régénération des espèces à l'étude nécessitent une sylviculture fine, rarement mise en place en forêt publique québécoise. Par contre, dans la mesure du possible, il faut essayer de limiter les coûts liés à des interventions réalisées en jeunes âges (effets importants sur la VAN) (de Turckheim, 1990 ; Perkey et Wilkins, 1995 ; Schütz et Oldeman, 1996 ; Gravel, 2013).

6.3.1. Débroussaillage et scarifiage

Les exigences du pin blanc et du chêne rouge diffèrent pour la préparation de terrain. Dans le cas du pin blanc, le sol doit impérativement être scarifié pour favoriser la germination des graines, ce qui n'est pas nécessaire pour le chêne rouge. Par contre, un débroussaillage est fortement recommandé pour le chêne, car il permet de donner le maximum de lumière aux

jeunes plants, créant alors des conditions plus favorables à la survie de la jeune régénération. Pour les deux espèces, la préparation de terrain favorise une installation rapide des semis, en même temps que la compétition, et non pas après que cette dernière se soit installée. De plus, elle doit idéalement suivre le cycle des années semencières, pour deux raisons majeures : optimiser l'ensemencement naturel et réduire les possibilités de broutage.

6.3.2. Plantation et ensemencement

De manière assez unanime, l'utilisation de plants de fortes dimensions (PFD) devrait être favorisée. La croissance des semis naturels de pin blanc et chêne rouge est très lente et la végétation compétitrice est généralement agressive sur les sites qui seront priorisés. Cependant, considérant les coûts importants de production des plants, l'option de l'ensemencement manuel pour le chêne rouge ne devrait pas être complètement écartée. Il faut toutefois considérer la fenêtre opérationnelle étroite que constitue la période propice à l'ensemencement, soit la toute fin de l'automne (2-3 semaines). La synchronisation de l'ensemencement manuel avec une bonne année semencière semble essentielle pour limiter la prédation par les rongeurs dans le cas du chêne rouge surtout.

Si on considère la méthode de production dite « *situative* » présentée dans Schütz (2005) : il serait recommandé de limiter le nombre de plants mis en terre, afin de réduire les coûts de plantation. Ceci nécessite cependant de réaliser un suivi très serré de ces derniers, car la gestion du risque est beaucoup plus serrée.

Pour ce qui est des sources de semences, une récente étude générale propose de considérer également des provenances plus au sud que la même sous-région écologique (Gagné *et al.* 2015) en particulier pour le pin blanc (Housset J. *et al.*, 2018).

6.3.3. Recépage du chêne rouge

Rarement considéré, le recépage est pourtant une avenue efficace chez le chêne rouge (lorsque le diamètre est inférieur à 10 cm), qui permet d'asseoir une régénération constituée de tiges plus vigoureuses (Desmarais, 1998 ; Dey, 1996 ; Olson et Boyce, 1971). Cette option est à envisager en particulier en présence de tiges qui sont déformées suite à un broutage intense ou l'oppression de la végétation compétitrice. Le rabattage de la régénération à la fin de l'automne ou en hiver permet aux rejets de souches de profiter des réserves hivernales pour se développer (Dey, 1996).

6.3.4. Dégagement hâtif (dégagement à l'européenne)

Concernant le chêne rouge, il y a une grande convergence des sources d'information à l'effet que le dégagement hâtif doit être réalisé tôt au stade de jeune fourré, non pas pour constituer une cohorte des tiges utiles, mais pour régler le mélange à espacements réguliers et pour s'assurer que l'espèce désirée domine. On parlerait alors d'une intervention entre 4 et 7 ans, idéalement après la plantation ou l'année semencière, sous couvert ou non.

Tel que mentionné précédemment, pour le pin blanc, le dégagement hâtif permet non seulement de libérer les plants, mais aussi de diminuer la vulnérabilité à la rouille.

6.3.5. Élagage, élagage phytosanitaire et taille de formation

La taille de formation permet d'éradiquer des tiges multiples ou les attaques de charançons, spécifiquement chez le pin blanc (Vlasiu *et al.* 2010).

À titre préventif, pour la qualité du bois et pour limiter de mauvaises blessures, il peut être important d'élaguer les branches basses chez les deux espèces (Boileau et Lupien, 2013).

Pour le pin blanc, l'élagage phytosanitaire est souvent nécessaire, mais la fréquence d'intervention peut varier en fonction de la persistance de la rouille dans le milieu.

Il peut être salubre de cibler un nombre limité d'individus bien distribués à l'hectare lors de l'exécution des travaux afin d'en limiter les coûts, toujours selon l'approche de production « *situative* » (Schütz, 2005; Gravel, 2013; Lise Guay, comm. pers. 2018).

6.3.6. Dégagement, éclaircie pré commerciale et éclaircie commerciale

Le dégagement permet de libérer un certain nombre de tiges opprimées au stade fourré ou gaulis. Toujours selon le principe de la production « *situative* » (Schütz, 2005), l'intervention viserait seulement l'obtention de 350 à 600 tiges/ha bien distribuées et libres de croûtre (Lupien, 2008 ; Thiffault, 2013). La méthode par puits de lumière est la plus recommandée à ce stade.

Si un second dégagement est exécuté (ou éclaircie pré commerciale hâtive), le traitement peut constituer une perte financière dont on se demande si le gain plus rapide en diamètre et en bois d'œuvre peut améliorer la valeur actualisée nette.

