



PROJET
de
DÉVELOPPEMENT
d'une
APPROCHE
D'AMÉNAGEMENT
ÉCOSYSTÉMIQUE
dans la
RÉSERVE FAUNIQUE
DES LAURENTIDES

**COMITÉ D'EXPERTS
SUR LES SOLUTIONS**

Novembre 2009

PROJET
de
DÉVELOPPEMENT
d'une
APPROCHE
D'AMÉNAGEMENT
ÉCOSYSTÉMIQUE
dans la
RÉSERVE FAUNIQUE
DES LAURENTIDES

COMITÉ D'EXPERTS SUR LES SOLUTIONS
Novembre 2009

Président du comité d'experts

Alexis Achim, ing.f., Ph.D., Université Laval

Membres du comité d'experts

Louis Bélanger, ing.f., Ph.D., Nature Québec

Yan Boucher, biol., Ph.D., MRNF

Paul Bouliane, ing.f., Université Laval

Sylvie Côté, ing.f. M.Sc., CERFO

Marie-Ève Desmarais, ing.f., M.Sc., Sépaq

Éric Fillion, tech.for., MRNF

Claude Fortin, ing.f., BFEC

Serge Gosselin, ing.f., AbitibiBowater

Marc Leblanc, ing.f., M.Sc., MRNF

Jean-Martin Lussier, ing.f., Ph.D., Service canadien des forêts

Gilbert Massicotte, ing.f., Produits forestiers Saguenay

Philippe Meek, ing.f., M.Sc., FPIinnovations

Sébastien Méthot, ing.f., MRNF

Thomas Moore, ing.f., M.Sc., Université Laval

Josée Pâquet, géog. M.ATDR, MRNF

Lucie Parizeau, ing.f., Nature Québec

Éric Provost, ing.f., Scierie Leduc

Daniel Tremblay, ing.f., MRNF

Pascal Tremblay, biol., Université du Québec à Chicoutimi

Pierre Trudel, dir.gén., Fédération québécoise de canot et de kayak

Rédaction des fiches dirigée par

Sylvie Côté, Alexis Achim

Révision linguistique

Lise Deschênes, technicienne de la faune, MRNF

Justine Gilbert, Université Laval

Michel Huot, ing.f., M.Sc., MRNF

Conception graphique

Sylvie Jean, technicienne en arts appliqués et graphiques, MRNF

Page couverture

Photos : Josée Pâquet

On peut citer ce document en tout ou en partie, en indiquant la référence suivante

Comité d'experts sur les solutions, 2009. *Projet de développement d'une approche d'aménagement écosystémique dans la réserve faunique des Laurentides. Fiches techniques*. Québec. 130 p.

FICHES TECHNIQUES

Allongement des révolutions

Assistance à la régénération

Coupe à rétention variable

Coupes partielles

Coupe progressive à régénération lente

Coupe progressive à régénération rapide

Diversification des régimes sylvicoles

Éclaircie commerciale

Jardinage

Maintien de legs biologiques

Maintien de superficies sans récupération après perturbations sévères majeures

Régénération acquise

Traitements d'éducation

Définitions

MISE EN CONTEXTE

Le projet de développement d'une approche d'aménagement écosystémique dans la réserve faunique des Laurentides, mis sur pied par le ministère des Ressources naturelles et de la Faune (MRNF), avait comme principaux objectifs de tester la faisabilité de l'aménagement écosystémique, puis de tester et de développer des outils pour permettre sa mise en œuvre. Afin d'alimenter les discussions de la Table des partenaires du projet, un comité d'experts a été créé. Ce comité, présidé par Alexis Achim, était composé de spécialistes en sylviculture et en recherche opérationnelle ainsi que de praticiens. Il avait pour mandat de trouver des solutions sylvicoles pour traiter les enjeux que soulève l'aménagement écosystémique et de proposer des méthodes pour évaluer la faisabilité technique de l'aménagement écosystémique et en mesurer les coûts et les bénéfices.

Les fiches techniques présentent les solutions identifiées par le comité d'experts pour répondre aux enjeux posés par l'aménagement écosystémique. Elles ont été développées dans le contexte particulier de la réserve faunique des Laurentides. Ce territoire se situe en grande majorité dans le domaine de la sapinière à bouleau blanc. Une faible proportion de ce territoire se situe dans le domaine de la sapinière à bouleau jaune. Les solutions proposées dans les fiches techniques doivent donc être considérées dans cette perspective. De plus, les fiches techniques n'ont pas la prétention d'offrir « la » solution ultime pour répondre aux enjeux, mais elles doivent plutôt être considérées comme des outils pouvant guider la recherche de solutions possibles. Les fiches ont aussi été produites à une période donnée, avec les connaissances disponibles à ce moment. À nouveau, il faut les considérer dans cette perspective.

Les fiches techniques de solutions s'adressent à l'aménagiste. Il s'agit donc d'une source d'informations à caractère technique. Les éléments de contenu de ces fiches sont présentés à titre indicatif, ils ne doivent en aucun cas être interprétés comme des normes.

Les fiches techniques sont construites en deux sections. La première, intitulée « en bref », vise à fournir l'essentiel de la solution de manière synthétique. Elle fournit d'abord le type de solution, ainsi que les grandes catégories d'enjeux auxquels la solution vise à répondre. La problématique est présentée brièvement, suivie de la solution en découlant. Les conditions d'application sont ensuite proposées.

La seconde portion des fiches présente un « complément d'information ». L'objectif de cette partie est donc de fournir des informations supplémentaires, en évitant de reprendre l'information présentée dans la section synthétique. Elle vise à mieux placer la solution dans le contexte de l'aménagement écosystémique en décrivant notamment les processus naturels associés aux régimes de perturbation dont il conviendrait de s'inspirer pour produire des effets compris à l'intérieur des limites de variabilité naturelle.

Pour plus d'information, le lecteur peut se référer au rapport du Comité d'experts sur les solutions disponible dans le site Internet du ministère à l'adresse suivante :

<http://www.mrnf.gouv.qc.ca/forets/amenagement/amenagement-ecosystemique-laurentides.isp>



Type de solution

- √ Grand axe
- Régime/Scénario sylvicole
- Pratique/Intervention sylvicole
- Mesure ponctuelle dans le temps

Types d'enjeux concernés

Principaux :

- Organisation spatiale
- Stades de développement
- Bois mort
- Structure des peuplements

Complémentaires :

- Composition
- Aménagement forestier
- Encadrement visuel
- Milieus aquatiques
- Filtre fin

Objectif

Favoriser le développement d'attributs de vieilles forêts. L'allongement des révolutions (extended rotation) représente un moyen pour permettre la production d'une quantité d'attributs de vieilles forêts plus importante que celle présente dans les forêts aménagées faisant l'objet de pratiques sylvicoles adaptées.

Définition

- Disposition consistant à maintenir un peuplement sur pied afin de favoriser le développement d'attributs de vieilles forêts.
- Le bois vivant, dépérissant ou mort, de grosse dimension, ainsi qu'une structure complexe sont les principales caractéristiques recherchées.

Problématique

Dans la réserve faunique des Laurentides, la récolte de bois a essentiellement été effectuée par prélèvement total du couvert dans les peuplements mûrs et vieux*, ce qui a occasionné leur raréfaction. Pendant la période préindustrielle, les forêts mûres et vieilles couvraient entre 63 et 75 % du territoire (Leblanc et Bélanger, 2000). La proportion de peuplements vieux représentait de 28 à 60 % de la superficie des concessions évaluées. De nos jours, les compilations effectuées sur la base de la carte-calcul – plan général d'aménagement forestier (PGAF) 2008-2013 – indiquent que les forêts mûres et vieilles n'occuperaient plus que 25 % de la superficie (21 à 29 % selon les « grands écosystèmes »), et que les forêts de 90 ans et plus couvriraient environ 18 % du territoire (Boucher *et al.*, 2008) Or, les vieilles forêts recèlent des attributs spécifiques, dont le développement résulte souvent d'un long processus, et qui sont d'une importance fondamentale pour plusieurs communautés d'espèces.

Solution

Assurer le maintien de peuplements sans récolte sur une période suffisante pour permettre la production d'attributs de vieilles forêts, grâce à la constitution d'îlots de vieillissement.

Approche préconisée à l'échelle du peuplement

- Maintenir les peuplements sur une période de 15 ans après l'âge d'atteinte du volume maximal de la courbe de rendement de la station correspondante.
- Pour constituer les îlots de vieillissement, sélectionner prioritairement les peuplements les plus vieux possible.

Approche préconisée à l'échelle du paysage

- La proportion de superficie à orienter vers l'allongement des révolutions s'établit au moment de la stratégie d'aménagement, en fonction du niveau de vieilles forêts que l'on veut maintenir à l'échelle du paysage.
- Les îlots de vieillissement conservés pour l'allongement de la révolution doivent avoir une superficie minimale suffisante pour créer des conditions de forêts d'intérieur et une composition représentative du territoire (Déry et Leblanc, 2005).
- Dans la mesure du possible, intégrer les diverses contraintes liées à l'exploitation forestière lors de l'identification des îlots de vieillissement.
- Une fois la cible de superficie atteinte pour un territoire donné, il faut prévoir le remplacement des îlots qui seront récoltés au terme du délai prévu de 15 ans, sinon surseoir à leur récolte jusqu'à ce que de nouveaux îlots de remplacement soient disponibles.
- Les niveaux maximaux d'attributs de vieilles forêts, qui correspondent à la limite supérieure de la variabilité naturelle, peuvent être anticipés dans les sites intacts, incluant notamment les refuges biologiques, les aires protégées, les secteurs inaccessibles et les portions de bandes riveraines non aménagées. Les îlots de vieillissement contribuent à assurer la représentativité d'un nombre élevé d'attributs de vieilles forêts, mais moins important que celui pouvant être associé aux forêts intacts, en raison de leur récolte prévue au terme du délai de 15 ans.
- Une disposition judicieuse des îlots de vieillissement peut contribuer à assurer la connectivité des forêts mûres et vieilles.

* L'enjeu identifié initialement était la disparition des forêts « mûres et surannées ». L'évolution de la réflexion relative aux indicateurs de performance écosystémique a poussé à distinguer les forêts surannées qui sont maintenant désignées comme « vieilles forêts ».

Conditions d'application pour l'allongement des révolutions

CRITÈRE	CONDITIONS PROPICES
Stades de développement	Mûr et vieux (le plus vieux possible)

Âges de révolution et d'allongement des révolutions

- L'âge de révolution retenu doit être suffisant pour permettre la constitution de la banque de semis résineux. À cet effet, l'imposition de bloqueurs fixant l'âge minimal de révolution à 55 ans pour le sapin et à 60 ans pour l'épinette noire a été retenue.
- L'allongement des révolutions proposé correspond à une période de 15 ans ajoutée à l'âge d'obtention du volume maximal évalué sur la base des courbes de rendement en peuplements purs (en utilisant un diamètre de 9 cm et un indice de densité relative (IDR) moyen).

SAPIN BAUMIER			
Indice de qualité des stations (IQS)	Révolution	Âge du volume maximal de la courbe de rendement*	Âge retenu pour l'allongement des révolutions
21	55	60	75
18	55	75	90
15	60	80	95
12	75	95	110
9	95	95	110
ÉPINETTE NOIRE			
21	60	85	100
18	60	85	100
15	70	95	110
12	95	105	120
9	105	105	120
BOULEAU À PAPIER			
21	55	100	115
18	60	100	115
15	70	120	135
12	80	130	145

* Tables de Mailly et Tremblay, 2004 pour le sapin et l'épinette et de Pothier et Savard, 1998 pour le bouleau à papier.



De façon générale, l'allongement des révolutions permet d'assurer l'obtention de plusieurs caractéristiques constitutives de la complexité écologique de la forêt préindustrielle : structure irrégulière, production de gros bois, présence de gros vétérans et recrutement de bois mort. Il permet également de répondre

au besoin d'une période de rétablissement suffisante entre les coupes (Franklin *et al.*, 2007).

Plus spécifiquement, l'allongement des révolutions constitue une disposition visant à favoriser le développement d'attributs de vieilles forêts (old-growth forests). Les vieilles forêts sont celles présentant le dernier stade de développement de la végétation pouvant être atteint entre le passage des perturbations (Oliver et Larson, 1990 dans Braumandl et Holt, 2000). Elles sont caractérisées par la présence d'attributs associés à certains aspects fonctionnels des vieilles forêts (Spies et Franklin, 1988, Franklin et Spies 1991 et Kneeshaw et Burton, 1998 dans Braumandl et Holt, 2000). Ces attributs relèvent de la **complexité structurale** et de la spécificité des **legs biologiques** que l'on y retrouve (voir les définitions).

Le délai supplémentaire de maintien sur pied permet l'obtention d'arbres à valeur faunique ainsi que d'importantes quantités de bois mort incluant des éléments de grosse dimension, nécessaires à plusieurs espèces. L'allongement des révolutions consiste donc à maintenir le peuplement sur pied jusqu'au stade de vieille forêt, qui correspond à la période où la mortalité des gros arbres est la plus importante (Watt et Caceres, 1999) et au stade où l'on enregistre des quantités maximales de chicots (Côté *et al.*, 2009). On considère que l'obtention des niveaux maximaux de chicots que l'on peut associer au stade vieux, pourra permettre de fournir une quantité totale de bois mort s'approchant des niveaux observés dans les vieilles forêts. C'est également au stade vieux que s'opère le développement de la structure verticale du peuplement, à la faveur de l'ouverture progressive du couvert résultant de la mortalité. Ainsi, l'allongement des révolutions est susceptible de fournir l'habitat aux espèces associées aux vieilles forêts, qu'elles soient utilisatrices de chicots ou non (Watt et Caceres, 1999).

Approche préconisée à l'échelle du peuplement

Le début et la durée de la période de sénescence varient selon la qualité de station et la composition du peuplement. Pour la sapinière, plusieurs études ont proposé de fixer la maturité aux environs 60 ans (Roberge, 1964; Sprugel, 1975; Côté, 1989; Woodley et Forbes, 1997), considérant que le sapin est alors

plus vulnérable aux stress environnementaux et que la banque de semis est généralement suffisamment pourvue pour assurer la régénération de l'espèce. Sa longévité naturelle varie entre 80 et 100 ans (Sprugel, 1975), ce qui explique que les peuplements âgés de plus de 90 ans sont plus rares, à l'exception de ceux comportant une bonne proportion d'épinettes (Taylor et MacLean, 2005). Dans les études portant sur le bois mort réalisées dans les sapinières, les vieux peuplements échantillonnés dans la réserve faunique des Laurentides et en Gaspésie étaient âgés d'environ 80-90 ans (Despouts *et al.*, 2002; Despouts *et al.*, 2004).

Le stade de vieille forêt devrait être maintenu sur une période suffisante pour laisser la sénescence opérer et générer des attributs de vieilles forêts, puis permettre à ceux-ci de jouer leurs rôles. On pose l'hypothèse qu'une période de 15 ans après l'âge de sénescence, qui correspond à l'atteinte du volume maximal de la courbe de rendement, serait suffisante à cet effet.

Approche préconisée à l'échelle du paysage

L'allongement des révolutions s'inscrit dans le cadre de la tactique élaborée afin de suppléer au manque de vieilles forêts. Cette tactique comporte trois dispositions complémentaires, auxquelles il est possible d'associer un gradient décroissant d'attributs de vieilles forêts tel qu'illustré sur la figure 1, soit : 1) la conservation de vieilles forêts sans intervention humaine, 2) le maintien temporaire de vieux peuplements dans les forêts aménagées, et 3) le maintien et la production d'attributs de vieilles forêts réalisés dans le cadre des pratiques sylvicoles adaptées (voir la fiche sur le maintien de legs biologiques pour le détail de la portion du spectre correspondant aux pratiques sylvicoles, incluant les pratiques adaptées). La conservation de vieilles forêts intactes permettra d'atteindre des niveaux d'attributs de vieilles forêts représentatifs de la portion supérieure de la variabilité naturelle, notamment en ce qui concerne les chicots et le bois mort. Ces forêts, dont la dynamique naturelle sera préservée, se trouvent dans les refuges biologiques, les aires protégées, les secteurs inaccessibles, ainsi que dans les portions de bandes riveraines non aménagées. Signalons cependant, que la dynamique naturelle fera en sorte que leur stade de développement ne sera pas nécessairement permanent et que les forêts intactes doivent avoir atteint le stade de vieille forêt pour être considérées comme telles. Pour ce qui est de l'allongement des révolutions, on estime qu'il devrait permettre d'atteindre des niveaux d'attributs moins élevés que ceux observés dans les forêts intactes, étant donné la récolte des peuplements à la fin du délai de maintien. Cependant, ces niveaux devraient être plus importants que ceux qui pourront être obtenus dans les aires faisant l'objet de pratiques sylvicoles adaptées. Ces dernières comportent des niveaux de rétention variables selon le type de traitement et la quantité de legs présents avant intervention.