Dans certains régimes d'éclaircie, l'éclaircie pré commerciale peut être retardée, lorsqu'un preneur de petit bois peut utiliser les produits de cette éclaircie au stade perchis. À titre

d'exemples, on peut citer Domtar en Estrie qui utilise ces bois sur ses terres pour la production de pâte ou encore un producteur de bois de chauffage à Duchesnay qui récupérait le bois d'éclaircie en véhicule à 4-roues motrices. Dans certaines situations, la présence de peuplier ou de bouleau blanc peut aussi aider à rentabiliser ces opérations.

L'autre solution est d'attendre que les tiges du peuplement atteignent le diamètre de petits bois marchands 24 cm et plus. Cela peut entraîner un certain retard dans la production de diamètre minimum de maturité.

Ces différentes interventions devraient être priorisées sur les sites dont le potentiel de croissance du chêne rouge ou du pin blanc est parmi les plus élevés pour favoriser le meilleur retour sur l'investissement.

L'utilisation des guides de densité est recommandée pour optimiser l'intensité du prélèvement des tiges en vue d'obtenir les meilleurs gains en croissance dans le peuplement résiduel. Les nomogrammes sont d'une très grande utilité, lorsqu'il s'agit de proposer des espacements dans les modalités d'interventions.

6.3.7. Coupe progressive régulière

La coupe progressive d'ensemencement doit être priorisée lorsque les peuplements sont plus fermés (idéalement une densité de couvert supérieure à 65 %), afin de laisser sur le parterre après la coupe d'ensemencement, suffisamment de bois pour que la coupe finale soit rentable. Lors du choix des tiges résiduelles, on privilégiera les semenciers de pin blanc et de chêne rouge dominants. Leur répartition devra être la plus uniforme possible dans l'espace. Un objectif de 50 % de couvert résiduel est fixé après la coupe d'ensemencement pour réunir les conditions optimales quant à l'installation et la survie de la régénération en chêne rouge et pin blanc. L'utilisation d'un espacement défini entre les tiges résiduelles est recommandée pour guider le prélèvement (voir section 6.4.2).

La coupe finale devra être réalisée dans un laps de temps assez rapproché de la coupe d'ensemencement, surtout pour le chêne rouge. Elle nécessitera l'utilisation de méthodes d'abattage et de débardage assurant la protection de la régénération. Il est important de garder les chemins ouverts pour la coupe finale.

Lorsque le couvert contient peu de semenciers et que l'on mise surtout sur une régénération par enrichissement sous couvert, on réalise une coupe d'abris. Ce procédé poursuit l'objectif du

maintien d'un couvert partiel, plutôt que de production semencière. Telle la coupe d'ensemencement, on vise une densité de couvert résiduel de 50 %, milieu propice à la survie et à la croissance de la jeune régénération, mais sans compter spécifiquement sur le maintien de semenciers parmi les tiges résiduelles. Pour le pin blanc, des expériences de reboisement sous couvert de peupliers dégradés ont été rapportées à quelques reprises.

6.3.8. Coupes progressives irrégulières

L'approche par micropeuplement (ou par groupe) repose sur une gestion de la lumière en fonction des besoins des tiges (liés à leur stade développement), qui constitueront le futur peuplement. Pour rendre cette gestion du couvert opérationnelle, le taux de recouvrement de la cime visé après intervention est traduit en distance optimale entre les tiges résiduelles, qui varie selon les espèces et le diamètre des tiges. Cette conversion repose sur l'utilisation des nomogrammes de gestion de la densité et sont présentée dans la section 6.4.2.

6.3.9. CPRS et CB

Habituellement, les **coupes à blanc** sont réservées aux superficies que l'on désire reboiser, souvent parce que le couvert sur pied est insuffisant, de mauvaise qualité et qu'il n'y a pas de régénération désirée. Tel que mentionné précédemment, pour le pin blanc, en présence de couvert résiduel même faible, il est préférable d'implanter la régénération sous couvert.

On utilise généralement la **coupe à blanc par bandes** pour régénérer naturellement ou artificiellement un peuplement dégradé, en utilisant les bandes résiduelles comme couvert protecteur partiel et source potentielle de semenciers. Dans la stratégie proposée, on réserve donc cette intervention pour les peuplements de moins de 55 % de couvert, mais avec une présence non négligeable de chêne rouge (> 25 %). Les largeurs de bandes recommandées sont de 1,5H. L'orientation pour le pin blanc devrait être est-ouest pour une pénétration hâtive du soleil le matin afin d'évacuer plus rapidement la rosée matinale, comme prévention à la rouille.

6.4. MODALITÉS S'APPLIQUANT À PLUSIEURS TRAITEMENTS

6.4.1. Compartimentage et cloisonnements

Afin de favoriser l'accès au peuplement, le cloisonnement d'exploitation est souvent proposé. Il s'agit d'un réseau de chemins de pénétration qui donne **accès au peuplement pour le cultiver** (dégagements, les tailles de formation et les élagages). On l'utilise dans les peuplements où la récolte est planifiée. Ce qui correspond très souvent à des sentiers de débardage espacés.

Il existe également le cloisonnement cultural, où l'implantation de layons dans de tout jeunes peuplements favorise l'accès pour les dégagements, les tailles de formation et les élagages.

6.4.1.1. Compartimentage ou cloisonnement cultural principal

Le cloisonnement cultural peut être implanté avec des sentiers espacés de 20 à 40 m. Ces sentiers deviennent permanents. En aucun cas, on ne doit chercher à les régénérer. Ils facilitent par la suite l'accès et la réalisation de traitements dans le peuplement résiduel. Les sentiers sont souvent placés, en terrains accidentés, aux seuls passages accessibles par la machinerie; les distances entre les sentiers varient alors quelque peu en fonction des obstacles présents.

6.4.1.2. Cloisonnement cultural secondaire

Il s'agit ici de couloirs d'accès de quelques mètres de largeur pour faciliter les traitements éducatifs (ex : dégagement hâtif, élagages et de tailles de formation), effectués par des outils légers (sécateurs, machette, croissant forestier, etc.). Ainsi, l'ouverture de layons de 2-3 m de large (Lupien, 2008) bien que facultative, est proposée pour faciliter la circulation dans le peuplement.

Le gainage autour des tiges sélectionnées maintient une pression pour favoriser l'accroissement en hauteur, l'élagage naturel (Boileau et Lupien, 2013) ainsi qu'une protection physique contre la prédation (Véronique Coudé, Géry van der Kelen, comm. pers., 2018).

6.4.2. Détermination des espacements entre les tiges pour obtenir un couvert résiduel basé sur la dimension des cimes

La gestion de la lumière au sol est une considération importante qui régit le succès d'installation et de survie de la jeune régénération en pin blanc et chêne rouge. Pour faciliter l'atteinte d'un couvert cible, des outils existent : des diagrammes de densité de tiges en fonction du DHP, du nombre de tiges à l'hectare et de la surface terrière. Ces outils sont conçus généralement par essence, donc pour des peuplements relativement purs. Dépendamment de la composante dominante du peuplement, il sera important de faire référence au bon diagramme (nomogramme). Il faut aussi ajuster la lecture des diagrammes en fonction de la structure du peuplement qui peut être hétérogène.

Ces mêmes outils peuvent être aussi utilisés pour fixer des cibles de prélèvement lors des éclaircies, en fonction du DHP moyen du peuplement à traiter.

6.4.2.1. Chêne rouge

Pour le chêne rouge, plusieurs diagrammes sont disponibles. Les valeurs des diagrammes de densités présentées dans les guides de l'Ontario (McGill 1991 dans OMNR 1998b) proposent des espacements de cimes inférieures à ceux qui ont été mesurés en conditions réelles dans la région de l'Outaouais (Bournival et al. 2013). Par contre, une référence du Maine (Russel et Weiskittel 2011) présente des espacements cohérents avec les mesures réalisées en Outaouais. Il est donc proposé d'utiliser les espacements proposés par Russel et Weiskittel (2011) en présence d'un peuplement où le chêne rouge est une composante importante (tableau 22). Les autres références de mesures d'espacement se retrouvent dans l'annexe 7.

Ainsi, dans un contexte de CPE par exemple, en présence d'un peuplement constitué majoritairement de tiges de 30-38 cm de chêne rouge, un espacement de 9-10 m entre les tiges résiduelles devrait être ciblé pour atteindre un pourcentage de couvert résiduel de 50 %. Si les tiges ont de 40-48 cm, un espacement de 10–12 m est alors proposé entre celles-ci. Il faut noter que, selon l'état du peuplement initial, les largeurs de cimes peuvent varier. Les espacements peuvent alors être adaptés en fonction des largeurs réelles.

Tableau 22. Espacements moyens des tiges de chêne rouge par classe de DHP selon le pourcentage de couvert visé (Russel et Weiskittel 2011)

DHP	100 %		70 %		60 %		50 %	
	ti/ha	Distance (m)	ti/ha	Distance (m)	ti/ha	Distance (m)	ti/ha	Distance (m)
10	881.4	3.4	705.1	3.8	528.8	4.3	440.7	4.8
18	444.7	4.7	311.3	5.7	266.8	6.1	222.3	6.7
20	393.3	5.0	275.3	6.0	236.0	6.5	196.7	7.1
28	265.9	6.1	186.1	7.3	159.5	7.9	132.9	8.7
30	245.4	6.4	171.7	7.6	147.2	8.2	122.7	9.0
38	186.3	7.3	130.4	8.8	111.8	9.5	93.2	10.4
40	175.5	7.5	122.9	9.0	105.3	9.7	87.8	10.7
48	142.0	8.4	99.4	10.0	85.2	10.8	71.0	11.9
50	135.4	8.6	94.8	10.3	81.2	11.1	67.7	12.2
58	113.9	9.4	79.7	11.2	68.3	12.1	57.0	13.3
60	109.5	9.6	76.6	11.4	65.7	12.3	54.7	13.5
66	98.0	10.1	68.6	12.1	58.8	13.0	49.0	14.3

*basé sur la dimension des cimes en forêt

Source : Russel et Weiskittel (2011).

6.4.2.2. Pin blanc

Pour le pin blanc, deux diagrammes de densité ont été comparés : celui des guides de l'Ontario (Smith et Woods 1997 dans OMNR 1998a) et celui produit par Russel et Weiskittel (2011). Les espacements de cimes proposés sont similaires. Il est suggéré de consulter les données de Russel et Weiskittel (2011) dans le cadre du présent projet (tableau 23). Les données de OMNR (1998a) sont disponibles dans l'annexe 7.

Ainsi, dans un contexte de CPE par exemple, en présence d'un peuplement constitué majoritairement de tiges de 40-50 cm de pin blanc, un espacement de 8-9 m entre les tiges résiduelles devrait être ciblé pour atteindre un pourcentage de couvert résiduel de 50 %. Il faut noter que selon l'état du peuplement initial, les largeurs de cimes peuvent varier et les espacements peuvent être adaptés en fonction des largeurs actuelles.