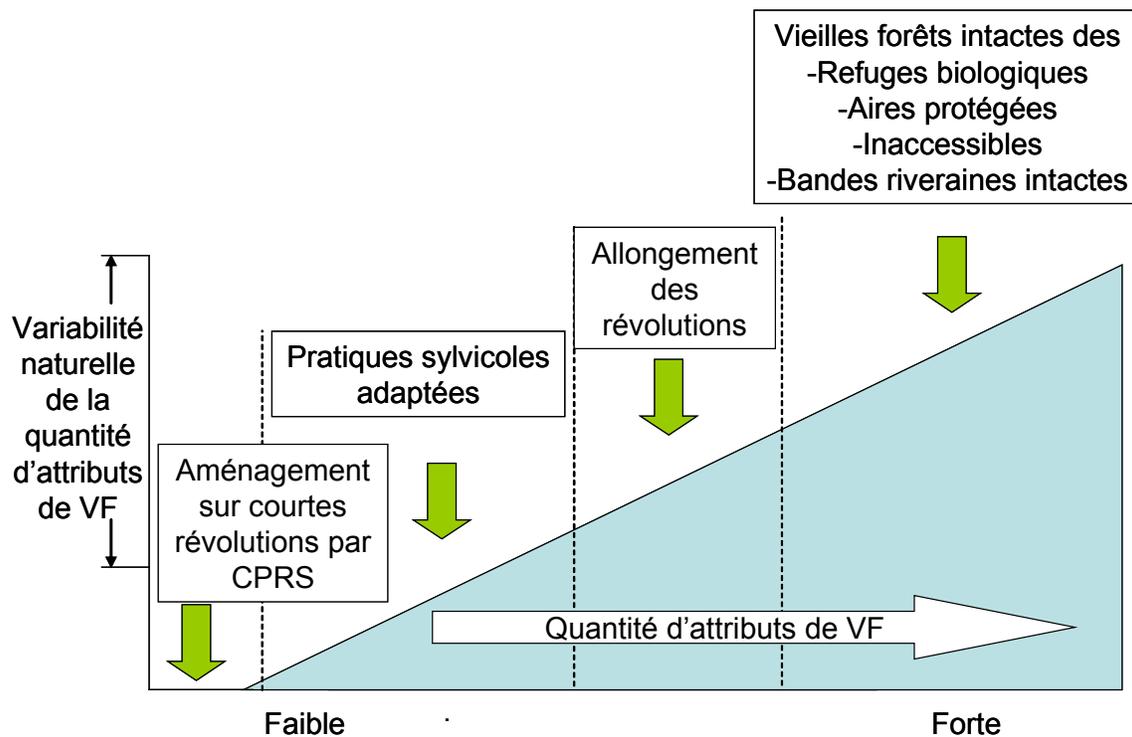


Figure 1 : Gradient d'attributs de vieilles forêts (VF) en fonction des solutions retenues.

Ainsi, à mesure que l'on progresse vers la droite, la probabilité de rencontrer des quantités d'attributs de vieilles forêts correspondant à la portion supérieure de la variabilité naturelle augmente.

La proportion de superficie à orienter vers l'allongement des révolutions s'établit dans le cadre de la stratégie d'aménagement, en fonction de la quantité de vieilles forêts que l'on veut maintenir à l'échelle du paysage. L'aire minimale de chaque îlot doit permettre de créer des conditions de forêts d'intérieur. À titre indicatif, les lignes directrices pour l'implantation des îlots de vieillissement (Déry et Leblanc, 2005) proposent à cet effet une superficie minimale de 100 ha dans les forêts boréales, avec une largeur minimale de 500 m. Ces lignes directrices proposent également certaines dispositions associées aux îlots, notamment : la représentativité

en regard du gradient écologique; la répartition spatiale, qui doit être effectuée par unité de planification (correspondant aux zones à haute valeur (ZHV) et aux unités territoriales de planification (UTP) délimitées dans la réserve faunique des Laurentides), la récolte, qui est prévue au terme du délai de 15 ans et, enfin, les mesures d'atténuation qui consistent essentiellement à intégrer, lors de l'identification des îlots, les diverses contraintes liées à l'exploitation forestière (ex. : affectation du territoire, sites d'intérêts autochtones, encadrement visuel, aire de fréquentation du caribou, etc.).

Les îlots de vieillissement peuvent contribuer à assurer la connectivité des forêts mûres et vieilles.

Impacts sur les enjeux écosystémiques

ENJEU	IMPACT DE L'ALLONGEMENT DES RÉVOLUTIONS
Raréfaction des forêts mûres et surannées	<ul style="list-style-type: none"> • Maintien accru de forêts mûres et vieilles • Création d'attributs de vieilles forêts
Inversion de la matrice*	<ul style="list-style-type: none"> • Limite l'abondance de jeunes peuplements • <u>Dans la mesure où l'allongement des révolutions est planifié en conséquence</u>, il peut contribuer à limiter la taille des blocs de jeunes peuplements agglomérés
Uniformisation des structures horizontale et verticale des peuplements	Au stade vieux, la mort progressive des arbres résultant de la sénescence provoque des trouées qui favorisent le développement de la végétation en sous-étage. Il en résulte une plus grande variabilité des structures verticale (étagement de la végétation) et horizontale (espacement entre les arbres variable grâce à la présence de trouées)
Raréfaction du bois mort dans les forêts aménagées	Le stade vieux correspond au stade de développement où les quantités maximales de chicots sont observées (Côté <i>et al.</i> , 2009)
Enfeuillage	<ul style="list-style-type: none"> • Peut permettre de mieux constituer la banque de semis résineux • Le début de la sénescence provoque des ouvertures dans le couvert qui favorisent le développement progressif de la régénération résineuse préétablie, limitant ainsi l'espace disponible pour l'établissement de feuillus intolérants
Raréfaction des attributs de composition de la sapinière à bouleau jaune	<u>Dans la mesure où les semenciers des essences en régression sont présents</u> , permet de bénéficier d'une période de production semencière accrue, susceptible de favoriser l'établissement de la régénération de ces essences
Raréfaction de l'épinette blanche dans les sapinières à bouleau blanc et de l'épinette noire dans les sapinières à épinette noire et les pessières	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Dans la mesure où les semenciers des essences en régression sont présents</u>, permet de bénéficier d'une période de production semencière accrue, favorisant l'établissement de la régénération de ces essences • Les chablis résultant de la sénescence permettent la mise à nu de sol minéral, ce qui favorise l'établissement de la régénération d'EPB (Ruel et Pineau, 2002). Les gros débris ligneux en décomposition contribuent également à la régénération de l'EPB; ils correspondent aux microsites associés à la présence de semis d'épinette blanche dans les vieilles forêts (Burns et Honkala, 1990)
Maintien des sapinières à épinette blanche et épinette noire de haute altitude	Permet le maintien de ces peuplements. L'allongement des révolutions peut aussi favoriser l'établissement d'un plus grand nombre de semis d'épinettes
Maintien de la qualité de l'habitat aquatique et Modification du régime hydrologique	Peut être utilisé de manière à limiter le niveau de coupe par bassin versant et ainsi contrôler les débits de pointe
Le caribou forestier de Charlevoix	Permet le maintien de forêts résineuses mûres et vieilles nécessaires au caribou forestier
Qualité de l'habitat de l'original	Toute disposition permettant d'assurer un mélange fin de peuplements servant d'abri (vieux peuplements) et de peuplements servant à l'alimentation (jeunes) contribue au maintien de la qualité de l'habitat de l'original
Le garrot d'Islande	Permet de produire les gros chicots nécessaires à la nidification du garrot d'Islande – tiges de sapin ou bouleau de diamètre à hauteur de poitrine (DHP) ≥ 30 cm et de classe de sénescence 6-7 : demi-poteau, cime coupée, moignon (Comité scientifique sur les enjeux de biodiversité, 2007) – et d'autres oiseaux cavicoles
Régénération et succession naturelle des peuplements	Permet de respecter les processus naturels de régénération, ce qui se concrétise par de plus grandes densités de semis résineux préétablis qui sont mieux développés grâce à leur mise en lumière progressive résultant de la mortalité dans le couvert
Qualité visuelle des paysages	Peut être utilisé de manière à limiter l'étendue des superficies en régénération et ainsi favoriser la qualité visuelle des paysages

* Disparition de la dominance des forêts mûres et surannées au profit d'une surabondance des jeunes peuplements agglomérés.

Impacts sur la production ligneuse

- L'allongement des révolutions permet de produire de plus grosses tiges.
- Dans certains cas, notamment pour le sapin, l'obtention de plus gros bois pourrait s'accompagner d'une diminution de la qualité résultant de la carie.
- L'allongement des révolutions provoque habituellement une diminution de la possibilité forestière. Son impact dépendra de la composition des peuplements et de la structure de la forêt du territoire pris en compte, mais il est possible de considérer qu'en général, la réduction sera proportionnelle à la superficie totale orientée vers un allongement des révolutions (Watt et Caceres, 1999). Toutefois, dans certains cas, les courbes de rendement indiquent que le volume total sur pied par unité de surface pourra être plus élevé que celui qui aurait été obtenu à l'âge d'exploitabilité absolue.

Risques et contraintes des solutions proposées

- **Risque de chablis** : L'allongement des révolutions peut accroître le risque de chablis, puisque celui-ci augmente notamment avec l'âge et la hauteur du peuplement et qu'il est aussi plus élevé dans les peuplements moins denses (Larouche, 2005).
- **Épidémies de tordeuse des bourgeons de l'épinette (TBE)** : Les sapinières mûres sont plus vulnérables aux attaques de la TBE que les immatures (MacLean, 1980). L'allongement des révolutions maintiendra des sources de nourriture pour la TBE. Les scientifiques considèrent cependant que les peuplements résultants ne présenteront pas de risque particulier de devenir d'éventuels foyers d'infestation (Centre d'étude de la forêt, 2008).

État des connaissances et expérience acquise

Dans le cadre des programmes quinquennaux 2008-2013, des îlots de vieillissement sont en cours d'implantation. Il faudra toutefois attendre la fin du délai de rétention prescrit pour être en mesure de constater les résultats.

Besoins de connaissances

Vérifier si l'âge atteint au terme du délai de rétention prescrit permet la production des attributs recherchés. Vérifier l'effet sur les communautés d'espèces inféodées aux vieilles forêts.

Références

- Boucher, Y., P. Grondin, J. Noël, D. Hotte, J. Blouin et G. Roy, 2008. Classification des écosystèmes et répartition des forêts mûres et surannées : le cas du projet pilote d'aménagement écosystémique de la réserve faunique des Laurentides. Direction de la recherche forestière, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec, Québec, 100 p.
- Braumandl, T.F. et R.F. Holt, 2000. Refining definitions of old growth to aid in locating old-growth forest reserves. *In* Proceedings, From science to management and back: a science forum for southern interior ecosystems of British Columbia. C. Hollstedt, C., K. Sutherland, and T. Innes (editors). Southern Interior Forest Extension and Research Partnership, Kamloops, B.C., pp. 41-44.
- Burns, R.M., et B.H. Honkala, tech. coords, 1990. Silvics of North America: 1. Conifers; 2. Hardwoods. Agriculture Handbook 654, Forest Service, U.S. Department of Agriculture, Washington, D.C., vol. 2, 877 p.
- Centre d'étude de la forêt, 2008. Avis scientifique sur l'article 92.0.3.2 de la loi sur les forêts. Centre d'étude de la forêt, 41 p.
- Comité scientifique sur les enjeux de biodiversité, 2007. Enjeux de biodiversité de l'aménagement écosystémique dans la réserve faunique des Laurentides. Rapport préliminaire du comité scientifique, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec, Québec, viii + 118 p. + annexes.
- Côté, S., 1989. Caractérisation de la régénération préétablie dans les sapinières boréales en fonction de leur situation écologique. Mémoire de maîtrise, Université Laval, Québec, Québec, 83 p.
- Côté, S., Y. Boucher et N. Thiffault, 2009. Le bois mort dans la sapinière à bouleau blanc : importance, caractéristiques et considérations pour l'aménagement écosystémique. *Le Naturaliste Canadien*, vol. 133, no 1 : 65-72.
- Déry, S. et M. Leblanc. 2005. Lignes directrices pour l'implantation des îlots de vieillissement rattachées à l'objectif sur le maintien des forêts mûres et surannées. Partie II : intégration à la planification forestière. Direction de l'environnement forestier, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec, Québec, 11 p.
- Despots, M., G. Brunet, G., L. Bélanger, L. et M. Bouchard, 2004. The eastern boreal old-growth balsam fir forest : a distinct ecosystem. *Can. J. Bot.*, 82: 830-849.
- Despots, M., A. Desrochers, A., L. Bélanger, L. et J. Huot, 2002. Structure de sapinières aménagées et anciennes du massif des Laurentides (Québec) et diversité des plantes vasculaires. *Can. J. For. Res.*, 32 : 2077-2093.
- Franklin, J.F., R.J. Mitchell et B.J. Palik, 2007. Natural disturbance and stand development principles for ecological forestry. General Technical Report NRS-19, Forest Service, Northern Research Station, USDA, Newton Square, PA: USDA, 44 p.
- Larouche, C., 2005. Effet du patron de répartition des coupes et des variables du milieu sur les pertes par chablis dans les lisières. Cas de la sapinière à bouleau blanc de l'Est. Mémoire de maîtrise, Université Laval, Québec, Québec, 71 p.
- Leblanc M. et L. Bélanger, 2000. La sapinière vierge de la Forêt Montmorency et de sa région : une forêt boréale distincte. Mémoire de recherche no 136, Direction de la recherche forestière, ministère des Ressources naturelles, Québec, Québec, 91 p.
- MacLean, D., 1980. Vulnerability of fir-spruce stands during uncontrolled spruce budworm outbreaks: a review and discussion. *Forestry Chronicle*, 56: 213-221.
- Mailly, D. et S. Tremblay, 2004. Détermination de l'âge approximatif d'entrée en sénescence des principaux peuplements forestiers à l'aide des placettes-échantillons temporaires. Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des parcs, Québec, Québec, 44 p.
- Pothier, D et F. Savard, 1998. Actualisation des tables de production pour les principales espèces forestières du Québec. Ministère des Ressources naturelles du Québec, Québec, Québec, 183 p.

- Roberge, M., 1964. Cyriac forest after devastation by the spruce budworm (project Q-33). Forest research branch. Dept. of forestry. Internal report no 64-Q-20, 19 p.
- Ruel, J.-C. et M. Pineau, 2002. Windthrow as an important process for white spruce regeneration. *Forestry Chronicle*, vol. 78, no 5, pp. 732-738.
- Sprugel, D.G., 1975. Dynamic structure of wave-regenerated *Abies balsamea* forests in the northern United States. *Journal of Ecology*, 64: 889-911.
- Taylor S.L. et D.A. MacLean, 2005. Rate and causes of decline of mature and overmature balsam fir and spruce stands in New Brunswick, Canada. *Can. J. For. Res.*, 35: 2479-2490.
- Watt, W.R. et M.C. Caceres, 1999. Managing for snags in boreal forest of northeastern Ontario. NEST technical note TN-016, 19 p.
- Woodley S. et G. Forbes (eds), 1997. Forest management guidelines to protect native biodiversity in the Fundy model forest. Greater Fundy ecosystem research group, University of New Brunswick, 35 p.

On peut citer ce document en tout ou en partie, en indiquant la référence suivante

Comité d'experts sur les solutions, 2009. *Projet de développement d'une approche d'aménagement écosystémique dans la réserve faunique des Laurentides. Fiches techniques - Allongement des révolutions*. Québec.



Type de solution

Grand axe
Régime/Scénario sylvicole
✓ Pratique/Intervention sylvicole
Mesure ponctuelle dans le temps

Types d'enjeux concernés

Principaux :
Composition
Aménagement forestier

Objectif

Promouvoir l'obtention d'une régénération dont la composition et la densité sont similaires à la régénération issue de la dynamique naturelle.

Définition

Ensemble de techniques visant à assister l'établissement de la régénération avant, pendant et/ou après une coupe et qui consistent en la préparation de terrain, l'ensemencement, l'enrichissement, le regarni ou le reboisement.

Problématique

La sapinière se régénère essentiellement grâce à une banque de semis préétablis (Hatcher, 1960; Duchesneau et Morin, 1999; Parent et al., 2003). Lors de la coupe de la forêt primaire, la banque de semis préétablis était généralement très dense, ce qui a permis la succession d'un peuplement résineux. Or, la forêt de seconde venue est actuellement récoltée à un âge beaucoup plus jeune, ce qui réduit la période de constitution de la banque de semis et peut occasionner certaines lacunes sur le plan de la régénération qui sont susceptibles d'avoir une incidence sur la composition des futurs peuplements. Cette problématique affecte particulièrement l'épinette blanche qui serait maintenant en déclin.

Solution

- Pallier les déficiences en matière de régénération grâce à des mesures ponctuelles appropriées.

Traitements préconisés à l'échelle du peuplement

- Les traitements d'assistance à la régénération préconisés sont les suivants : la préparation de terrain, l'ensemencement, l'enrichissement, le regarni et le reboisement.

Approche préconisée à l'échelle du paysage

- Les traitements d'assistance à la régénération, associés aux méthodes de coupe appropriées, constituent autant de moyens pour faire en sorte de réduire les écarts entre la composition forestière du paysage préindustriel et celle résultant des peuplements aménagés.

Conditions d'application pour la préparation de terrain

CRITÈRE	CONDITIONS PROPICES
Structure du peuplement	Toutes (régulière, irrégulière ou jardinée)
Stades évolutifs	Stable et faciès (dominance des essences de fin de succession; attention à la présence de feuillus intolérants (FI))
Stades de développement	Mûr et vieux* (possible dans un stade en régénération, préalablement à un ensemencement, mais attention aux FI)
Composition	Au niveau du couvert, présence d'essences pour lesquelles un brassage du sol favorise la germination des graines (EPB, BOJ), mais mauvaise représentation au sein de la régénération, ou comme préparation en vue d'un ensemencement visant à rétablir la représentativité d'au moins une de ces espèces (dans une station où les essences visées seraient normalement présentes)
Principaux agents de perturbation	Cette intervention permet de reproduire des lits de germination constitués de sol minéral résultant des chablis
CRITÈRE	CONDITIONS LIMITANTES
Conditions de site	Pentes fortes (risque d'érosion, aggravé en présence de drainage oblique); dépôts minces (fragilité du sol, risque de décapage); dépôts de texture fine (risques de sécheresse et de gel) (OMNR, 2003); sols humides (risque de compaction); difficile dans les stations à forte pierrosité
Végétation compétitrice	Sites à ERE et à PET (risque de favoriser la formation de rejets)

Conditions d'application pour l'ensemencement

CRITÈRE	CONDITIONS PROPICES
Structure du peuplement	Toutes (régulière, irrégulière ou jardinée)
Stades évolutifs	Stable ou faciès (dominance des essences de fin de succession; attention à la présence de FI)
Stades de développement	Mûr et vieux
Composition	Absence ou déficience en essences compagnes normalement présentes (à déterminer en fonction du « grand écosystème » et de la station)
CRITÈRE	CONDITIONS LIMITANTES
Conditions de site	Pentes fortes (risque d'érosion, aggravé en présence de drainage oblique); dépôts minces (fragilité du sol, risque de décapage); dépôts de texture fine (risques de sécheresse et de gel) (OMNR, 2003); sols humides (risque de compaction); difficile dans les stations à forte pierrosité
Végétation compétitrice	Sites à ERE et à PET (risque de compétition par les rejets)

* L'enjeu identifié initialement était la disparition des forêts « mûres et surannées ». L'évolution de la réflexion relative aux indicateurs de performance écosystémique a poussé à distinguer les forêts surannées qui sont maintenant désignées comme « vieilles forêts ».

Conditions d'application pour l'enrichissement

CRITÈRE	CONDITIONS PROPICES
Structure du peuplement	Toutes (régulière, irrégulière ou jardinée)
Stades évolutifs	Stable ou faciès (dominance des essences de fin de succession; attention à la présence de FI)
Stades de développement	Mûr et vieux ou encore en régénération
Composition	Absence ou déficience en essences compagnes normalement présentes (à déterminer en fonction du « grand écosystème » et de la station)
CRITÈRE	CONDITIONS LIMITANTES
Conditions de site	Dépôts minces ou organiques (sites peu propices à la plantation), sites humides et stations à forte pierrosité (contraintes à la plantation)

Conditions d'application pour le regarni

CRITÈRE	CONDITIONS PROPICES
Structure du peuplement	Toutes (régulière, irrégulière ou jardinée)
Stades évolutifs	Stable ou faciès (dominance des essences de fin de succession; attention à la présence de FI)
Stades de développement	En régénération
Composition	Parfois absence ou déficience d'une essence compagne normalement présente (à déterminer en fonction du grand-écosystème et de la station) qui sera compensée par la réalisation du regarni dans cette essence
CRITÈRE	CONDITIONS LIMITANTES
Conditions de site	Dépôts minces ou organiques (sites peu propices à la plantation), sites humides et stations à forte pierrosité (contraintes à la plantation)

Conditions d'application pour le reboisement

Dans le cadre de l'aménagement écosystémique, le reboisement devrait être envisagé soit à des fins d'intensification de l'aménagement, soit pour répondre à un problème de raréfaction de certaines essences, ou encore en mode curatif (en cas d'échec des mesures prises en amont).

CRITÈRE	CONDITIONS PROPICES
Structure du peuplement	Régulière
Stades évolutifs	Pionnier pour la plantation en mode curatif
Stades de développement	En régénération
Composition	Dominance de feuillus non commerciaux et rareté ou absence de régénération naturelle en essences désirées
CRITÈRE	CONDITIONS LIMITANTES
Conditions de site	Dépôts minces ou organiques (sites peu propices à la plantation), sites humides et stations à forte pierrosité (contraintes à la préparation de terrain et au reboisement)



La sapinière se régénère essentiellement grâce à une banque de semis préétablis (Hatcher, 1960). Afin de respecter ce processus naturel et de bénéficier des avantages résultant de la présence de semenciers (source de graines et ombrage), le diagnostic sur l'état de la régénération doit être posé

avant la récolte. Il est ainsi possible de prendre les dispositions appropriées pour assister l'établissement de la régénération lorsque nécessaire. Toutefois, certaines des interventions alors envisagées comportent un danger d'*artificialisation* qui peut être à l'origine d'une perte de résilience en cas d'utilisation massive à grande échelle. Cette perte de résilience découle d'actions ayant un impact sur la diversité qu'elle soit génétique, spécifique, structurale ou fonctionnelle (Carnus *et al.*, 2006). Pour les forêts, l'*artificialisation* réfère surtout à la composition et à la structure des peuplements, et peut s'opérer à divers degrés dont le plus important correspondra à la plantation (arbres issus d'une sélection génétique, tous de même âge et de même hauteur, et uniformément espacés) d'une seule essence (monoculture) exotique (essence introduite à l'extérieur de son aire de distribution naturelle). Dans le cadre de l'aménagement écosystémique, l'utilisation d'interventions concourant à l'*artificialisation* des forêts devrait être limitée.

Pour la réserve faunique des Laurentides, le comité préconise le **recours préférentiel à la régénération naturelle** en promouvant les méthodes de régénération favorables à l'obtention d'une régénération acquise, telles que les coupes progressives à régénération lente ou rapide (voir fiche sur le grand axe de régénération acquise). La régénération naturelle permet le maintien de la diversité génétique locale et de fortes densités initiales sont favorables à l'obtention de tiges bien conformées et de bois de qualité (OMNR, 2003). Le reboisement devrait être envisagé soit à des fins d'intensification de l'aménagement, soit pour répondre à un problème de raréfaction de certaines essences indigènes, ou encore en mode curatif. Malgré le désir de rencontrer des standards de régénération rehaussés, il peut arriver que certains secteurs présentent des déficiences quant à leur régénération, que ce soit du fait des conditions de site (rareté de semenciers d'essences désirées, disponibilité limitée de niches adéquates pour l'installation des semis) ou en raison des opérations forestières comme telles (sentiers de débardage et aires d'empilement). En pareilles circonstances, il convient d'avoir recours à des interventions visant à assister l'établissement de la régénération.

Traitements préconisés à l'échelle du peuplement

Les différentes interventions d'assistance à la régénération visent à moduler la composition et favoriser l'atteinte d'une régénération acquise dans les stations qui s'y prêtent.

La préparation de terrain : Scarifiage visant le **mélange des couches organiques et minérales** du sol, dont l'objectif est de favoriser l'établissement de la régénération, grâce à son effet sur l'humidité relative et la température près de la surface du sol (Zarnovican, 2003). En effet, le mélange produit possède une meilleure capacité de rétention d'eau par rapport à des substrats moins favorables (tels que la litière feuillue), il présente moins d'écart thermique en surface et n'obstrue pas la pénétration des radicelles. Compte tenu de l'orientation vers la régénération naturelle, la préparation de terrain préconisée est réalisée sous couvert et essentiellement de type localisé (par poquets). En s'inspirant des processus naturels, il est également possible d'envisager la création de monticules visant à reproduire les conditions créées par les chablis. Ces poquets ou monticules devraient être disposés à proximité des semenciers et préférentiellement placés dans des zones moins bien régénérées. Les poquets peuvent être réalisés par un ouvrier sylvicole à pied à l'aide d'une taupe, par une pelle excavatrice de petite ou de moyenne taille ou par l'abatteuse-groupeuse (dont la tête aura été modifiée en conséquence). Dans la pratique, l'encombrement produit par les tiges résiduelles et le volume des monticules réduit le nombre de poquets pouvant être réalisés. La coupe progressive par minibandes présente, à ce titre, la meilleure option pour maximiser la surface scarifiée (Lussier *et al.*, 2006). Pour en maximiser l'efficacité, la préparation de terrain devrait être réalisée lors des bonnes années semencières (Zarnovican, 2003), bien que le milieu demeure réceptif pendant une période allant jusqu'à 6 ans (Greene *et al.*, 1999). Ce synchronisme avec les bonnes années semencières est particulièrement important pour l'épinette blanche, dont la production semencière est irrégulière et peu fréquente (Zarnovican, 2003). La préparation de terrain en plein ne sera envisagée qu'en cas d'insuccès majeur nécessitant un reboisement pour assurer une remise en production.

L'ensemencement : Épandage de graines. Dans le cadre de l'aménagement écosystémique, l'ensemencement est envisagé pour pallier le manque de semenciers, suppléer une faible production semencière, ou corriger une (ou des) déficiences localisée(s) n'ayant pu être comblée(s) naturellement. Étant donné qu'elle est précédée d'une préparation de terrain qui comporte un risque d'envahissement par la compétition, il est recommandé de réaliser l'ensemencement sous couvert. Ce dernier permet,

de plus, le contrôle des conditions microclimatiques en évitant les températures extrêmes, néfastes en période de germination; il est, par conséquent, particulièrement important de le conserver pour favoriser le succès germinatif dans les milieux xériques. L'ensemencement convient particulièrement bien aux essences qui, à l'instar du bouleau jaune, ont avantage à croître en collectif dense pendant leur phase juvénile. Il peut également être utilisé pour favoriser une meilleure représentation de l'épinette blanche au sein de la régénération (Raymond *et al.*, 2000).

L'enrichissement : Mise en terre de plants visant à introduire ou accroître la quantité de tiges d'une essence donnée. L'enrichissement permet de corriger une déficience en matière de composition par la plantation de plants de forte dimension d'essence(s) visée(s) au sein de la cohorte en régénération. Cette intervention s'accompagne souvent du dégagement du sous-bois dans les secteurs où sont disposés les plants. Selon les exigences de l'essence concernée, elle peut être réalisée sous couvert (surtout pour les épinettes blanche et rouge) ou immédiatement après la coupe de régénération.

Le regarni : Mise en terre de plants visant à compléter une régénération naturelle déficiente par endroits. Le regarni permet de corriger une déficience relative à la densité de semis par la plantation de plants de forte dimension d'essence(s) visée(s) au

sein de la cohorte en régénération. Cette intervention s'effectue généralement immédiatement après la coupe de régénération et se concentre souvent dans les sentiers et aires d'empilement.

Le reboisement : Mise en terre de plants sur l'ensemble d'une surface donnée. Le reboisement devrait être envisagé soit à des fins d'intensification de l'aménagement, soit pour répondre à un problème de raréfaction de certaines essences indigènes, ou encore en mode curatif pour remédier à une situation où la régénération naturelle n'a pu être obtenue ou a été détruite. Un tel cas de figure est généralement rare surtout dans le domaine de la sapinière, mais pourrait, par exemple, survenir à la suite d'un feu, ou encore, dans des peuplements denses d'épinette noire où l'élagage naturel aurait empêché la formation de marcottes. Dans le cadre de l'aménagement écosystémique, il importe toutefois de veiller à limiter l'*artificialisation*. Ainsi, il est préférable de conserver la régénération naturelle présente; dans la mesure du possible, un regarni devrait donc être privilégié par rapport à un reboisement. L'essence choisie devrait correspondre à une essence naturellement présente sur la station. Dans le même ordre d'idées, les interventions d'entretien de plantation, à l'instar des autres travaux d'éducation (voir fiche sur les traitements d'éducation), devraient autoriser le maintien d'essences compagnes, incluant des arbres fruitiers, et permettre une densité totale plus élevée.

Impacts sur les enjeux écosystémiques

ENJEU	IMPACT DES INTERVENTIONS D'ASSISTANCE À LA RÉGÉNÉRATION
Enfeuillage	L'assistance à la régénération permet de limiter la quantité de niches vides, ce qui peut réduire l'enfeuillage
Raréfaction des attributs de composition de la sapinière à BOJ	En tenant compte de l'autoécologie de chacune, les diverses mesures d'assistance à la régénération peuvent être adaptées de façon à améliorer la régénération des essences en déclin (ex. : préparation de terrain pour le BOJ, préparation de terrain avec maintien d'un couvert suffisant pour l'EPR)
Raréfaction de l'épinette blanche dans les sapinières à bouleau blanc	Chacune des mesures d'assistance à la régénération peut être adaptée de façon à améliorer la représentativité de l'EPB
Raréfaction de l'épinette noire dans les sapinières à épinette noire et dans les pessières	Chacune des mesures d'assistance à la régénération peut être adaptée de façon à améliorer la représentativité de l'EPN
Maintien des sapinières à épinette blanche et épinette noire de haute altitude	Chacune des mesures d'assistance à la régénération peut être adaptée de façon à améliorer la représentativité de l'EPB et de l'EPN
Conversion des sapinières et peuplements mélangés en plantations d'épinettes noires et blanches	DANGER : le remplacement de sapinières et peuplements mélangés par des plantations d'épinettes en plein accentue ce problème; <u>Dans la mesure où il y a présence d'une régénération naturelle, il serait préférable de pallier les manques par la réalisation d'enrichissement ou de regarni plutôt que de reboiser en plein</u>
Régénération et succession naturelle des peuplements	<u>Dans la mesure où elles s'effectuent dans le cadre d'une politique de régénération acquise et favorisent une représentativité adéquate des diverses essences</u> , les interventions d'assistance à la régénération peuvent contribuer à assurer la régénération et la succession naturelle des peuplements
Approvisionnement en quantité	<u>Dans la mesure où elles sont effectuées dans le cadre d'une politique de régénération acquise</u> , les diverses mesures contribueront à l'atteinte du plein boisement et éviteront ainsi les baisses de rendement
Perte de superficie productive	<u>Les interventions d'assistance à la régénération (regarni, ensemencement et plantation) peuvent permettre de limiter la perte de superficie productive</u>
Sous-boisement (baisse de stocking résineux)	<u>Dans la mesure où les objectifs de densité sont fixés en conséquence</u> , les interventions d'assistance à la régénération favorisent l'obtention du plein boisement

Impact sur la production ligneuse

- Dans la mesure où les objectifs de densité sont ajustés à cet effet, les diverses mesures favorisent l'obtention du plein boisement qui permettrait éventuellement une amélioration des rendements.

Impacts sur les coûts

- Les diverses mesures entraînent des coûts directs à court terme, mais peuvent favoriser l'obtention d'un peuplement pleinement stocké en essences résineuses à maturité.

Risques et contraintes des solutions proposées

- **Enfeuillement** : Dans les écosystèmes sujets à l'enfeuillement, la préparation de terrain devrait être réalisée sous couvert afin de limiter le risque d'envahissement par la végétation compétitrice.
- **Vulnérabilité à la TBE** : L'obtention de retours résineux contribue à l'accroissement de la vulnérabilité à la TBE. Le niveau de pertes attribuable à la TBE peut cependant être limité au moyen d'un mélange de compositions et de classes d'âge diverses.
- **Risque de scalpage** : La préparation de terrain doit être faite de manière à assurer un mélange entre les horizons organiques et minéraux; il importe d'éviter le retrait de la portion organique puisqu'elle renferme une partie des éléments nutritifs qui seront nécessaires à la croissance des arbres qui s'établiront.
- **Risque de stagnation** : Pour éviter les risques de stagnation associés aux peuplements trop denses, il importe de prévoir un dépressage lorsque la régénération résineuse aura au moins atteint une taille suffisante pour empêcher les feuillus intolérants de la rattraper.

État des connaissances et expérience acquise

Une étude réalisée à la Forêt Montmorency a permis de vérifier que, dans les sapinières riches de seconde venue, la préparation de terrain sous couvert, après une coupe partielle légère (25 % de la ST), était favorable à l'établissement d'épinette blanche en régénération (Raymond *et al.*, 2000). Dans ces conditions, il appert que les interventions d'assistance à la régénération que sont la préparation de terrain sous couvert, l'ensemencement d'épinette blanche lors des mauvaises années semencières, ainsi que l'enrichissement des sentiers en épinette blanche sont nécessaires à l'obtention d'une proportion d'épinette blanche qui s'approcherait de celle rencontrée dans les sapinières vierges.

Pour l'épinette noire, une méthode de coupe progressive rapide (voir fiche sur la coupe progressive à régénération rapide), dite en demi-lunes, a été développée et utilisée depuis 2006 (G. Massicotte*, comm. pers.). Cette méthode, convenant aux peuplements d'épinettes-sapins (ES), comporte la préparation de terrain dans les sentiers et les ouvertures produites dans les demi-lunes afin de favoriser le recrutement d'épinette noire, tout en réduisant les risques de dommages aux arbres résiduels.

Besoins de connaissances

Réaliser des essais de regarni d'épinette blanche sous couvert suivi d'une coupe progressive d'abri sur les bons sites (buts : évaluer la survie d'un regarni effectué sous couvert; vérifier l'efficacité d'une coupe progressive d'abri pour assurer la survie de semis en situation de faible densité, d'une part, et limiter l'envahissement par la végétation compétitrice, d'autre part).

Un problème de chlorose a été signalé chez l'épinette blanche : des recherches plus approfondies sont nécessaires pour identifier les causes et éventuellement proposer des solutions.