Tableau 23. Espacements moyens des tiges de pin blanc par classe de DHP selon le pourcentage de couvert visé (Russel et Weiskittel 2011)

DHP	100 %		70 %		60 %		50 %	
	ti/ha	Distance (m)	ti/ha	Distance (m)	ti/ha	Distance (m)	ti/ha	Distance (m)
10	1101.7	3.0	881.4	3.4	661.0	3.9	550.9	4.3
18	658.3	3.9	460.8	4.7	395.0	5.0	329.2	5.5
20	600.3	4.1	420.2	4.9	360.2	5.3	300.1	5.8
28	447.1	4.7	312.9	5.7	268.2	6.1	223.5	6.7
30	420.8	4.9	294.6	5.8	252.5	6.3	210.4	6.9
38	342.1	5.4	239.5	6.5	205.3	7.0	171.1	7.6
40	327.1	5.5	229.0	6.6	196.3	7.1	163.5	7.8
48	278.8	6.0	195.2	7.2	167.3	7.7	139.4	8.5
50	269.0	6.1	188.3	7.3	161.4	7.9	134.5	8.6
58	236.2	6.5	165.3	7.8	141.7	8.4	118.1	9.2
60	229.3	6.6	160.5	7.9	137.6	8.5	114.7	9.3
66	210.9	6.9	147.7	8.2	126.6	8.9	105.5	9.7

*basé sur la dimension des cimes en forêt

6.4.2.3. En condition mélangée

En présence de peuplements où le chêne rouge et le pin blanc sont des composantes marginales, il est recommandé d'utiliser des distances entre tiges basées sur les essences qui constituent la dominance du peuplement. Le tableau 24 dresse le bilan des espacements moyens recommandés pour un couvert résiduel de 50 %, en fonction de sept essences feuillues et quatre essences résineuses qui peuvent côtoyer le chêne rouge et le pin blanc. Deux études réalisées par le CERFO en Outaouais ont également mesuré les espacements entre des tiges

de 3 essences (chêne rouge, érable à sucre et bouleau jaune) (Bournival et al. 2013, 2016). Ces résultats locaux sont présentés dans le tableau 25. Les distances provenant de cette étude sont parfois un peu supérieures à celles de Russel et Weiskittel (2011). Toutefois, comme en conditions mélangées, ces données d'espacement restent un ordre de grandeur ; ces écarts n'étant pas problématiques. Nous recommandons finalement d'utiliser les données locales lorsqu'elles sont disponibles.

Tableau 24. Espacements moyens des tiges par classe de DHP et essence pour un pourcentage de couvert visé de 50 % (Russel et Weiskittel 2011)

DHP	Feuillus																		Résineux									
	Chêne rouge		Érable à sucre		Bouleau jaune		Hêtre à grande feuille		Érable rouge		Bouleau à papier		Peuplier faux-tremble		Synthèse feuillus			Pin blanc		Sapin baumier		Pruche		Épinette blanche		Synthèse résineux		
	50 %		50 %		50 %		50 %		50 %		50 %		50 %		50 %			50 %		50 %		50 %		50 %				
	ti/ha	m	ti/ha	m	ti/ha	m	ti/ha	M	ti/ha	m	ti/ha	m	ti/ha	m	Moy	Min	Max	ti/ha	m	ti/ha	m	ti/ha	m	ti/ha	m	Moy	Min	Max
10	440.7	4.8	236.7	6.5	436.3	4.8	245.6	6.4	530.7	4.3	619.1	4.0	850.8	3.4	4.9	3.4	6.5	550.9	4.3	876.6	3.4	453.5	4.7	916.2	3.3	3.9	3.3	4.7
18	222.3	6.7	188.2	7.3	215.0	6.8	185.2	7.3	255.2	6.3	285.7	5.9	355.2	5.3	6.5	5.3	7.3	329.2	5.5	506.3	4.4	262.5	6.2	471.6	4.6	5.2	4.4	6.2
20	196.7	7.1	180.6	7.4	189.4	7.3	176.1	7.5	223.8	6.7	248.7	6.3	303.7	5.7	6.9	5.7	7.5	300.1	5.8	458.8	4.7	238.0	6.5	418.6	4.9	5.5	4.7	6.5
28	132.9	8.7	158.4	7.9	126.3	8.9	149.8	8.2	147.1	8.2	159.7	7.9	184.2	7.4	8.2	7.4	8.9	223.5	6.7	335.1	5.5	174.1	7.6	286.2	5.9	6.4	5.5	7.6
30	122.7	9.0	154.2	8.1	116.2	9.3	144.9	8.3	135.0	8.6	145.8	8.3	166.3	7.8	8.5	7.8	9.3	210.4	6.9	314.2	5.6	163.3	7.8	264.8	6.1	6.6	5.6	7.8
38	93.2	10.4	140.6	8.4	87.4	10.7	129.4	8.8	100.6	10.0	106.9	9.7	117.0	9.2	9.6	8.4	10.7	171.1	7.6	251.9	6.3	131.0	8.7	202.7	7.0	7.4	6.3	8.7
40	87.8	10.7	137.9	8.5	82.2	11.0	126.2	8.9	94.3	10.3	99.9	10.0	108.4	9.6	9.9	8.5	11.0	163.5	7.8	240.2	6.5	124.9	8.9	191.3	7.2	7.6	6.5	8.9
48	71.0	11.9	128.4	8.8	66.0	12.3	115.7	9.3	75.2	11.5	78.6	11.3	82.7	11.0	10.9	8.8	12.3	139.4	8.5	202.5	7.0	105.5	9.7	155.7	8.0	8.3	7.0	9.7
50	67.7	12.2	126.4	8.9	62.8	12.6	113.4	9.4	71.4	11.8	74.5	11.6	77.8	11.3	11.1	8.9	12.6	134.5	8.6	195.0	7.2	101.5	9.9	148.6	8.2	8.5	7.2	9.9
58	57.0	13.3	119.3	9.2	52.6	13.8	105.6	9.7	59.4	13.0	61.3	12.8	62.4	12.7	12.0	9.2	13.8	118.1	9.2	169.7	7.7	88.4	10.6	125.7	8.9	9.1	7.7	10.6
60	54.7	13.5	117.7	9.2	50.5	14.1	103.9	9.8	56.9	13.3	58.6	13.1	59.4	13.0	12.3	9.2	14.1	114.7	9.3	164.4	7.8	85.7	10.8	121.0	9.1	9.3	7.8	10.8
66	49.0	14.3	113.4	9.4	45.0	14.9	99.3	10.0	50.5	14.1	51.7	13.9	51.5	13.9	12.9	9.4	14.9	105.5	9.7	150.4	8.2	78.4	11.3	108.6	9.6	9.7	8.2	11.3