* Gilbert Massicotte, ing.f., Produits forestiers Saguenay

Références

- Carnus, J.-M., J. Parrota, E. Brockerhoff, M. Arbez, H. Jactel, A. Kremer, D. Lamb, K. O'Hara et B. Walters, 2006. Planted forests and biodiversity. *J. For.*, 104: 65-77.
- Duchesneau, R. et H. Morin, 1999. Early seedling demography in balsam fir seedling banks. *Can. J. For. Res.*, 29: 1502-1509.
- Greene, D.F., J.C. Zasada, L. Sirois, D. Kneeshaw, H. Morin, I. Charron et M.-J. Simard, 1999. A review of the regeneration dynamics of North American boreal forest tree species. *Can. J. For. Res.*, 29: 824-839.
- Hatcher, R.J., 1960. Croissance du sapin baumier après coupe rase dans le Québec, Canada, min. du Nord can. et des Res. Nat. Div. Rech. sylv., Mém. tech. no 87, 24 p.
- Lussier, J.M., E. Therrien, H. Morin et P. Meek, 2006. Développement de systèmes de coupes progressives adaptées aux pessières noires régulières, dans Forum de transfert sur l'aménagement et l'environnement forestiers, *édité par Action concertée Fonds Nature et technologies – Fonds forestier (2^e et 3^e concours)*, Québec, Québec.
- En ligne : http://www.fqrnt.gouv.qc.ca/partenariatsInnovation/partenariats/forums/PresentationsFondsForestier2_3/ForumFF_2006/Morin_PR.pdf
- OMNR, 2003. Silviculture guide to managing spruce, fir, birch, and aspen mixedwoods in Ontario's boreal forest. Version 1.0.
- Parent, S., M.J. Simard, H. Morin et C. Messier, 2003. Establishment and dynamics of the balsam fir seedling bank in old forests of northeastern Quebec. *Can. J. For. Res.*, 33: 597-603.
- Raymond, P., J.-C. Ruel et M. Pineau, 2000. Effet d'une coupe d'ensemencement et du milieu de germination sur la régénération des sapinières boréales riches de seconde venue du Québec, *The Forestry Chronicle*, vol. 76, no 4, p. 643-652.
- Zarnovican, R., 2003. Effet de la production semencière et de la scarification du sol sur la régénération naturelle d'une sapinière de seconde venue du Bas-Saint-Laurent, Service canadien des forêts, Centre de foresterie des Laurentides, Québec, Québec, rapport d'information LAU-X-127.

On peut citer ce document en tout ou en partie, en indiquant la référence suivante

Comité d'experts sur les solutions, 2009. *Projet de développement d'une approche d'aménagement écosystémique dans la réserve faunique des Laurentides. Fiches techniques - Assistance à la régénération*. Québec.



Type de solution

Grand axe
Régime/Scénario sylvicole
✓ Pratique/Intervention sylvicole
Mesure ponctuelle dans le temps

Types d'enjeux concernés

Principaux :

Bois mort

Complémentaires :

Structure des peuplements
Composition
Aménagement forestier
Encadrement visuel
Filtre fin

Objectif

Récolter le bois tout en favorisant le **maintien de legs biologiques**.

Définition

Coupe finale de régénération qui vise à initier un nouveau peuplement de structure régulière en libérant la régénération préétablie, tout en assurant le maintien de legs biologiques pendant la révolution entière du futur peuplement.

Problématique

À la suite des perturbations naturelles, la présence de legs biologiques et la complexité structurale qui en résulte jouent un rôle important dans le maintien de la biodiversité, ainsi que dans le fonctionnement et le rétablissement des écosystèmes (Franklin et al., 1997). Or, ces attributs sont généralement rares ou absents à la suite d'une CPRS/CPHRS conventionnelle.

Solutions

- Associer la rétention de legs biologiques à la coupe totale des arbres matures.
- Associer une rétention variant entre 5 et 25 % de la superficie (rétention regroupée) ou de la surface terrière (rétention dispersée); au-delà de 25 % de couverture résiduelle d'arbres matures (densité D), on considère qu'il s'agit plutôt de coupes partielles.
- Faire varier l'intensité de la rétention de façon à imiter la variabilité naturelle.
- La rétention peut être regroupée, ou dispersée (Franklin et al., 1997; Franklin et al., 2007), ou bien un mélange des deux (Rheault, 2007).
- Les éléments à intégrer dans la rétention, leur localisation ainsi que le pourcentage de rétention sont définis sur la base des objectifs et enjeux identifiés pour le territoire.

Traitements préconisés à l'échelle du peuplement

- *Coupe à rétention regroupée* : Groupes d'arbres occupant 5 à 25 % de la superficie.
- *Coupe à rétention dispersée* : Arbres dispersés représentant 5 à 25 % de la surface terrière avant coupe.

Approche préconisée à l'échelle du paysage

- La proportion de coupe à rétention variable à effectuer s'établit au niveau de la stratégie d'aménagement.
- Le maintien de legs favorise la connectivité, ainsi que la recolonisation par les espèces à faible capacité de dispersion (Rheault, 2007) et peut contribuer à réduire l'impact négatif de la CPRS sur la qualité visuelle du paysage (Yelle et al., 2008).
- Afin de maximiser les bienfaits associés au maintien de legs biologiques et pour minimiser le risque de chablis, il importe de disposer et configurer les superficies traitées en coupes totales à rétention de façon à limiter leur exposition aux vents dominants.

Conditions d'application pour la coupe à rétention variable

Lorsqu'il y a une bonne représentation d'essences en régression, le choix de l'intervention devrait être orienté vers des traitements sylvicoles mieux adaptés au maintien et à la régénération de ces essences. En revanche, lorsqu'il y en a peu, une rétention concentrée sur ces essences peut contribuer à freiner leur régression.

CRITÈRE	CONDITIONS PROPICES
Structure du peuplement	Régulière pour la coupe totale à rétention variable ou irrégulière avec gaules pour la coupe à rétention par cohortes
Stades évolutifs	Dominance d'essences de fin de succession (stades stable et faciès); peuplements résineux
Stades de développement	Mûr et vieux*
Composition	Présence de rares EPB souhaitable
Régénération en essences désirées	Bonne à excellente, idéalement régénération rencontrant les standards rehaussés (voir fiche sur la régénération acquise) : tapis continu de semis résineux portant des branches
Végétation compétitrice	Risque d'envahissement limité
CRITÈRE	CONDITIONS LIMITANTES
Conditions de site	Dépôts minces, sommets, hauts de pente et autres sites exposés aux vents dominants (risque de chablis); drainage mésique à écoulement latéral (31) (risque d'envahissement par la végétation compétitrice dans tous les types de CPRS)
Composition	Peuplements mixtes** (risque d'envahissement par la végétation compétitrice dans tous les types de CPRS)
Stades de développement	Paysages dominés par les jeunes peuplements (limiter le recours aux CPRS/ CPHRS pour freiner l'inversion de la matrice***)

* L'enjeu identifié initialement était la disparition des forêts « mûres et surannées ». L'évolution de la réflexion relative aux indicateurs de performance écosystémique a poussé à distinguer les forêts surannées qui sont maintenant désignées comme « vieilles forêts ».

** S'applique dans des écosystèmes naturellement dominés par des peuplements résineux

*** Disparition de la dominance des forêts mûres et surannées au profit d'une surabondance des jeunes peuplements agglomérés



En plus de servir de foyers de recolonisation du site après la récolte, le maintien de legs biologiques (voir fiche correspondante) permet, notamment, de conserver une certaine irrégularité dans la structure du nouveau peuplement et d'assurer la poursuite du recrutement de bois

mort. L'ensemble des fonctions associées aux legs confère une meilleure résilience aux écosystèmes à la suite de perturbations (Sougavinski et Doyon, 2002). Pour remplir leurs rôles, les legs doivent être maintenus sur, au moins, la **totalité de la prochaine révolution** (Mitchell et Beese, 2002; Franklin *et al.*, 2007).

S'inspirer des perturbations naturelles

La coupe à rétention variable permet de reproduire les conditions créées par les épidémies sévères à l'origine de l'initiation d'un nouveau peuplement. Dans la sapinière préindustrielle, ces nouveaux peuplements comportaient souvent des vétérans provenant du peuplement précédent, ainsi qu'une grande quantité de bois mort (Dallaire, 2004). La rétention peut également être utilisée pour l'émulation de reliquats subsistant après feu, sans toutefois pouvoir reproduire les conditions résultant d'un feu au niveau du sol.

Traitements préconisés à l'échelle du peuplement

On reconnaît trois types de coupes avec rétention : la coupe totale à rétention regroupée, la coupe totale à rétention dispersée, ainsi que la coupe à rétention par cohortes.

La coupe totale à rétention regroupée : CPRS/CPHRS accompagnée d'une rétention effectuée par groupes d'arbres ou bouquets sur 5 à 25 % de la superficie. La rétention regroupée peut diminuer le risque de chablis grâce au support mutuel au sein du bouquet. Elle permet, notamment, de créer des zones ombragées plus fraîches et plus humides dispersées dans l'aire de coupe, favorise le maintien de strates de végétation multiples, de chicots et de portions de sous-bois intacts, ce qui constitue autant d'éléments favorables à la biodiversité (Franklin *et al.*, 1997; Franklin *et al.*, 2007) (voir la fiche sur le maintien de legs biologiques). Elle permet également le recrutement de bois mort qui sera placé dans des conditions microclimatiques plus favorables aux insectes *saproxyliques* (conditions moins sèches et moins chaudes dans les bouquets par rapport au reste de la coupe).

Afin d'en maximiser les effets positifs, les bouquets devraient être caractérisés soit par l'abondance d'une haute régénération combinée à la présence d'arbres vivants de dimension marchande et de chicots, soit par la présence d'une épinette blanche dominante, associée à la présence d'une haute régénération et de quelques arbres de dimension marchande vivants ou morts (Leblanc, 2004). Une localisation optimale des éléments de rétention permet d'assurer la réussite du traitement.

La coupe totale à rétention dispersée : CPRS/CPHRS accompagnée d'une rétention effectuée de manière dispersée représentant entre 5 et 25 % de la surface terrière avant coupe. En principe, la rétention pratiquée selon un patron dispersé est plus favorable au maintien d'arbres d'espèces et de dimensions diverses, ainsi qu'à une meilleure dispersion des chicots et débris ligneux, qui constituent la source d'énergie des processus biologiques ayant cours au niveau du sol, et peut permettre de limiter la régénération des essences intolérantes (Franklin *et al.*, 1997; Franklin *et al.*, 2007). Le risque de prédation de graines par les écureuils est plus important avec la rétention regroupée, par rapport à la rétention dispersée (OMNR, 2000).

La coupe à rétention par cohortes : Coupe des arbres de l'étage dominant d'un peuplement bisétagé ou irrégulier, accompagnée de la rétention des petites tiges marchandes et des gaules. On peut regrouper la CPPTM (coupe avec protection des petites tiges marchandes) et la CPDTV (coupe avec protection de tiges à diamètre variable) (Leblanc, 2005) dans cette catégorie. Toutefois, dans le cadre de l'aménagement écosystémique, cette coupe aurait avantage à être accompagnée d'une rétention effectuée au sein de l'étage dominant afin de répondre aux besoins de la faune dépendant des vieux arbres (Smith *et al.*, 1997; Rheault, 2007). Pour pallier cette lacune, de nouveaux essais de CPPTM comportant une rétention de 10 à 20 % de tiges adultes marchandes ont été réalisés en Abitibi afin de recréer la structure des pessières noires irrégulières (Rheault, 2007). Selon le scénario retenu, la rétention par cohortes permettra soit le retour d'un peuplement équienné, soit la réinitiation d'un peuplement bisétagé, si l'on prévoit une intervention pour libérer la nouvelle cohorte (Nyland, 2002), lorsque celle-ci aura atteint un stade de développement suffisant pour assurer une bonne production semencière.

Quelques notes supplémentaires

Le maintien de legs biologiques peut donc se faire selon deux patrons de distribution spatiale des arbres vivants retenus : regroupé ou dispersé (Franklin *et al.*, 1997; Franklin *et al.*, 2007), ce qui permet de rencontrer différents objectifs. Il est aussi possible d'utiliser un mélange des deux patrons de dispersion spatiale.

Objectifs du patron de rétention

CARACTÉRISTIQUE OU OBJECTIF	RÉTENTION DISPERSÉE	RÉTENTION REGROUPÉE
Modification du microclimat Influence sur les processus hydrogéologiques Maintien de la stabilité du système racinaire	Effet moindre, mais généralisé, sur le parterre de coupe	Effet plus important, mais localisé
Rétention d'arbres d'espèces, de dimensions et de conditions diverses	Plus importante	Moins importante
Rétention d'arbres de gros diamètre	Plus d'emphase	Moins d'emphase
Rétention de strates de végétation multiples	Faible probabilité	Forte probabilité
Rétention de chicots Rétention de portions de sous-bois intacts	Difficile	Implicite
Sources bien distribuées de chicots et débris ligneux Sources d'énergies bien distribuées pour le maintien des processus au niveau du sol	Oui	Moins bien distribuées
Risque de chablis pour les arbres résiduels	Moindre pour les dominants, mais pas de support mutuel	Plus élevé pour les arbres non dominants, mais réduit dans l'ensemble du bouquet grâce au support mutuel
Risque de dommages aux arbres résiduels	Forte probabilité	Faible probabilité
Forme des arbres Distribution des combustibles fins	Uniforme	Variable
Croissance de la régénération des espèces intolérantes	Plus faible, sur l'ensemble des parterres	Plus élevée entre les bouquets et moindre dans les bouquets (effets négatifs localisés)
Croissance de la régénération des espèces tolérantes	Meilleure, sur l'ensemble des parterres	Risque de suppression par la végétation compétitrice entre les bouquets

Adapté de Franklin *et al.*, 2007

La rétention par cohortes pourrait être considérée comme une forme de rétention dispersée. Toutefois, pour obtenir les caractéristiques associées à cette forme de rétention au tableau précédent, elle doit être assortie de la rétention d'une certaine proportion des gros arbres formant le couvert supérieur initial afin d'éviter la réduction de la variabilité dans la dimension des arbres.

La rétention s'évalue à l'échelle de l'assiette de coupe. Pour être comptabilisés comme tels, les arbres dispersés, bouquets, îlots ou péninsules doivent être **permanents**; ils devront donc demeurer intacts (sans récolte) tout au long de la révolution du prochain peuplement. Cette rétention doit également être **représentative du peuplement intact mature** à partir duquel elle est pratiquée, notamment en termes de composition et de dimension des arbres; elle doit donc comporter obligatoirement des tiges marchandes.

Les débris ligneux (au sol) existants doivent être, dans la mesure du possible, préservés partout, sans égard au(x) patron(s) de

dispersion retenu(s) pour les arbres vivants (voir la fiche sur le maintien de legs biologiques).

En matière de rétention de legs biologiques, l'approche gagnante consiste à positionner au mieux la rétention en fonction du peuplement et des enjeux. La diversification des méthodes et patrons de rétention peut également favoriser l'obtention de meilleurs résultats. En général, une rétention systématique est jugée plus représentative du peuplement initial, alors qu'une rétention planifiée assure une localisation optimale par rapport aux enjeux et au risque de chablis. La rétention planifiée permet de s'assurer que les bouquets renferment un maximum d'éléments associés à divers enjeux tels que : des arbres vivants d'essences en raréfaction (ex. épinettes), ainsi que des arbres à valeur faunique, des chicots ou des débris ligneux de grosse dimension. Elle permet également de positionner les bouquets de manière à minimiser le risque de chablis grâce à l'utilisation de bordures vertes existantes, ou bien en ajustant leur forme et leur disposition de manière à diminuer l'action du vent.

Impacts sur les enjeux écosystémiques

Les coupes totales à rétention variable ne permettent pas de répondre à la problématique de raréfaction des forêts mûres et surannées. La rétention permet toutefois d'en réduire certains effets potentiellement négatifs sur l'habitat. La conception du traitement approprié doit tenir compte des différents enjeux pour le territoire concerné; les variantes peuvent donc être nombreuses.

ENJEU	IMPACTS DES COUPES À RÉTENTION VARIABLE
Uniformisation des structures horizontale et verticale des peuplements	<ul style="list-style-type: none"> • La rétention permet d'introduire une certaine variabilité structurale au sein du nouveau peuplement • <u>Dans la mesure où la rétention intègre des arbres de l'étage supérieur du couvert initial</u>, la variabilité structurale résultante sera favorisée
Raréfaction de bois mort dans les forêts aménagées	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Dans la mesure où la rétention est permanente</u>, elle permet d'assurer un certain recrutement de bois mort : les arbres vivants deviendront graduellement des chicots, puis du bois mort au sol • <u>Dans la mesure où la rétention comporte des arbres de grosse dimension</u>, elle permet de mieux répondre à la problématique de raréfaction de bois mort • Dans le cadre de la rétention par bouquets, leur localisation peut être effectuée de manière à comporter des débris ligneux
Le garrot d'Islande	<p><u>Dans la mesure où la rétention permet de conserver des arbres de grosse dimension ou d'en favoriser la production</u>, elle peut répondre aux besoins du garrot d'Islande qui requiert de gros chicots en décomposition pour nicher (tiges de sapin ou bouleau de DHP ≥ 30 cm et, de classe de sénescence 6-7 : demi-poteau, cime coupée, moignon) (Comité scientifique sur les enjeux de biodiversité, 2007)</p>
Raréfaction de l'épinette blanche dans les sapinières à bouleau blanc	<p><u>Dans la mesure où la rétention permet le maintien sur pied d'EPB adultes</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> • permet de bénéficier d'une période de production semencière accrue, favorisant l'établissement de la régénération de cette essence • l'établissement de la régénération d'EPB requiert la présence de bons lits de germination que constituent le bois mort et le sol minéral (Burns et Honkala, 1990; OMNR, 2003) : la protection des débris ligneux en décomposition et/ou la perturbation du sol sous les EPB éparses ou en périphérie des bouquets, lors des bonnes années semencières, sont indiquées
Raréfaction de l'EPN dans la sapinière à EPN et dans les pessières	<p><u>Dans la mesure où la rétention permet le maintien sur pied d'EPN adultes</u>, la rétention permet de bénéficier d'une période de production semencière accrue, favorisant l'établissement de la régénération de cette essence</p>
Régénération et succession naturelle des peuplements	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Dans la mesure où la régénération préétablie rencontre les standards rehaussés</u>, la coupe totale permet d'assurer la régénération et la succession naturelle des peuplements • Dans la mesure où la rétention comporte des arbres vivants matures, elle permet de maintenir des sources de semences après la récolte, ce qui peut favoriser la représentation de certaines essences (EPB, EPN) dans le futur peuplement
Approvisionnement en quantité	<p>Permet de bénéficier de la grande quantité de bois par unité de surface fournie par une coupe totale tout en assurant le maintien de legs biologiques. Cependant, la rétention diminue la quantité de bois prélevée</p>
Coûts d'approvisionnement de la matière ligneuse	<p>La rétention variable peut occasionner des coûts supplémentaires</p>
Qualité visuelle des paysages	<p>La rétention peut permettre de réduire l'impact visuel de la coupe totale (Yelle <i>et al.</i>, 2008)</p>

Impact sur la production ligneuse

- La CPRS/CPHRS permet la récolte d'un fort volume par unité de surface, cependant la rétention diminue le volume disponible. En théorie, l'impact est proportionnel au pourcentage de rétention et à la proportion du territoire concernée.

Impacts sur les coûts

- Coûts pour l'identification des bouquets ou arbres à retenir.
- Coûts d'exploitation supplémentaires pour les précautions à prendre lors de l'abattage afin d'éviter les blessures aux arbres résiduels.
- Récolte inférieure par hectare, pour un réseau de chemin équivalent, ce qui diminue la rentabilité des opérations.

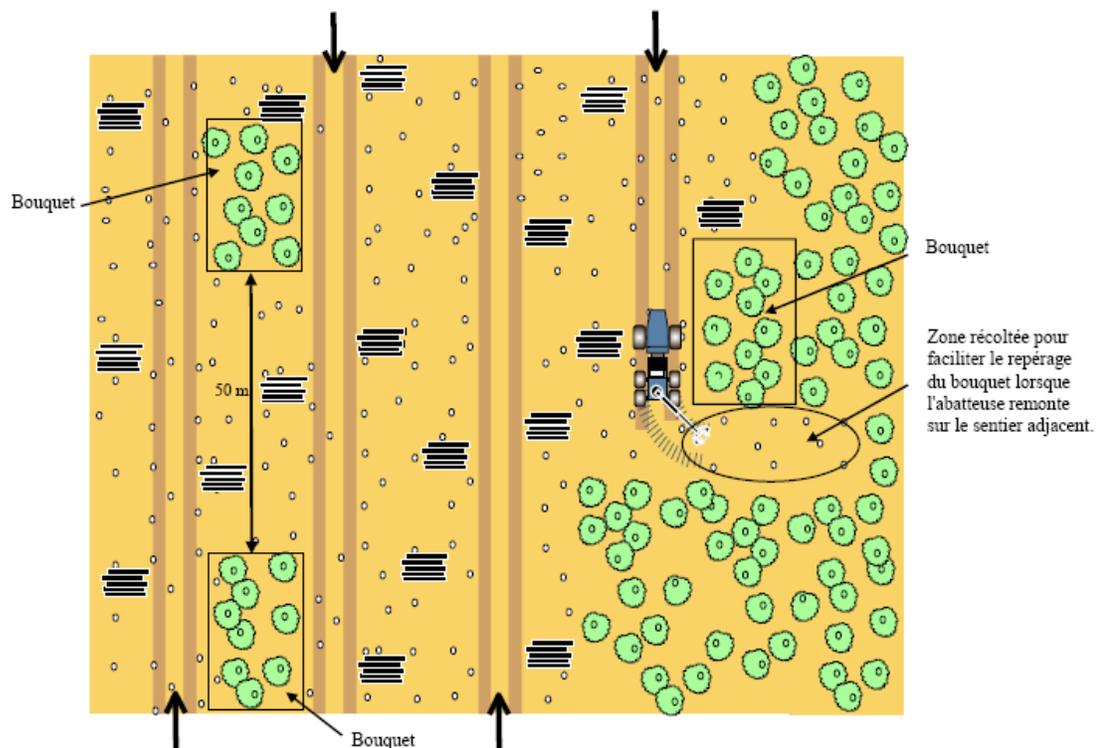
Risques et contraintes des solutions proposées

- **Risque de chablis** : L'augmentation du risque de chablis des tiges résiduelles est inévitable en raison du changement brusque de l'exposition au vent. Le risque de chablis serait moindre dans la rétention regroupée en raison du support mutuel entre les tiges, bien que des arbres isolés puissent aussi résister au vent. Idéalement, les groupes d'arbres laissés sur place devraient être disposés de manière à former un obstacle vertical qui soit le moins abrupt possible. On peut y arriver en situant ces groupes en aval de trouées naturelles retrouvées dans

le peuplement initial, par rapport à la direction des vents dominants. Ces trouées présentent généralement une bordure stable caractérisée par une bonne distribution verticale du feuillage (bordure verte), signe que la lumière, et aussi le vent, pénétraient déjà à cet endroit avant la coupe. (Quine *et al.*, 1995; Gardiner et Stacey, 1996). Il convient donc de faire en sorte que cette bordure verte devienne le rempart du bouquet préservé.

État des connaissances et expérience acquise

Une variante opérationnelle de la CPRS avec rétention de bouquets visant le maintien de bouquets intacts d'une superficie d'environ 150 à 300 m² chacun sur 5 % de la superficie (Leblanc, 2004) a été expérimentée. Dans le cadre de cet essai, la coupe était réalisée avec une abatteuse multifonctionnelle et un porteur. Le plan initial prévoyait la réalisation de bouquets selon une disposition systématique à environ tous les 50 m dans un entre-sentier sur trois, tel qu'illustré à la figure suivante. Toutefois, pour favoriser la réussite du traitement, leur positionnement exact doit être précisé sur le terrain afin de faire en sorte que les bouquets comportent les caractéristiques recherchées. La technique expérimentée consistait à effectuer une percée (zone récoltée) à la fin du bouquet à laisser de façon à faciliter son repérage pour compléter son périmètre lors du retour sur le sentier suivant (voir illustration). L'intégration des diverses contraintes aux opérations forestières peut faire en sorte de former des bouquets plus grands.



Adapté d'une image de FERIC

Il y a eu plusieurs adaptations opérationnelles de coupes à rétention de bouquets, qui ont varié selon l'expérience des opérateurs, ainsi que l'équipement et la machinerie utilisés. Certains ont prépositionné les bouquets dans le GPS, mais le soin de l'emplacement exact revenait à l'opérateur. D'autres ont plutôt localisé leurs bouquets (par *rubanage*) avant les travaux de récolte.

Sur la Côte-Nord, il y a eu des coupes avec protection de tiges à diamètre variable (CPTDV) avec rétention de bouquets et des CPPTM avec rétention de bouquets.

Une variante à sentiers espacés de façon à laisser une bande intacte dans la portion centrale entre les sentiers a été proposée pour associer la rétention de legs biologiques à la réalisation de CPHRS et de CPPTM (G. Massicotte*, comm. pers.). Cette disposition permet de maintenir les tiges, incluant celles de grosse dimension, les chicots et les portions de sous-bois dans la bande intacte, tout en améliorant la protection de la régénération. Elle ne permet cependant pas d'assurer une localisation optimale de la rétention (en choisissant des îlots d'EPB ou autres éléments structurants existants).

Les paramètres de rétention peuvent être ajustés en fonction des enjeux présents sur le territoire. Par exemple, afin de favoriser le maintien des espèces *épixyliques* associées aux vieilles pessières vierges, Rheault (2007) recommande la création d'îlots de rétention circulaires d'une superficie minimale de 5,6 ha (ou 3,6 ha dans un habitat clé), ce qui permet de préserver les conditions de forêts d'intérieur sur 2 ha. Ces îlots devraient être distancés au maximum de 200 m, ce qui correspondrait à une rétention intégrale minimale de 16 % de la superficie, par bloc de 35 ha. On recommande également d'associer la rétention dispersée à raison d'une tige adulte (vivante, moribonde ou chicot) par 125 m² (soit 5,8 % des tiges) afin de favoriser la connectivité; ce qui porte la rétention totale recommandée à 22 %. L'auteure précise que les 16 % de

rétention intégrale correspondent à la rétention déjà pratiquée actuellement dans les séparateurs de coupe et bandes riveraines non exploitées, mais qu'une amélioration de la localisation et de la forme réalisée dans le cadre de la rétention permettait de plus d'assurer le maintien de conditions s'approchant davantage de celles offertes par les forêts d'intérieur qui sont nécessaires à la survie de nombreuses espèces *épixyliques*.

La rétention par cohortes pratiquée dans le cadre des CPPTM aurait un effet limité sur la fréquentation par les espèces fauniques. En comparaison avec la CPRS, la rétention résultant d'une CPPTM ou d'une CPHRS est bénéfique pour les petits mammifères, mais pas pour les communautés aviaires pour lesquelles aucune différence ne fut observée entre ces 3 types de coupes (Rioux, 2006).

Besoins de connaissances

Poursuivre les efforts pour mieux identifier et quantifier les besoins de rétention : évaluer les effets sur la faune et la végétation de divers niveaux et patrons spatiaux de rétention. Les études et suivis devraient, notamment, permettre de préciser les rôles de la rétention; déterminer les niveaux et patrons requis permettant de répondre aux principaux enjeux (bois mort et structure) et évaluer l'effet sur la faune (espèces parapluies; espèces clés à déterminer).

Évaluer l'effet de la rétention sur la croissance des arbres résiduels et de la régénération.

Développer de nouvelles méthodes en vue d'améliorer les connaissances de base relatives aux caractéristiques des peuplements (par exemple : méthode d'inventaire par points d'observations) afin d'optimiser la planification des interventions et de la rétention.

* Gilbert Massicotte, ing.f., Produits forestiers Saguenay

Références

- Burns, R.M., et B.H. Honkala, tech. coords., 1990. *Silvics of North America: 1. Conifers; 2. Hardwoods*. Agriculture Handbook 654, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Washington, DC, vol. 2, 877 p.
- Comité scientifique sur les enjeux de biodiversité, 2007. *Enjeux de biodiversité de l'aménagement écosystémique dans la réserve faunique des Laurentides*, Rapport préliminaire du comité scientifique, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec, Québec, viii + 118 p. + annexes.
- Dallaire, S., 2004. *Bases écologiques pour l'aménagement de l'habitat du caribou de la Gaspésie : le cas d'une sapinière boréale inéquienne*. Mém. de maîtrise, Université Laval, Québec, Québec, 112 p.
- Franklin, J.F., D.R. Berg, D.A. Thornburgh et J.C. Tappeiner, 1997. *Alternative Silvicultural Approaches to Timber Harvesting: Variable Retention Harvest Systems*. Chap. 7, pp. 111-139. *Dans* Kohm, K.A. et Franklin, J.F. (éditeurs), *Creating a Forestry for the 21st Century: The Science of Ecosystem Management*. Island Press, Washington, DC.
- Franklin, J.F., R.J. Mitchell et B.J. Palik, 2007. *Natural disturbance and stand development principles for ecological forestry*. Gen. Tech. Rep. NRS-19, Newton Square, PA: USDA, Forest Service, Northern Research Station, 44 p.
- Gardiner, B.A. et G.R. Stacey, 1996. *Designing forest edges to improve wind stability*. Forestry Commission Technical Paper 16, Forestry Commission, Edinburgh.
- Leblanc, M., 2004. *La CPRS à rétention de bouquets : un nouveau traitement sylvicole à expérimenter (version préliminaire)*. Direction de l'environnement, ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, Québec, Québec, 6 p.
- Leblanc, M., 2005. *La coupe avec protection des tiges à diamètre variable : un traitement sylvicole flexible (version préliminaire)*, Direction de l'environnement, ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, Québec, Québec, 6 p.
- Mitchell, S. J. et W. J. Beese, 2002. *The retention system: reconciling variable retention with the principles of silvicultural systems*. *Forestry Chronicle*, vol. 78, no 3, pp. 397-403.
- OMNR, 2000. *Boreal mixedwood notes*. Min. Res. Nat. de l'Ont.
En ligne (09/2008) : http://www.mnr.gov.on.ca/en/Business/Forests/Publication/MNR_E000352P.html
- OMNR, 2003. *Silviculture guide to managing spruce, fir, birch, and aspen mixedwoods in Ontario's boreal forest*. Version 1.0.
- Quine, C.P., M.P. Coutts, B.A. Gardiner et D.G. Pyatt, 1995. *Forests and Wind: Management to Minimise Damage*. Bulletin 114, HMSO, London.
- Rheault, H., 2007. *Contribution des vieilles pessières noires au maintien de la biodiversité*. Thèse de doctorat, Département des sciences du bois et de la forêt, Faculté de foresterie et géomatique, Université Laval, Québec, Québec, 135 p.
- Rioux, J., 2006. *Effets de la coupe avec protection des petites tiges marchandes (CPPTM) et de la coupe avec la protection de la haute régénération et des sols (CPHRS) sur la faune de la pessière noire à mousses de l'Est*. Mémoire de maîtrise, Faculté de foresterie et géomatique, Université Laval, Québec, Québec, 92 p.
- Smith, D.M., B.C. Larson, M.J. Kelty et P.M.S. Ashton, 1997. *The practice of silviculture, Applied forest ecology*, 9th ed., John Wiley and Sons, New York, NY, 537 p.
- Sougavinski, S. et F. Doyon, 2002. *La coupe avec rétention variable de la structure : résultats de recherche, expériences de mise en œuvre et questions opérationnelles*. IQAFF, 50 p.
- Yelle, V., L. Bélanger et J. Pâquet, 2008. *Acceptabilité visuelle de coupes forestières pour la pessière noire : comparaison de la coupe à blanc traditionnelle et de différents types de rétention végétale chez divers groupes d'intérêt issus d'une région ressource forestière*. *Can. J. For. Res.*, 38 : 1983-1995.

On peut citer ce document en tout ou en partie, en indiquant la référence suivante

Comité d'experts sur les solutions, 2009. *Projet de développement d'une approche d'aménagement écosystémique dans la réserve faunique des Laurentides. Fiches techniques - Coupe à rétention variable*. Québec.



Type de solution

- √ Grand axe
- Régime/Scénario sylvicole
- Pratique/Intervention sylvicole

Types d'enjeux concernés

Principaux :

- Organisation spatiale**
- Stades de développement**
- Composition**
- Aménagement forestier**

Complémentaires :

- Bois mort
- Simplification des peuplements
- Encadrement visuel
- Milieux aquatiques
- Filtre fin

Objectifs

- Interventions sylvicoles qui s'inscrivent dans le cadre d'une tactique visant à **gérer les flux de bois** en prévision de la période de rupture de stock.
- En plus de leurs objectifs sylvicoles respectifs, ces interventions peuvent être effectuées de manière à répondre à au moins un des quatre grands objectifs écosystémiques suivants (voir le tableau 1) :
 - 1) assurer le **maintien de forêts mûres et vieilles*** (FMV);
 - 2) favoriser le **maintien et le développement d'attributs de vieilles forêts** (VF);
 - 3) favoriser le maintien ou l'augmentation de la **complexité structurale**;
 - 4) favoriser l'obtention d'une **régénération acquise** (voir la fiche correspondante).

Définition

- Interventions consistant à récolter une partie du couvert arborescent et laissant un couvert résiduel minimal de l'ordre de 40% (densité C).
- Le couvert résiduel maintenu doit permettre de maintenir des *attributs de vieilles forêts* et assurer leur recrutement. Pour ce faire, il faut éviter de récolter tous les plus gros sujets, puis assurer leur maintien sur une période suffisante pour produire les grosses structures recherchées (arbre à valeur faunique, gros chicots et gros débris ligneux).

Problématique

Dans la réserve faunique des Laurentides, la récolte de bois a essentiellement été effectuée par prélèvement total du couvert dans les peuplements mûrs et vieux, ce qui a occasionné leur raréfaction. Les compilations de données historiques ont montré que les forêts mûres et vieilles de la période préindustrielle couvraient entre 63 et 75 % du territoire (Leblanc et Bélanger, 2000); les compilations récentes effectuées sur la base de la carte-calcul – plan général d'aménagement forestier (PGAF) 2008-2013 – indiquent que ces stades de développement n'occuperaient plus que 25 % de la superficie (23 à 29 % selon les « grands écosystèmes ») (Boucher *et al.*, 2008). Parmi les forêts mûres et vieilles, ces dernières recèlent des attributs spécifiques dont la présence est d'une importance fondamentale pour plusieurs espèces. Il convient donc de prendre les dispositions nécessaires pour assurer le développement de ces attributs qui résultent souvent d'un long processus.

Solution

- Réaliser des prélèvements partiels, ce qui assure une certaine récolte de bois, de manière à maintenir et assurer le recrutement d'attributs de vieilles forêts, tout en permettant le maintien, au moins à court terme, d'un couvert forestier. Selon le stade de développement du peuplement, le couvert résiduel pourra satisfaire aux critères pour être considéré comme une forêt de 12 m et plus, voire une vieille forêt, si l'âge est suffisant et si les attributs caractéristiques sont maintenus.

* L'enjeu identifié initialement était la disparition des forêts « mûres et surannées ». L'évolution de la réflexion relative aux indicateurs de performance écosystémique a poussé à distinguer les forêts surannées qui sont maintenant désignées comme « vieilles forêts ».

Traitements préconisés à l'échelle du peuplement

- Les coupes partielles réfèrent aux types de coupes suivants : les coupes partielles des coupes progressives, les coupes de jardinage, l'éclaircie commerciale et l'éclaircie intermédiaire.