Tableau 25. Espacements moyen, minimal et maximal des tiges par classe de DHP et essence pour un pourcentage de couvert visé de 50 % mesurés en Outaouais (Bournival et al. 2013, 2016)

	Chêne rouge				Bouleau jaune				Érable à sucre			
	50 %				50 %				50 %			
DHP	N	Moy	Min	Max	N	Moy	Min	Max	N	Moy	Min	Max
10-22	6	6.3	6.3	6.4	20	7.5	6.4	9.1	72	5.9	4.6	6.6
24-28	11	8.3	7.5	9.1	19	10.5	10.5	10.6	66	7.3	6.7	7.8
30-38	19	10.7	9.5	12.2	28	10.4	9.1	11.2	63	8.6	7.8	10.2
40-48	17	12.3	11.8	12.9	26	13.8	12.6	14.7	47	10.2	9.8	11.2
50-60	9	14.7	12.9	16.2	18	15.0	12.7	18.3	31	12.9	12.1	13.5

N correspond au nombre de tiges mesurées

6.4.3. Modalités universelles en lien avec l'axe 4 de la stratégie d'aménagement

Lorsque le chêne rouge et de pin blanc sont présents dans le peuplement d'origine, mais qu'ils restent des espèces marginales ($ST < 25\%$) et que leur potentiel de croissance reste limité, des modalités universelles peuvent être adoptées à petite échelle pour favoriser leur maintien, peu importe le traitement retenu après diagnostic sylvicole :

- **Un martelage positif de ces arbres cibles** comme semenciers permettrait de les sélectionner pour être conservés et également de les distancer suffisamment pour faciliter leur détournement (et leur accroissement en diamètre) ;
- **Un martelage négatif des arbres situés autour des arbres cibles** dans un rayon de 10 m permettrait d'identifier les tiges à récolter pour créer une ouverture de l'ordre de 20 m de diamètre (1H) ;
- **Un scarifiage et un débroussaillage partiel** pourraient être réalisés si la circulation de la machinerie est possible autour des arbres cibles.

6.4.4. Note sur l'utilisation de trouées

Bien que les trouées aient présenté des résultats concluants, particulièrement pour le chêne rouge (Joanisse *et al.*, 2013 ; MFFP 2016), dans le cadre d'expérimentations à petites échelles ; il n'a pas pu être démontré que leur mise en œuvre opérationnelle soit possible et financièrement acceptable (coupes progressives par trouée, coupes progressives irrégulières par trouée et jardinage par trouée). En effet, plusieurs limitations logistiques pour l'installation, pour la gestion et pour le suivi demeurent problématiques. L'utilisation de groupes ou micro-peuplements seraient peut-être un option, mais là encore, les retours pour les traitements d'éducation sont difficiles.

6.5. MATURITÉ DES NOUVEAUX PEUPEMENTS

La maturité est une question délicate. Pour plusieurs auteurs et experts, l'âge ne serait pas toujours le meilleur paramètre, mais c'est la dimension, particulièrement le diamètre, qui devrait être priorisé (ex : 45 cm). Dans le VOIC de l'Outaouais, on parle de 120 ans pour le chêne rouge et 140 ans pour le pin blanc. En théorie, ces essences pourraient se rendre beaucoup plus loin. On pense que si la croissance était plus régulière et plus optimisée par des dégagements et des éclaircies successives, des dimensions supérieures pourraient être atteintes. Actuellement un champignon s'attaque au pin blanc qui a poussé lentement.

Pour les nouveaux peuplements créés, certains scénarios d'aménagement intensifs pourraient bien se prêter à des révolutions plus courtes avec un régime d'éclaircies permettant une récolte rentable avec des rotations de 15 ans. On pense actuellement que sur les meilleurs sites qu'un diamètre moyen de 50 cm à 40 ans serait réalisable.