Approche préconisée à l'échelle du paysage

- La proportion des diverses coupes partielles à effectuer s'établit au moment de la stratégie d'aménagement.
- Diversifier les intensités de prélèvement.
- Viser prioritairement les peuplements mûrs et vieux restants lorsque ceux-ci sont peu présents sur le territoire.
- Afin de réduire la vulnérabilité au chablis, il est recommandé d'éviter de disposer les superficies traitées en coupes partielles en aval – par rapport aux vents dominants – de terrains dénudés.
- Afin de favoriser le maintien d'espèces associées aux vieilles forêts dans les secteurs traités par coupes partielles, il est recommandé d'éviter de pratiquer ces coupes dans un environnement dominé par les peuplements en régénération. Il convient également de prévoir une superficie suffisante ou une configuration qui limitera les effets de lisières moins favorables à ces espèces (Déry et Leblanc, 2005).

Conditions d'application pour les coupes partielles

CRITÈRE	CONDITIONS PROPICES
Structure du peuplement	Toutes
Stades évolutifs	Stable et faciès (dominé par les essences de fin de succession); Intermédiaire (étage de résineux sous couvert de feuillus intolérants), mais l'intensité de prélèvement, qui sera concentré dans le feuillu intolérant, doit alors être dosée proportionnellement à l'abondance de conifères en sous-étage
Composition	Essences diverses incluant préférablement la présence d'essences longévives (épinettes)
Stades de développement	Prématurité pour l'éclaircie, sinon principalement mûr et vieux
Densité avant la coupe partielle	A, ou B si le peuplement abrite déjà la régénération résineuse et que le risque d'envahissement par les essences intolérantes à l'ombre est réduit. Pour répondre à certains enjeux, une coupe partielle d'intensité légère peut parfois être envisagée dans des peuplements de densité C (dont la densité se situe dans la portion supérieure de l'intervalle), à condition qu'ils soient bien régénérés
Vigueur	Arbres à dégager vigoureux avec des cimes assez développées (\geq au tiers de la hauteur de l'arbre) pour assurer le maintien du couvert résiduel sur une période suffisante pour la réalisation du scénario sylvicole prévu
Végétation compétitrice	Risque d'envahissement par des espèces héliophiles (peuplier, bouleau à papier, framboisier, érable à épis et éricacées)
Conditions de site	Sites riches (<u>dans la mesure où l'ouverture est limitée</u> , le maintien d'un couvert végétal limite le risque d'envahissement par la compétition); pentes fortes (le maintien d'un couvert végétal limite le risque d'érosion); dépôts pierreux (le couvert résiduel limite le risque de dessèchement des semis); sites humides et imparfaitement drainés (le maintien d'un couvert végétal limite le risque de remontée de la nappe phréatique)
CRITÈRE	CONDITIONS LIMITANTES
Conditions de site	Terrain dénudé en amont, exposé aux vents dominants; dépôts minces, sommets et haut de pente (risque de chablis)

Tableau 1. Différents types de coupes partielles et leurs objectifs

Régime sylvicole	Traitement ou coupe finale du scénario sylvicole	Type de coupe partielle	Stade de développement	Principaux objectifs sylvicoles	Objectifs écosystémiques				Critères possibles pour déterminer le prélèvement	Critères pour orienter le choix des tiges à conserver sur pied	
					Dev. attributs VF	Maintien FMV	Complexité structurale	Régénération acquise			
Futaie régulière	CPRS ou CPHRS	Éclaircie intermédiaire	Jeune	Améliorer la croissance	X				Maintien d'une densité objectif	Conserver et dégager des sujets dominants des essences désirées Conserver les sujets les plus vigoureux	
		Éclaircie commerciale (EC)	Pré-mature	Améliorer la croissance	X				Prélèvement d'une portion du volume marchand (souvent ≤ 1/3)		
	Coupe progressive à régénération rapide	Coupe préparatoire des perchis (assimilée à l'EC)	Pré-mature	Retirer les arbres mal conformés et gênants	X				Prélèvement d'une portion du volume marchand ciblé uniquement sur les essences indésirables et sur les sujets gênants et/ou mal conformés (souvent ≤ 1/3)	<ul style="list-style-type: none"> • Conserver et dégager les beaux sujets des essences désirées • Attention : cette coupe doit être légère et ne doit pas comporter la récolte de bons semenciers 	
		Coupe d'ensemencement	Mûr (et parfois pré-mature)	Initier la régénération : - dégager des semenciers (production de graines); - préparer des lits de germination et contrôler le microclimat lumineux	X	X*		X	<ul style="list-style-type: none"> • Contrôle du pourcentage de couverture résiduelle ajusté en fonction de la tolérance des essences désirées (généralement 50-60 % de la surface terrière marchande initiale pour les résineux tolérants) • Jamais plus de 50 % des arbres récoltés lors d'une même intervention (risque d'envahissement par les espèces héliophiles et problèmes de biodiversité) 	<ul style="list-style-type: none"> • Conserver les plus beaux semenciers (gros arbres avec cime développée) des essences désirées 	
		Coupe de mise en lumière	Mûr	Favoriser le développement de la régénération préétablie	X	X		X	<ul style="list-style-type: none"> • Couverture résiduelle déterminée en fonction des objectifs (attention au risque d'envahissement par les espèces héliophiles et à certains enjeux fauniques : jamais plus de 50 % des arbres récoltés lors d'une même intervention) • Jusqu'à concurrence de 40 % de couverture résiduelle pour la dernière des coupes partielles 	<ul style="list-style-type: none"> • Conserver des arbres dont le ratio de cime vivante permet d'envisager leur maintien (attention au risque de chablis) • Conserver des gros arbres en vue d'assurer le maintien et le recrutement d'attributs de vieilles forêts 	
		Coupe secondaire	Mûr et vieux	Régénération des secteurs déficients	X	X		X			
	Coupe progressive à régénération lente	Coupe partielle incluant les soins aux étages inférieurs	Surtout mûr et vieux	<ul style="list-style-type: none"> • Établir la régénération • Améliorer la croissance (éducation des jeunes et éclaircie parmi les prématures) 	X	X*	X	X	<ul style="list-style-type: none"> • Respecter le maintien d'une couverture résiduelle minimale de l'ordre de 40 % à chacune des coupes partielles pour être intégré aux forêts mûres et vieilles • Jamais plus de 50 % des arbres récoltés lors d'une même intervention (risque d'envahissement par les espèces héliophiles et problèmes de biodiversité) 	Conserver des tiges vigoureuses de l'étage supérieur initial afin d'assurer le maintien du couvert et le développement d'attributs de vieilles forêts, pour éviter un appauvrissement de la structure et pour favoriser la régénération d'essences en régression	
	Futaie jardinée	Jardinage**	Éclaircie jardinatoire	Jeune	<ul style="list-style-type: none"> • Améliorer la croissance • Favoriser le développement de la structure verticale 	X		X	X	Prélèvement d'une portion du volume marchand (souvent ≤ 1/3)	Conserver et dégager les plus beaux sujets Conserver et dégager les plus beaux sujets et conserver des gros arbres pour assurer le maintien et la production continue d'attributs de vieilles forêts ou disposer les trouées de manière à libérer des taches de régénération
			Coupes de jardinage	Mûr et vieux	<ul style="list-style-type: none"> • Améliorer la croissance • Établir la régénération • Régulariser la structure • Maintien d'un couvert mature permanent 	X	X	X	X	<p><u>Par pied d'arbre :</u> % d'arbres par classe de diamètre</p> <p><u>Par trouées :</u> % de superficie correspondant au ratio rotation/révolution</p>	

* Lorsque le peuplement a atteint le stade mûr

** La coupe progressive irrégulière avec maintien d'un couvert (Raymond *et al.*, 2009) peut être assimilée à un jardinage où les exigences de régularisation de la structure sont relâchées de manière à assurer le maintien de l'irrégularité



Les coupes partielles des différents régimes ont des effets variables sur la biodiversité selon l'intensité de prélèvement et les attributs de vieilles forêts qu'elles intègrent. En se basant sur une revue de littérature récente regroupant les informations relatives aux cibles et aux seuils pour 65 espèces d'amphibiens, d'oiseaux et

de mammifères documentées, on considère que les espèces associées au stade final de la succession végétale peuvent supporter des interventions légères (prélèvement $\leq 30\%$); un prélèvement de l'ordre de 50% diminuerait la qualité d'habitat pour 40% de ces espèces, tandis qu'une forte intensité de coupe (prélèvement $> 70\%$) produirait soit un habitat inadéquat pour environ le quart de ces espèces, soit un habitat de moindre qualité pour de nombreuses autres (Vanderwel *et al.*, 2009).

Les coupes partielles réalisées dans le cadre des pratiques sylvicoles adaptées pour le maintien de forêts mûres et vieilles doivent assurer le maintien d'un pourcentage minimal de couverture de cimes d'arbres marchands fixé à 40% (Déry et Leblanc, 2005). L'intensité du prélèvement doit cependant être dosée en fonction du stade de développement du peuplement. Les coupes partielles laissant une couverture résiduelle de l'ordre de 40% s'appliquent dans des peuplements mûrs et vieux qui renferment déjà une bonne régénération préétablie dont on désire favoriser le développement avant le retrait du couvert. Dans les peuplements mal régénérés et/ou immatures (où l'on devrait préférentiellement procéder à une éclaircie), les prélèvements devraient être moins importants et l'intégration de ces peuplements parmi les vieilles forêts ne sera possible que lorsqu'ils auront atteint le critère d'âge établi à cet effet. Étant donné que le peuplement résiduel doit faire office de « simili vieille forêt » (maintenant ou éventuellement selon le stade de développement actuel), il importe de prendre toutes les dispositions susceptibles d'en favoriser le maintien sur pied. La vigueur des arbres laissés en place constitue à cet effet un facteur déterminant. Or, la position des arbres dans le couvert représente un bon indice de leur vigueur passée et future (Smith *et al.*, 1997); il convient donc de **laisser des arbres de l'étage dominant**, pourvus d'une **cime bien développée**. Ces individus constituent de plus les meilleurs semenciers potentiels, ce qui favorisera l'établissement d'une **régénération à standards rehaussés**.

L'ouverture du couvert vise à accélérer la croissance des tiges résiduelles en vue de produire des arbres ayant des dimensions similaires à celles des arbres trouvés dans les vieilles forêts et,

ainsi, former des **attributs de vieilles forêts**. De plus, le maintien de grosses tiges de l'étage dominant initial, associé à la libération de zones de régénération présentes le cas échéant, favorise **l'augmentation de la complexité structurale**. L'adoption de scénarios sylvicoles qui assurent le maintien de peuplements au-delà de l'âge de maturité technique est également favorable à l'augmentation de cette complexité structurale qui se développe normalement au stade de vieille forêt.

S'inspirer des perturbations naturelles

Selon l'intensité du prélèvement et le patron de distribution spatiale, les coupes partielles peuvent reproduire des conditions similaires soit à celles observées dans les peuplements forestiers subissant des vagues de mortalité partielle consécutives à des périodes d'épidémies légères d'insectes (ex : la tordeuse des bourgeons de l'épinette ou TBE), soit à la mortalité par pied d'arbre qui prédomine entre les perturbations majeures. La première forme, généralement plus intense, produit souvent des trouées résultant de la distribution contagieuse de la mortalité, alors que la seconde est moins importante et davantage dispersée dans le peuplement. De façon générale, la mortalité affecte d'abord les arbres moins vigoureux (Lussier *et al.*, 2002).

Approche préconisée à l'échelle du peuplement

Il existe différents types de coupes partielles, selon le régime sylvicole dans lequel elles s'inscrivent et le stade de développement du peuplement. En régime régulier, pour les peuplements immatures, on préconise généralement l'éclaircie commerciale (voir la fiche sur l'éclaircie commerciale) ou intermédiaire (voir la fiche sur l'éducation), selon que les tiges à éclaircir ont atteint les dimensions commerciales ou non. Pour les peuplements mûrs (ou légèrement prématures) on a recours aux différentes coupes partielles des scénarios de coupes progressives à régénération rapide ou à régénération lente (voir la fiche sur les coupes progressives à régénération rapide et celle sur les coupes progressives à régénération lente). En régimes irrégulier et jardiné, les coupes partielles sont assorties de modalités qui dépendent des caractéristiques du peuplement (voir la fiche sur la coupe progressive à régénération lente et celle sur le jardinage).

Par définition, les coupes partielles doivent laisser un couvert résiduel ayant au moins une densité D (25 à 40% de couverture), sinon il s'agit de coupes avec rétention. Toutefois, pour être comptabilisées parmi les vieilles forêts, les superficies en coupes partielles devraient avoir une couverture minimale de l'ordre de 40% (Déry et Leblanc, 2005). De plus, les prélèvements ne doivent pas dépasser 50% à chaque intervention compte tenu, notamment, du risque d'envahissement par la végétation héliophile et de certains

enjeux fauniques. Par ailleurs, la surface terrière minimale après intervention dépend des enjeux et des objectifs retenus pour le territoire. À titre indicatif, elle ne devrait pas descendre en bas de 14 m²/ha* si l'on vise à limiter l'envahissement par le framboisier (Dey et MacDonald, 2001 dans OMNR, 2003). Les coupes partielles doivent également être réalisées de manière à **éviter l'écrémage**, soit le retrait systématique des arbres d'une essence ou de ceux ayant la plus grande valeur commerciale (OMNR, 2003).

En matière d'aménagement écosystémique, la littérature propose des cibles afin d'ajuster l'intensité de rétention (ou de prélèvement) de manière à satisfaire les besoins de certaines espèces ou groupes d'espèces. Ces cibles ne sont cependant pas encore toutes fixées à partir de seuils vérifiés ou validés sur une base régionale; il convient donc de consulter la littérature récente lorsqu'il est question de déterminer de telles cibles. De plus, la gestion des cibles – pour les espèces dont l'aire de fréquentation est importante, i.e. couvre plusieurs peuplements – doit se faire à l'échelle du paysage parce qu'il faut tenir compte de l'agencement des habitats optimaux, sous-optimaux et non convenables et de leur évolution dans le temps, ainsi que du besoin des autres espèces (en effet, un habitat non convenable pour une espèce donnée peut s'avérer essentiel pour une autre). En outre, la coupe partielle ne peut à elle seule produire un environnement susceptible de répondre à tous

les besoins d'un bon nombre d'espèces (par exemple la martre, le lynx, ou les pics); elle doit donc s'accompagner d'une rétention d'attributs de vieilles forêts, tels que de gros chicots et des arbres à cavités dont il faut assurer le recrutement (Vanderwel *et al.*, 2009).

Dans le cadre de l'aménagement écosystémique, les coupes partielles devraient être modulées pour favoriser certaines caractéristiques constitutives de la complexité écologique, en intégrant :

1. La rétention d'attributs de vieilles forêts lors des coupes partielles (voir niveaux minima proposés ci-dessous);
2. La réalisation de quelques trouées et le maintien de quelques bouquets denses dans un traitement uniforme, ou l'adoption de patrons par trouées, par groupes ou par lisières de manière à assurer une certaine diversité de la structure verticale et de la composition de la régénération. Rappelons que l'introduction d'une variabilité dans l'espacement entre les tiges est favorable à la faune, puisqu'elle permet d'offrir des clairières au microclimat plus chaud et plus sec ainsi que des bouquets denses qui constituent des sources de nourriture et un abri (Comité scientifique sur les enjeux de biodiversité, 2007);
3. Le maintien du peuplement au-delà de son âge de maturité technique.

Maintien d'attributs de vieilles forêts : niveaux à associer aux coupes partielles (Déry et Leblanc, 2005)

ATTRIBUT	NIVEAU MINIMAL	SPÉCIFICATIONS
Gros arbres vivants	5 à 10 tiges/ha	Arbres de fort diamètre qui servent ou serviront d'arbres à valeur faunique
Gros chicots	10 à 15 tiges/ha	Conserver les plus gros chicots présents
Débris ligneux	5 m ³ /ha	Inclure des grosses pièces et répartir uniformément sur le parterre de coupe

Approche préconisée à l'échelle du paysage

Une disposition judicieuse des aires traitées en coupes partielles peut favoriser la connectivité des forêts mûres et vieilles, à condition qu'elles aient atteint le stade mûr.

À l'instar de l'application de l'éclaircie précommerciale, l'introduction de scénarios impliquant des coupes partielles doit faire l'objet d'une planification spatiale afin de prévenir la raréfaction – à l'échelle du paysage – de peuplements présentant des niveaux de densité élevés, raréfaction qui pourrait résulter de l'application massive de coupes partielles.