7. RECOMMANDATIONS

Plusieurs recommandations découlent de cette analyse sur le chêne rouge et le pin blanc. Elles sont de différents ordres, touchant l'aménagement forestier, les scénarios sylvicoles, des besoins de recherche et des actions de déploiement qui contribueraient à la diffusion de ces stratégies.

7.1. AMENAGEMENT FORESTIER

1. **Fixer des cibles précises de production pour le chêne rouge et le pin blanc :**

Ces deux essences ont le statut d'essences en voie de raréfaction, en particulier dans la région de l'Outaouais et le MFFP s'est fixé comme objectif de maintenir ou augmenter dans chaque UA les superficies des peuplements comprenant une ou plusieurs essences en raréfaction (25 % et plus).

- Afin d'identifier l'intensité des efforts à entreprendre, il serait fort pertinent de fixer des cibles précises et quantitatives en ce qui concerne la présence visée de ces essences sur le territoire à moyen et long termes.
- Ces cibles pourraient être ventilées en fonction des différents axes proposés dans la stratégie d'aménagement (instauration d'une succession assistée, accroissement rapide de la valeur sur pied, conversion de peuplements et maintien de la présence des espèces).
- Le nombre de plants mis en terre ou de glands ensemencés (pour le chêne rouge), les volumes de bois anticipés, rendements et coûts pourraient être précisés.

2. **Planifier la succession des chantiers annuels**, de manière à maintenir l'accès aux secteurs de coupe pour les interventions de scarifiage et de coupe finale lorsqu'un procédé de régénération par coupe progressive est mis en place :

- Le scarifiage doit idéalement être synchronisé avec les bonnes années semencières, ce qui peut entraîner un délai de quelques années entre la coupe d'ensemencement et la réalisation du scarifiage.
- La coupe finale quant à elle, est planifiée environ 5 ans après la coupe d'ensemencement pour le chêne rouge et jusqu'à 20 ans après pour le pin blanc. Il est donc important que l'accès aux sites soit encore possible suite à ces délais, de manière à pouvoir aller récolter les volumes demeurant disponibles.

3. **Prévoir des mesures de contrôle de populations de cervidés** pour maintenir les populations à des niveaux d'équilibre avec la capacité de support des stations. La

problématique du broutement est importante dans l'Outaouais. Comme les stratégies proposées impliquent des investissements importants (plantation, nombreux soins à la régénération), il est essentiel de mettre en place des mesures qui pourraient limiter les risques de broutement dans les secteurs en régénération.

7.2. SCENARIOS SYLVICOLES

4. **Réaliser l'ensemble des opérations sylvicoles indispensables pour assurer l'installation abondante de la régénération, sa survie et la production de bois de qualité.** L'implantation d'une succession assistée en chênaie à chêne rouge ou pinède à pin blanc ou d'une conversion en peuplement dominé par ces espèces entraîne automatiquement une sylviculture fine lors de l'établissement du peuplement. En effet, l'investissement est important dans les premières années, considérant une plantation qui vise le plein boisement (le chêne et le pin blanc se régénèrent difficilement en quantité en conditions naturelles), de nombreux soins à la régénération et des interventions au stade de gaulis. L'apport de la régénération naturelle est alors considéré comme un plus pour gérer le risque. Par ailleurs, si le contrôle de la compétition n'est pas assez soutenu, les efforts de plein boisement risquent d'être perdus. Et si les opérations d'éducation sont à leur tour sous-estimées, les promesses de production de bois de qualité élevée risquent d'en être diminuées.
5. Intégrer le besoin d'appliquer des traitements sylvicoles ciblés, pour concentrer les investissements sur quelques individus et privilégier la constitution de cohortes d'arbres de haute qualité permettant de : 1) valoriser le peuplement et 2) justifier l'aménagement intensif économiquement.
6. **Mettre en place un système de contrôle et de correctifs** pour s'assurer de la survie d'un nombre suffisant de plants afin de garantir le plein boisement visé à maturité (150 à 200 arbres).
7. **Réaliser le suivi des anciennes plantations de pin blanc et chêne rouge.** Des plantations ont été réalisées il y a plusieurs années et le suivi de ces dernières apporterait certainement des éléments de discussion quant aux interventions à mettre en place dans les futurs chantiers.
8. Mettre en œuvre des **scénarios équiennes intensifs à révolution plus courte.**
9. Pour les peuplements à régénérer en PIB ou CHR, qui sont de densité inférieure à 55%, explorer la possibilité de **stratifier le couvert résiduel par le lidar en deux classes de densité**, s'il y a lieu

7.3. BESOINS DE RECHERCHES

Ce projet a permis de mettre en évidence certaines carences de connaissances qu'il serait pertinent de documenter :

10. **Valider les âges d'exploitabilité dans le cas de scénarios intensifs.** Plusieurs des scénarios proposés pour la production de chêne rouge et pin blanc sont intensifs. De nombreuses interventions sont planifiées, ayant entre autres pour objectif une croissance accrue des tiges. On anticipe alors la possibilité que ces peuplements se prêtent à des révolutions plus courtes avec un régime d'éclaircies permettant une récolte rentable avec des rotations de 15 ans. L'âge d'exploitabilité pourrait aussi être devancé. Ces hypothèses restent néanmoins à être démontrées.
11. **Vérifier les rendements de l'éclaircie commerciale.** Les scénarios sylvicoles proposés reposent sur un régime d'éclaircies. Il serait opportun de vérifier si la cible d'un peuplement de 50 ans formé de 150-200 arbres de diamètre moyen quadratique égal à 40 cm est pertinente.
12. **Quantifier l'effet des bonnes années semencières sur les taux de réussite de la germination et sur les coefficients de régénération.** Plusieurs études mentionnent le gain lié à cette pratique, mais des exemples régionaux sont nécessaires pour confirmer la démonstration.
13. Il pourrait être intéressant d'explorer d'utiliser plutôt les distances réelles de transport (temps de cycle réel) que la zone de tarification et considérer plus les classes de temps de cycle pour les redevances. Les outils informatiques sont disponibles pour des tests de sensibilité.

7.4. DEPLOIEMENT

14. **Amorcer dès l'automne 2018,** l'implantation des axes de la stratégie d'aménagements. Dans la mesure du possible, des hectares pour chacun des axes devraient être planifiés et réalisés.
15. **Planter un réseau de démonstration :** le chêne rouge et le pin blanc ont très rarement fait l'objet dans le passé d'une sylviculture fine qui leur est adaptée et qui poursuit l'objectif de réaliser une production de qualité de ces 2 essences. Ce projet propose des stratégies qui guident de tels objectifs de production. Par leur caractère novateur, il serait fort pertinent de réaliser des essais de mise en œuvre de ces stratégies et de les réunir dans un réseau de démonstration.
16. **Organiser une visite terrain et rédiger une note technique :** Pour la diffusion des résultats, une visite de terrain est organisée à l'automne pour permettra de visualiser

les résultats de plusieurs dispositifs à long terme ainsi que plusieurs projets de plantation de chêne rouge et de pin blanc du MFFP. Les scénarios proposés pourront être mis en perspective avec les observations..

17. **Développer l'argumentaire pour décrire la place de l'aménagement équienné dans l'aménagement durable des forêts.** Les grands principes d'aménagement de la forêt feuillue québécoise reposent essentiellement sur un aménagement inéquienné. Rares sont les superficies qui sont régénérées selon le régime équienné. Pourtant, ce type d'aménagement a sa place, en particulier lorsque l'on souhaite produire du pin blanc et du chêne rouge.

CONCLUSION

Ce projet a permis de développer une stratégie d'aménagement pour un virage vers la production de chêne rouge et de pin blanc en Outaouais afin d'augmenter la résistance des forêts aux changements climatiques. Elle s'appuie sur un état des connaissances, basée sur une revue de littérature, des avis d'experts et des résultats de recherche récents.

Si elle présente à la fois des pistes pour amorcer la conversion progressive des stations propices; elle permet aussi une certaine viabilité à court terme des approvisionnements des usines dans les peuplements traités, en permettant des ouvertures plus grandes, nécessaires à l'obtention de la cible visée de 50 % de couvert résiduel.

Par contre, plusieurs changements de paradigmes apparaissent nécessaires pour la production de ces espèces : une sylviculture fine *sine qua non*, justifiée par une valeur très élevée à maturité et le maintien d'une densité de couvert de 50 %, bien distribuée, afin de garantir l'installation et la survie de la régénération désirée. Même la manière de planifier les chantiers de coupe s'en trouve modifiée, dans le but de prévoir les retours rapides pour la coupe finale des coupes progressives régulières.

Des recommandations sont présentées pour le déploiement et la recherche. On ne serait trop insister sur l'importance de créer des sites de démonstrations pour chacun des axes de la stratégie. Des superficies pourraient même être réalisées à partir l'automne 2018 prochain.

RÉFÉRENCES

- Blouin, D., F. Grenon et G. Lessard. 2008. Stratégie d'aménagement du pin blanc dans l'Outaouais. Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. Rapport 2008-09. 26 p + annexes.
- Boileau, E., Lupien P., 2013. -L'élagage- Le guide sylvicole du Québec: Les concepts et l'application de la sylviculture. Tome 2. Les Publications du Québec, Québec.
- Bournival, P., D. Blouin et M. Varin. 2016. Exploration de différentes intensités de couvert résiduel dans la coupe progressive irrégulière sur station à fort potentiel pour l'érable à sucre et les feuillus nobles. Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. (CERFO). Rapport 2016-01. 27 pages + 3 annexes.
- Bournival, P., G. Lessard, D. Blouin et J. Khaldoune. 2013. Validation de l'ouverture du couvert après une coupe progressive irrégulière (UAF 071-51, secteur Cloak). Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. (CERFO). Rapport 2013-23. 47 pages + 3 annexes.
- Coudé, Véronique. Comm. pers., 2018
- de Turckheim, B. 1990. L'intensité en sylviculture. Quelques réflexions sur l'orientation de la gestion dans nos forêts. *Rev. For. Fr.* 62(5): 475-494.
- Desmarais, K.M., 1998. Northern red oak regeneration: biology and silviculture. UNH Cooperative Extension.
- Dey, D.C., 1996. Regeneration of red oak (*Quercus rubra* L.) using shelterwood systems: ecophysiology, silviculture and management recommendations. USDA For. Serv., For. Res. Inf. Paper, NC-126, 59 p.
- Direction de la recherche forestière, 2017. Expansion du hêtre à grandes feuilles et déclin de l'érable à sucre au Québec : portrait de la situation, défis et pistes de solution. Avis scientifique du comité chargé d'étudier l'écologie et la sylviculture des peuplements contenant du hêtre et de l'érable. Gouvernement du Québec, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction de la recherche forestière. Avis scientifique, 146 p.
- Ferrer, F., G. Lessard, G., E. Boulfroy et D. Blouin. 2018. Développement de stratégies sylvicoles pour la production de peuplements résilients et tolérants constitués de chêne rouge et de pin blanc. État des connaissances sur l'Enrichissement en pin blanc (*Pinus strobus*, L.) et chêne rouge (*Quercus rubra*, L.) des sommets sensibles à la sécheresse de l'Outaouais. Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. Rapport 2018-05. 29 pages + 4 annexes.
- Gagné, L., Sirois, L., Lavoie, L., 2015. Forest management and climate change: adaptive measures for the temperate-boreal interface of Eastern North America. *Ecological Forest Management Handbook*, pp. 561-587
- Godbout, Christian. Comm. pers., 2018