Impacts sur les enjeux écosystémiques

ENJEU	IMPACTS DE LA COUPE PARTIELLE
Raréfaction des forêts mûres et surannées	<u>Dans la mesure où le peuplement a atteint le stade mûr, que l'on assure le maintien des attributs de vieilles forêts (présence de chicots, d'arbres à valeur faunique ainsi que de débris ligneux de grosse dimension et hétérogénéité structurale) et que le couvert résiduel est suffisant pour assurer le maintien d'une ambiance forestière (couvert minimal de l'ordre de 40%), permet de limiter la raréfaction des forêts mûres et vieilles</u>
Inversion de la matrice **	<ul style="list-style-type: none"> • Limite l'abondance de jeunes peuplements • Une planification spatiale adéquate des coupes partielles, combinée à un certain allongement des révolutions pour les peuplements résiduels, peut contribuer à limiter la taille des blocs de jeunes peuplements agglomérés

* La densité minimale devrait être validée par station, pour chacun des « grands écosystèmes » de la réserve faunique des Laurentides

** Disparition de la dominance des forêts mûres et surannées au profit d'une surabondance des jeunes peuplements agglomérés

Uniformisation des structures horizontale et verticale des peuplements	<ul style="list-style-type: none"> • Dans la mesure où la régénération est déjà présente et que l'intervention vise à libérer des zones de régénération préétablie, la coupe partielle peut favoriser le développement de la structure verticale • Dans la mesure où des gros arbres dominants sont conservés et que des zones de régénération sont libérées, la coupe partielle peut favoriser l'augmentation de la complexité structurale • Dans la mesure où le prélèvement est effectué de manière à assurer la présence de trouées et de bouquets denses, la coupe partielle peut favoriser une diversification de la structure horizontale
Raréfaction du bois mort dans les forêts aménagées	<ul style="list-style-type: none"> • Dans la mesure où les coupes partielles s'inscrivent dans le cadre d'un régime irrégulier ou jardiné, permet le maintien de la continuité forestière favorable au recrutement de bois mort • Dans la mesure où elles comportent le maintien et la conservation d'attributs de vieilles forêts, permet d'assurer le recrutement de bois mort
Enfeuillage	<ul style="list-style-type: none"> • Dans la mesure où le prélèvement n'est pas trop intense ($\leq 25\%$) (Raymond <i>et al.</i>, 2000), permet de limiter l'enfeuillage • Dans la mesure où la régénération résineuse est présente, l'ouverture progressive du couvert favorise le développement de la régénération résineuse préétablie, limitant ainsi l'espace disponible pour l'établissement de feuillus intolérants • Dans la mesure où le prélèvement permet de retirer les feuillus intolérants (sources de semences) présents dans les peuplements résineux, peut contribuer à la réduction du problème d'enfeuillage
Raréfaction des attributs de composition de la sapinière à bouleau jaune: essences visées BOJ, PRU, PIB, EPR, THO	Dans la mesure où les semenciers des essences visées sont présents et maintenus sur pied, permet de bénéficier d'une période de production semencière accrue, favorisant l'établissement de la régénération de ces essences
Raréfaction de l'épinette blanche dans les sapinières à bouleau blanc	Dans la mesure où les épinettes blanches sont présentes et maintenues sur pied assez longtemps, les coupes partielles permettent de bénéficier d'une période de production semencière accrue, favorisant l'établissement de la régénération de cette essence (l'épinette blanche sera davantage stimulée si les coupes s'accompagnent d'une préparation de terrain)
Raréfaction de l'épinette noire dans les sapinières à épinette noire et les pessières	Dans la mesure où les épinettes noires sont présentes et maintenues sur pied, les coupes partielles permettent de bénéficier d'une période de production semencière accrue, favorisant l'établissement de la régénération de ces essences (l'épinette noire sera davantage stimulée si les coupes s'accompagnent d'une préparation de terrain)
Maintien des sapinières à épinette blanche et épinette noire de haute altitude	Dans la mesure où les épinettes sont présentes et maintenues sur pied, les coupes partielles permettent de bénéficier d'une période de production semencière accrue, favorisant l'établissement de la régénération de ces essences (les épinettes seront davantage stimulées si les coupes s'accompagnent d'une préparation de terrain)
Maintien de la qualité de l'habitat aquatique / Modification du régime hydrologique	<ul style="list-style-type: none"> • Le maintien d'un couvert forestier permet de limiter le risque d'érosion • Les coupes partielles peuvent contribuer à limiter l'aire équivalente de coupe par bassin versant et, ainsi, à contrôler les débits de pointe
Érosion	Le maintien d'un couvert forestier permet de limiter le risque d'érosion, particulièrement dans les pentes fortes
Le caribou forestier de Charlevoix	Lorsque pratiquées dans les peuplements mûrs ou vieux, les coupes partielles permettent le maintien d'une portion du paysage en forêts mûres et surannées. Le positionnement judicieux des coupes permet d'assurer la connectivité des forêts mûres et vieilles au sein des paysages forestiers
Qualité de l'habitat de l'original	Toute disposition permettant d'assurer un mélange fin de peuplements servant d'abri (vieux peuplements) et de peuplements servant à l'alimentation (jeunes) contribue au maintien de la qualité de l'habitat de l'original
Régénération et succession naturelle des peuplements	Dans la mesure où la régénération résineuse est déjà présente en quantité suffisante – ou presque, la coupe partielle provoque une mise en lumière qui favorise le développement de la régénération résineuse préétablie <i>DANGER : si la coupe partielle retire les semenciers alors que la régénération résineuse est insuffisante, il y a risque de favoriser l'enfeuillage</i>
Approvisionnement en quantité	Peut assurer un approvisionnement en matière ligneuse en période de rupture de stock, malgré la nécessité de conserver des forêts mûres et vieilles
Approvisionnement en qualité	Dans la mesure où le prélèvement n'est pas concentré sur les tiges les plus grosses et/ou de meilleure qualité, il serait possible d'obtenir éventuellement des tiges de plus grosse dimension et des bois de meilleure qualité
Coûts d'approvisionnement	La dispersion des coupes et la récolte partielle entraînent une hausse des coûts d'approvisionnement à court terme. Par contre, elles peuvent permettre de diminuer d'autres coûts, notamment en matière d'assistance à la régénération
Qualité visuelle des paysages	Toute disposition visant à limiter l'étendue des superficies en régénération favorisera la qualité visuelle des paysages
Perte d'intégrité des forêts d'intérieur	Dans la mesure où les coupes partielles s'inscrivent dans le cadre d'un régime visant à assurer le maintien d'un couvert (irrégulier ou jardiné) et qu'elles ne sont pas trop sévères, elles peuvent maintenir une ambiance de forêt d'intérieur

Impact sur la production ligneuse

- En récoltant certains volumes dans les peuplements n'ayant pas encore atteint l'âge de maturité, les coupes partielles représentent une forme d'emprunt sur le futur. Elles visent à contrebalancer la nécessité de maintenir des forêts mûres et vieilles. Elles permettent également de gérer plus efficacement le flux de bois et, potentiellement, de combler les besoins de bois pendant la période critique (Jamnick *et al.*, 1994; Lussier *et al.*, 2008).

Impacts sur les coûts

- L'impact de l'utilisation massive des coupes partielles sur la dispersion des coupes n'a pas été documenté. *A priori*, les coupes partielles induisent une augmentation de la dispersion des coupes (Steeger *et al.*, 1999), mais cet effet peut être atténué par leur intégration au déploiement des coupes finales (CRV, CPRS, CPHRS, CPPTM).
- Le recours aux coupes partielles peut nécessiter une utilisation accrue du réseau de chemins, pouvant amener une augmentation des coûts associés aux chemins.
- Les coupes partielles peuvent minimiser le recours aux mesures d'assistance à la régénération ainsi qu'aux dégagements récurrents.
- Le coût direct de la coupe partielle de régénération varie en fonction du volume prélevé et de la taille moyenne des arbres récoltés (figure 1). En principe, la valeur des bois récoltés (le prix à l'usine moins les coûts de récolte et de transport) doit être égale ou supérieure aux coûts fixes à l'hectare correspondant aux activités de voirie et de gestion forestière. Il est alors possible d'estimer, pour un volume de récolte donné par hectare, quel doit être le volume minimal par tige pour assurer la rentabilité de l'opération (Lussier et Meek, 2006). Connaissant les conditions de marché et les coûts de transport, on peut définir la fenêtre de rentabilité d'une intervention de coupe partielle. L'ajout de crédits sylvicoles permet d'élargir cette fenêtre d'opportunité.

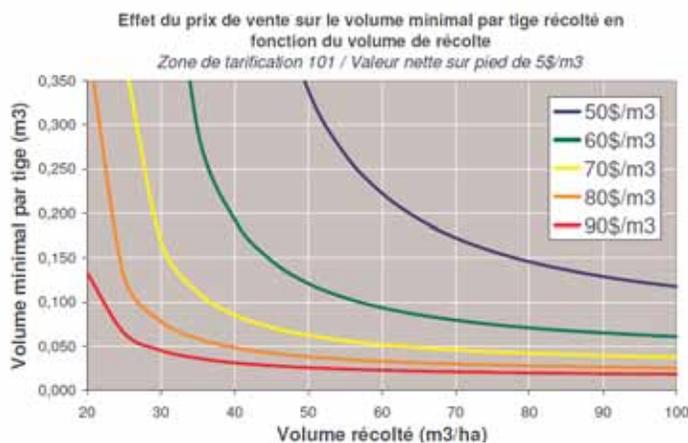


Figure 1 : Relation entre le volume minimal par tige (en m³) et le volume récolté en coupe partielle pour assurer la rentabilité de l'intervention en l'absence de crédits sylvicoles, pour des conditions typiques du Bas-St-Laurent en 2005-2006 (tiré de Lussier et Meek, 2006).

Risques et contraintes des solutions proposées

- **Risque de chablis** : Il est reconnu que le risque de chablis augmente avec l'ouverture du peuplement en raison d'une plus grande pénétration du vent et de la diminution du support mutuel des tiges (Cremer *et al.*, 1982; Savill, 1983). Les modèles indiquent que la diminution de la résistance du peuplement au chablis serait proportionnelle au pourcentage de la surface terrière récoltée (Achim *et al.*, 2005). Malgré la hausse du risque, inévitable à la suite de la coupe partielle, l'expérience acquise dans les écosystèmes similaires à ceux de la réserve faunique des Laurentides démontre que les peuplements éclaircis ne sont pas systématiquement touchés par le chablis (Ruel *et al.*, 2003).

Outre les caractéristiques du peuplement, les caractéristiques de la station, l'exposition au vent selon la topographie ainsi que la taille des ouvertures qui jouxtent le peuplement peuvent influencer le risque de chablis (Elie et Ruel, 2005; Larouche *et al.*, 2007; Robichaud et Methven, 1993; Ruel *et al.*, 2003). Le risque est aussi plus élevé lorsque ces ouvertures sont récentes. Plusieurs méthodes ont été proposées pour réduire le risque de chablis, comme le maintien des arbres les plus stables (Smith *et al.*, 1997), la formation de bordures de peuplements constituant un obstacle qui soit le moins vertical possible (Norris *et al.* 2008), ou la réalisation de sentiers de débardage non rectilignes. Cependant, l'efficacité réelle de ces méthodes sous nos conditions climatiques n'a pas été documentée. Une mesure de base consisterait à éviter de placer des coupes partielles en aval – par rapport aux vents dominants – de zones récemment dénudées par des coupes totales, de dénudés ou de lacs.

Par ailleurs, le risque de chablis est moindre dans un peuplement bisétagé, par rapport à un peuplement ayant un étage dominant identique, mais sans sous-étage (Gardiner *et al.*, 2005; Wellpott, 2008). La présence d'une végétation de sous-étage limite le passage du vent sous le couvert, ce qui facilite la dissipation de l'énergie induite par le vent aux cimes des arbres de l'étage dominant.

- **Incertitude face à la TBE** : Dans un contexte où une épidémie de TBE serait imminente, on ignore quel sera l'effet d'une récolte partielle en ce qui a trait de l'enjeu d'enfeuilletement, surtout si le niveau de prélèvement est élevé.
- **Risque d'écrémage** : Les règles de sélection des tiges doivent être édictées de façon à prévenir l'écrémage. Il faut assurer le maintien des plus beaux semenciers en vue des coupes de régénération subséquentes prévues au scénario sylvicole. De plus, en retirant les sujets bénéficiant du meilleur ancrage, l'écrémage accentue le risque de chablis (Smith *et al.*, 1997). L'écrémage provoque également l'élimination des meilleures combinaisons génétiques et retarde la formation de semenciers de grosse dimension; il faut alors différer

les interventions prévues aux étapes suivantes du scénario sylvicole, parce que la fermeture du couvert s'opère plus lentement (Smith *et al.*, 1997). Enfin, l'écrouissage retarde la formation d'attributs de vieilles forêts correspondant, notamment à des arbres de forte dimension.

État des connaissances et expérience acquise

Voir les fiches portant sur les divers types de coupes partielles.

Besoins de connaissances

L'acquisition de connaissances doit permettre de répondre à deux grands objectifs : adapter l'intervention (intensité de prélèvement et mode d'intervention) aux conditions des sites et mieux connaître ses effets, tant sur la végétation que sur les espèces en général. Étant donné l'importance déterminante des conditions écologiques, les évaluations devraient être faites par « grand écosystème » et par station (regroupement de types écologiques).

En matière de traitement, il faudrait préciser les paramètres suivants en fonction des conditions des sites et des caractéristiques des peuplements :

- intensité de prélèvement fixée en fonction de la conduite du peuplement (en tenant compte de l'étape du scénario sylvicole);
- type d'intervention (en plein, par trouées ou par lisières);
- variante opérationnelle;
- règles de sélection utilisées.

Parallèlement, on devrait mesurer les effets du prélèvement et des paramètres retenus en tenant également compte des attributs de vieilles forêts maintenus lors des différentes interventions. Les effets sur la végétation qu'il faudrait évaluer concernent principalement :

- la régénération (composition incluant les essences compétitrices, densité par essence et par classe de hauteur, pourcentage d'occupation du sous-étage par la régénération en essences désirées, croissance en hauteur);
- le cortège floristique (composition et abondance relative);
- le peuplement résiduel (croissance, mortalité et chablis).

L'évaluation des effets sur la biodiversité devrait porter à la fois sur la faune, les plantes vasculaires, les insectes et les champignons. Il convient à cet effet, de déterminer préalablement les espèces parapluies et les espèces clés à considérer.

Des dispositifs expérimentaux permettant d'identifier les interactions possibles entre l'intensité de prélèvement et les effets du traitement seraient particulièrement utiles.

Les autres aspects à évaluer touchent l'effet des coupes partielles et, notamment, des règles de sélection sur la diversité génétique ainsi que sur la représentativité des essences en régression (l'épinette blanche dans toute la réserve faunique des Laurentides ainsi que le thuya dans l'écosystème no 1). Il serait également important de mieux documenter les questions suivantes : la productivité, la dispersion des interventions, l'impact immédiat des volumes de bois issus des coupes partielles sur la qualité et la valeur des approvisionnements, et la fenêtre pour les opportunités économiques. L'ensemble de ces informations permettrait d'évaluer les coûts et bénéfices escomptés des différentes méthodes.

Références

- Achim, A., J.C. Ruel, et B.A. Gardiner, 2005. Evaluating the effect of precommercial thinning on the resistance of balsam fir to windthrow through experimentation, modelling, and development of simple indices. *Journal Canadien de la Recherche Forestière*, 35: 1844-1853.
- Boucher, Y., P. Grondin, J. Noël, D. Hotte, J. Blouin et G. Roy, 2008. Classification des écosystèmes et répartition des forêts mûres et surannées : le cas du projet pilote d'aménagement écosystémique de la réserve faunique des Laurentides. Direction de la recherche forestière, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec, Québec, 100 p.
- Comité scientifique sur les enjeux de biodiversité, 2007. Enjeux de biodiversité de l'aménagement écosystémique dans la réserve faunique des Laurentides. Rapport préliminaire du comité scientifique, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec, Québec, viii + 118 p. + annexes.
- Cremer, K.W., C.J. Borough, F.H. Mckinnel et P.P. Carter, 1982. Effects of stocking and thinning on wind damage in plantations. *N.Z. J. For. Sci.* 12: 245-268.
- Déry, S. et M. Leblanc, 2005. Lignes directrices pour l'utilisation des pratiques sylvicoles adaptées dans le cadre de la mise en oeuvre de l'objectif 4. Québec, gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de l'environnement forestier, 13 p.
- Elie, J.G. et J.C. Ruel, 2005. Windthrow hazard modelling in boreal forests of black spruce and jack pine. *Canadian Journal of Forest Research*, 35 (11): 2655-2663.
- Gardiner, B.A., B. Marshall, A. Achim, R. Belcher et C. Wood, 2005. The stability of different silvicultural systems: a wind tunnel investigation. *Forestry*, 78 (5): 471-484.
- Jamnick, M., T. Needham et M. Bateman, 1994. Commercial thinning to provide harvest stability to forests with an unbalanced age class distribution. *Forestry Chronicle*, 70 (3): 299-303.
- Larouche, C., J.-C. Ruel et L. Bélanger, 2007. L'effet du patron de répartition des coupes sur les pertes par chablis : le cas de la sapinière à bouleau blanc de l'Est. *Forestry Chronicle*, 83 : 84-91.
- Leblanc M. et L. Bélanger, 2000. La sapinière vierge de la Forêt Montmorency et de sa région : une forêt boréale distincte. Mémoire de recherche no 136, Direction de la recherche forestière, ministère des Ressources naturelles, Québec, Québec, 91 p.
- Lussier, J.M., P. Meek, M. Côté, C.H. Ung, D.E. Swift et I. Duchesne, 2008. Partial harvest tactics to improve sustained wood supply under an even-aged forest management regime. *For. Ecol. Manage.* Manuscript.
- Lussier, J.M., H. Morin et R. Gagnon, 2002. Évolution de la structure diamétrale et production ligneuse des pessières noires issues de coupe et de feu. *Canadian Journal of Forest Research*, 32 (3) : 526-538.
- Lussier, J.M. et P. Meek, 2006. L'éclaircie, c'est aussi une récolte : comment tenir compte de contraintes opérationnelles dans la prescription sylvicole à l'aide d'un nouveau diagramme de gestion de la densité des peuplements. *Dans Colloque sur les éclaircies commerciales dans les plantations. Édité par le ministère des Ressources naturelles du Québec, Rivière-du-Loup, Québec.*
- Norris, J.E., A. Stokes, S.B. Mickovski, E. Cammeraat, R. van Beek, B.C. Nicoll et A. Achim, 2008. Slope stability and erosion control: Ecotechnological solutions. Springer, The Netherlands, 287 p.
- OMNR, 2003. Silviculture guide to managing spruce, fir, birch, and aspen mixedwoods in Ontario's boreal forest. Version 1.0. Ontario Ministry of Natural Resources, Queen's Printer for Ontario, 392 p.
- En ligne (08/2009) : http://www.mnr.gov.on.ca/en/Business/Forests/Publication/MNR_E000352P.html
- Raymond, P., S. Bédard, V. Roy, C. Larouche et S. Tremblay, 2009. The irregular shelterwood system: review, classification, and potentiel application to forests affected by partial disturbances. Accepted. *Journal of Forestry*.
- Raymond, P., J.C. Ruel et M. Pineau, 2000. Effet d'une coupe d'ensemencement et du milieu de germination sur la régénération des sapinières boréales riches de seconde venue du Québec. *Forestry Chronicle*, 76 (4) : 643-652.