- Gravel, J. et Meunier, S. Le gradient d'intensité de la sylviculture. *Larouche C, Guillemette F, Raymond P, Saucier JP. Le guide sylvicole du Québec: Les concepts et l'application de la sylviculture. Les Publications du Québec, Québec, 2013, p. 33-41.*
- Grenon, F., G. Lessard, D. Blouin, G. Joanisse, M. Ruel et E. Boulfroy. 2011. Élaboration d'une stratégie alternative pour la production de chêne rouge (2^e année). Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. Rapport 2011-01. 60 pages + annexes.
- Guay, Lise. Comm. pers., 2018.
- Joanisse, G., G. Lessard et L. Imbeau. 2013. Effets de la coupe progressive irrégulière sur la dynamique forestière : succès d'installation de la régénération en bouleau jaune et en chêne rouge - installation du dispositif. Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. (CERFO) et Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue (UQAT). Rapport 2013-26. 93 p. + 6 annexes.
- Lessard, G., E. Boulfroy, G. Joanisse, D. Blouin et F. Ferrer, 2018. Développement de stratégies sylvicoles pour la production de peuplements résilients et tolérants constitués de chêne rouge et de pin blanc. Document d'annexes du rapport final. Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. Rapport 2018-07. 84 p.
- Lambert, M.-C., Ung, C.-H., et coll. 2005. Canadian national tree aboveground biomass equations. *Can. J. For. Res.* 35: 1996-2018.
- Logan, T., Charron, I., Chaumont, D., Houle, D., 2011. Atlas de scénarios climatiques pour la forêt québécoise. Ouranos et MRNF.
- Lupien, P., 2008. Conduites sylvicoles dans les zones feuillues et mixtes du Québec. Guide d'accompagnement. Fonds d'information de recherche et de développement de la forêt privée mauricienne (FIRDFPM), Syndicat des producteurs de bois de la Mauricie, Trois-Rivières
- MRN, 2013. Le guide sylvicole du Québec: Les concepts et l'application de la sylviculture. Tome 2. Les Publications du Québec, Québec.
- Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, 2016. Intégration des enjeux écologiques dans les plans d'aménagement forestier intégré de 2018-2023, Cahier 4.1 – Enjeux liés à la composition végétale, Direction de l'aménagement et de l'environnement forestiers, 86 p.
- MFFP. 2017. Fiche VOIC sur les espèces en voie de raréfaction. Région de l'Outaouais, Laurentides et Lanaudière. 6 p.
- Ontario Ministry of Natural Resources, 1998a. A Silvicultural Guide for the Great Lakes-St. Lawrence Conifer Forest in Ontario. Version 1.1, p. 471.
- Ontario Ministry of Natural Resources, 1998b. A silvicultural guide for the tolerant hardwood forest in Ontario. Peterborough: Ontario Ministry of Natural Resources.
- Olson Jr, D.F., Boyce, S.G., 1971. Factors affecting acorn production and germination and early growth of seedlings and seedling sprouts, *Proceedings of Oak Symposium*, pp. 16-20.

- Périé, C. et S. de Bois, 2015. Anticiper les effets des changements climatiques sur l'habitat des arbres dans la forêt sous aménagement au Québec: Perspectives et approches. Avis de recherche forestière 62.
- Périé, C., S. de Blois, et M.-C. Lambert, 2016. Atlas interactif : Changements climatiques et habitats des arbres [base de données]. <http://mfpp.gouv.qc.ca/changements-climatiques/outil/carte.html>. Gouvernement du Québec, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction de la recherche forestière, Québec (Canada) et Direction de la gestion des forêts de l'Outaouais.
- Perkey, Arlyn W. et Wilkins, Brenda L. Crop tree management in eastern hardwoods. *NA-TP (USA)*, 1993.
- Russel, M.B., et A.R. Weiskittel. 2011. Maximum and largest crown width equations for 15 tree species in Maine. *North. J. Appl. For.* 28 : 84-91
- Schütz, J.-Ph., 2005. Est-il possible de maîtriser les coûts des opérations culturales : le rôle primordial des rationalisations biologiques ? *Forêt Wallonne* No 78. Septembre/octobre. 9p.
- Schütz, J.-Ph. et Oldeman, R. A. A. Gestion durable par automation biologique des forêts. *Revue forestière française*, 1996, S, fascicule thématique " La gestion durable des forêts tempérées", 1996.
- Thiffault, N., Hébert, F., 2013. Le dégagement et le nettoyage, Le guide sylvicole du Québec : Les concepts et l'application de la sylviculture. Les Publications du Québec, Québec
- van der Kelen, Géry. Comm. pers., 2018.
- Vlasiu, P., Nolet, P., Doyon, F., 2001. Le pin blanc: Revue de littérature. Institut québécois d'aménagement de la forêt feuillue, Ripon, QC.