- Robichaud, E. et I.R. Methven, 1993. The effect of site quality on the timing of stand breakup, tree longevity, and the maximum attainable height of black spruce. *Can. J. For. Res.*, 23: 1514-1519.
- Ruel, J.-C., P. Raymond et M. Pineau, 2003. Windthrow after shelterwood cutting in balsam fir stands. *Northern Journal of Applied Forestry*, 20 (1): 5-13.
- Savill, P.S., 1983. Silviculture in windy climate. *For. Abstr.*, 44: 473-488.
- Smith, D.M., B.C. Larson, M.J. Kelty et P.M.S. Ashton, 1997. The practice of silviculture. *Applied forest ecology*, 9th ed., John Wiley & Sons, New York, NY, 537 p.
- Steeger, C., R. Holt et J. Smith, 1999. Enhancing Biodiversity Through Partial Cutting. Pandion Ecological Research Ltd., Nelson, B.C. 52 p.
En ligne: <http://www.for.gov.bc.ca/hfd/efp/resources/enhbio.pdf>
- Vanderwel, M.C., S.C. Mills et J.R. Malcolm, 2009. Effects of partial harvesting on vertebrate species associates with late-successional forests in Ontario's boreal region. *Forestry Chronicle*, vol. 85, no 1, p. 91-104.
- Wellpott, A., 2008. The stability of continuous cover forests. PhD thesis, University of Edinburgh, UK.

On peut citer ce document en tout ou en partie, en indiquant la référence suivante

Comité d'experts sur les solutions, 2009. *Projet de développement d'une approche d'aménagement écosystémique dans la réserve faunique des Laurentides. Fiches techniques - Coupes partielles*. Québec.

**Type de solution**

- Grand axe
- ✓ Régime/Scénario sylvicole
- Pratique/Intervention sylvicole
- Mesure ponctuelle dans le temps

Types d'enjeux concernés**Principaux :**

- Organisation spatiale**
- Stades de développement**
- Structure des peuplements**
- Aménagement forestier**

Complémentaires :

- Encadrement visuel
- Milieux aquatiques
- Filtre fin
- Bois mort
- Composition

Objectifs

- Favoriser l'obtention d'une **régénération à standards rehaussés**, tout en assurant le **maintien à moyen terme de forêts mûres ou vieilles*** ainsi que le maintien et/ou la formation **d'attributs de vieilles forêts**.
- Ce scénario peut être ajusté de manière à assurer la production d'attributs spécifiques (ex. : épinettes blanches surdominantes, grosses tiges pour la nidification de certaines espèces aviaires, etc.), ou encore le maintien permanent d'un couvert forestier principal rencontrant certains seuils de hauteur susceptibles de satisfaire à des exigences biologiques ou de correspondre à des caractéristiques d'habitat.

Définition

- Traitement du régime de la futaie **irrégulière**, visant à favoriser l'établissement d'une **régénération** de haute qualité, sous le couvert protecteur d'arbres matures. Cette régénération s'installera sur la totalité de la superficie traitée à l'aide de coupes partielles (Smith *et al.*, 1997; Matthews, 1989). L'établissement de la régénération est prévu sur une longue période correspondant, **à titre indicatif**, à une durée supérieure au cinquième (Smith, 1986; Nyland, 2002) de la révolution de l'essence principale. Toutefois, les interventions ne seront pas nécessairement continues, ni réparties uniformément dans le temps; elles seront plutôt ajustées en fonction du stade de développement des diverses cohortes d'arbres présentes.
- Le dosage de la lumière lors des coupes partielles permet de moduler la composition de la régénération.
- Le couvert résiduel doit assurer le maintien et le développement d'attributs de vieille forêt. Pour ce faire, il convient d'éviter de récolter tous les plus gros sujets lors des coupes partielles.
- Le maintien de legs biologiques, incluant la réserve d'arbres vivants, est préconisé lors de la coupe finale (voir la fiche sur le maintien de legs biologiques).

Problématique

- À l'époque préindustrielle, près de 40 % des forêts de la réserve faunique des Laurentides présentait une structure irrégulière (Leblanc et Bélanger, 2000). Cette situation était intimement reliée au fait que les diverses espèces présentes avaient des caractéristiques différentes sur le plan de la longévité et de la vulnérabilité à la tordeuse des bourgeons de l'épinette (TBE). Le passage d'épidémies légères laissait en place des arbres survivants, parmi lesquels on trouvait une proportion plus élevée d'essences non hôtes (ex. : bouleaux) et d'essences résistantes (ex. : épinettes) (Baskerville et MacLean, 1979; Batzer et Popp, 1985; Osawa *et al.*, 1986). La mortalité observée dans les peuplements mélangés ou dans les jeunes peuplements résineux provoquait souvent une ouverture partielle du couvert. Une nouvelle cohorte s'installait, formant ainsi des peuplements étagés (Roberge, 1964) ou des peuplements présentant une structure irrégulière par bouquets lorsqu'en présence d'une dynamique par trouées (Bouchard, 2005). Dans le cadre de l'aménagement écosystémique, il importe de reproduire ces structures caractéristiques.

Solution

- La coupe progressive à régénération lente favorise l'obtention d'une régénération à standards rehaussés (voir la fiche sur la régénération acquise), par un processus s'inspirant de la dynamique naturelle des peuplements.
- La coupe progressive à régénération lente favorise l'introduction d'une certaine variabilité dans la structure des nouveaux peuplements, grâce à la réalisation de plusieurs coupes partielles dont l'espacement entraîne l'apparition de plusieurs classes d'âge.
- Les interventions partielles de la coupe progressive à régénération lente contribuent au flux de bois. Elles peuvent également répondre à l'enjeu de raréfaction des forêts mûres et surannées (ou vieilles), lorsqu'elles permettent de maintenir un peuplement parvenu au moins au stade mûr et de densité suffisante pour assurer le maintien de l'ambiance forestière (voir la fiche sur les coupes partielles).
- Le scénario associé à la coupe progressive à régénération lente assure le maintien du peuplement sur une période plus longue par rapport à la coupe à régénération rapide. On pose l'hypothèse que cette durée est favorable à l'atteinte du stade de vieille forêt où s'opère normalement le développement de la complexité structurale.

* L'enjeu identifié initialement était la disparition des forêts « mûres et surannées ». L'évolution de la réflexion sur les indicateurs de performance écosystémique a amené à distinguer les forêts surannées qui sont maintenant désignées comme « vieilles forêts ».

Traitement préconisé à l'échelle du peuplement

- Les mêmes variantes que celles s'appliquant à la coupe progressive à régénération rapide sont traditionnellement reconnues : en plein (ou uniformes), par trouées et par lisières (ou par bandes). Par contre, les interventions sont plus espacées dans le temps et généralement plus nombreuses.
- Pour assurer le maintien du couvert, compte tenu des interventions espacées dans le temps, il est essentiel de tenir compte de la vigueur des arbres (Nyland, 2002). Ainsi, les règles de sélection des tiges à prélever devraient orienter le choix vers les arbres moins vigoureux.
- Les coupes partielles devraient inclure l'éducation des portions jeunes (Matthews, 1989).
- Les coupes partielles peuvent être accompagnées, au besoin, de mesures d'assistance à la régénération.

Approche préconisée à l'échelle du paysage

- La proportion de coupes progressives à régénération lente à effectuer s'établit au moment de la stratégie d'aménagement.
- Afin de réduire la vulnérabilité au chablis, il est recommandé d'éviter de disposer les superficies traitées en coupes partielles en aval – par rapport aux vents dominants – de terrains dénudés ou de secteurs de coupe totale.
- Afin de favoriser le maintien d'espèces associées aux vieilles forêts dans les secteurs traités par coupes partielles, il est recommandé d'éviter de pratiquer ces coupes dans un environnement dominé par les peuplements en régénération. Il convient également de prévoir une superficie suffisante ou une configuration qui limitera les effets de lisières moins favorables à ces espèces (Déry et Leblanc, 2005).

Conditions d'application pour la coupe progressive à régénération lente

CRITÈRE	CONDITIONS PROPICES
Structure du peuplement	Irrégulière (étagée ou sociabilité par bouquets); parfois équiennne, à condition d'avoir une proportion d'essences longévives suffisante pour assurer le maintien du couvert pendant la phase de conversion de structure
Stades évolutifs	Stable et faciès, ainsi qu'intermédiaire avec présence d'un sous-étage résineux
Composition	Préférentiellement des essences diverses incluant au moins 25 % de tiges d'essences longévives (ex. : épinettes)
Stades de développement	Principalement mûr et vieux
Densité avant chacune des coupes partielles	A ou B. Pour répondre à certains enjeux, elle peut parfois être envisagée dans des peuplements de densité C (dont la densité se situe dans la portion supérieure de l'intervalle), à condition qu'ils soient bien régénérés et qu'il y ait présence de recrues potentielles pour envisager le maintien de l'ambiance forestière à la suite de la seconde coupe partielle prévue dans le scénario
Semenciers vigoureux	Présence en quantité suffisante et bien distribuée d'arbres vigoureux comptant parmi les plus beaux sujets du peuplement, pendant la période de régénération. Les semenciers doivent avoir un âge suffisant pour produire des semences en abondance (Raymond <i>et al.</i> , 2009)
Vigueur	La vigueur doit être suffisante pour assurer le maintien du peuplement résiduel : arbres à dégager vigoureux avec des cimes assez développées (\geq au tiers de la hauteur de l'arbre)
Régénération en essences désirées	Bonne* ou déficiente en termes de quantité et/ou de développement
Végétation compétitive	Risque d'envahissement par les espèces héliophiles (peuplier, bouleau à papier, framboisier, érable à épis et éricacées)
Conditions de site	Sites riches (dans la mesure où l'ouverture est limitée, le maintien d'un couvert végétal limite le risque d'envahissement par la compétition); pentes fortes (le maintien d'un couvert végétal limite le risque d'érosion); dépôts pierreux (le couvert résiduel limite le risque de dessèchement des semis); sites humides et imparfaitement drainés (le maintien d'un couvert végétal limite le risque de remontée de la nappe phréatique)
CRITÈRE	CONDITIONS LIMITANTES
Conditions de site	Terrain dénudé en amont, exposé aux vents dominants ; dépôts minces, sommets et haut de pente (risque de chablis)

* En présence d'une bonne régénération bien développée, le traitement peut être réalisé afin de contrer la raréfaction des forêts mûres et surannées, en assurant le maintien temporaire d'un peuplement résiduel mûr ou vieux, tout en permettant une récolte de bois.



Dans le cadre de la coupe progressive à régénération lente, le scénario envisagé prévoit la réalisation de deux coupes partielles de régénération, sur une période comprise entre 20 et 50 % (Lanier, 1994) de la révolution de l'essence principale, suivies d'une coupe finale de l'étage dominant initial.

Il ne s'agit cependant pas de l'unique possibilité; d'autres scénarios de sylviculture irrégulière pourraient être développés (voir fiche sur la diversification des régimes). À titre indicatif, il serait possible d'envisager un scénario comportant une seule coupe partielle de manière à produire un peuplement biseté, ou encore un scénario de coupe progressive irrégulière à couvert permanent permettant le maintien d'un couvert de structure irrégulière (Raymond *et al.*, 2009).

Les **coupes partielles de régénération** – et la mise en lumière qui en résulte – sont ajustées de façon à s'adapter à la tolérance à l'ombre des essences désirées, tout en contrôlant la végétation compétitrice. Le **prélèvement doit être concentré sur les tiges moins vigoureuses** pour assurer le maintien du peuplement résiduel.

Il faut veiller à éviter les scénarios qui conduisent à un appauvrissement indésirable de la composition ou à un encombrement limitant l'établissement de la régénération. Ces situations peuvent résulter d'un prélèvement par coupes partielles concentré uniquement sur l'étage supérieur, sans intervention sur les cohortes plus jeunes (Smith *et al.*, 1997; Nyland, 2002). La rétention d'un couvert résiduel au moment de la coupe finale du couvert supérieur initial pourrait favoriser les essences présentant une certaine tolérance à l'ombre au détriment des essences intolérantes (Nyland, 2002). Cette situation ne constitue cependant pas un problème et pourrait même être désirée, considérant l'enjeu d'enfouissement identifié dans certains secteurs de la réserve faunique des Laurentides. Par contre, la représentativité des essences intolérantes peut être aisément assurée, au besoin, par la réalisation de trouées dont le diamètre équivaut à au moins deux fois la hauteur des arbres.

Par ailleurs, dans le cadre de l'aménagement écosystémique, il convient d'effectuer le prélèvement de manière à favoriser **l'augmentation de la complexité structurale**. Pour ce faire, le prélèvement doit, d'une part, permettre de dégager des zones de régénération présentes et, d'autre part, assurer une certaine rétention au sein de l'étage dominant. L'ampleur de cette rétention

peut être modulée en fonction de l'âge – en tenant compte de la longévité des essences présentes – ainsi que de la vigueur des arbres, tout en considérant les enjeux s'appliquant au territoire. À titre indicatif, on pourrait concevoir un scénario dont la coupe finale prévoirait la rétention de semenciers (préférentiellement des épinettes compte tenu des enjeux identifiés pour la réserve faunique des Laurentides) qui formeront les vétérans du futur peuplement.

S'inspirer des perturbations naturelles

Le régime irrégulier reproduit des conditions similaires à celles observées dans les peuplements forestiers subissant des vagues de mortalité partielle consécutives à des périodes d'épidémies d'insectes (ex. : la TBE). En pareilles circonstances, la mortalité apparaît généralement selon un patron de distribution contagieuse (Baskerville et MacLean, 1979); ainsi, la variante par trouées s'approche davantage des conditions créées par les épidémies légères. La mortalité par trouées engendre des peuplements multi-cohortes (Smith *et al.*, 1997). Cette structure était courante dans les forêts préindustrielles de la sapinière à bouleau blanc de l'Est (Leblanc et Bélanger, 2000; Dallaire, 2004). D'ailleurs, la présence de vétérans issus du peuplement précédent était fréquente. Selon que la proportion de survivants sera inférieure ou non au seuil de 25 % de la surface terrière, le peuplement résultant pourra être considéré soit de structure équiennne avec vétérans, soit de structure irrégulière biseté (Dallaire, 2004), ou encore de structure irrégulière lorsqu'il y a au moins trois cohortes d'arbres.

Grâce à leur moindre vulnérabilité à la TBE, les épinettes faisaient souvent partie de ces vétérans (Ray, 1955, dans Leblanc et Bélanger, 2000). C'est ce qui explique que la forêt préindustrielle dans le secteur environnant la Forêt Montmorency renfermait des sapins âgés pour la plupart âgés entre 60 et 90 ans, alors que les épinettes étaient plus vieilles et avaient entre 50 et 200 ans, pour une moyenne de 100 ans (Hatcher, 1960). Un scénario sylvicole susceptible de reproduire une telle structure pourrait prévoir le maintien des épinettes sur deux révolutions de sapin (avec effort de régénération de l'épinette au moyen d'une préparation de terrain à chacun des passages) et mettre en réserve quelques épinettes pour une troisième rotation de façon à assurer la présence de très gros vétérans à l'échelle du paysage. Compte tenu de la raréfaction de l'épinette blanche, la récolte de cette essence devrait être évitée dans la mesure du possible lors des premiers passages, afin de favoriser le retour à la composition observée à l'époque préindustrielle.

Traitements préconisés à l'échelle du peuplement

En principe, les mêmes variantes que pour la coupe progressive à régénération rapide sont traditionnellement reconnues : en plein (ou uniformes), par trouées et en lisières (ou par bandes).

Coupe progressive irrégulière en plein : Le prélèvement est réparti de manière uniforme sur l'ensemble de la superficie. Ce patron convient généralement à un peuplement présentant un couvert continu – ou presque – et dont la production est axée sur les essences tolérantes ou semi-tolérantes.

Coupe progressive irrégulière par trouées : Des ouvertures sont créées par la récolte de bouquets de quelques arbres disposés de façon à dégager des zones de régénération déjà présentes*. Les coupes suivantes consisteront soit à faire de nouvelles ouvertures, soit à agrandir progressivement les trouées de façon à régénérer toute la surface au moment de la récolte des derniers arbres (Matthews, 1989). Ce patron conviendrait particulièrement aux essences moins tolérantes à l'ombre comme l'épinette noire, qui nécessite un peu plus de lumière que le sapin baumier. Ce patron est aussi indiqué lorsqu'une répartition spatiale des tiges par bouquets est déjà présente ou souhaitée. La dimension des trouées doit être adaptée aux exigences des essences à régénérer (voir diagramme ci-dessous). Il est particulièrement important de limiter la taille des ouvertures dans les écosystèmes où il y a risque d'enfeuillement.

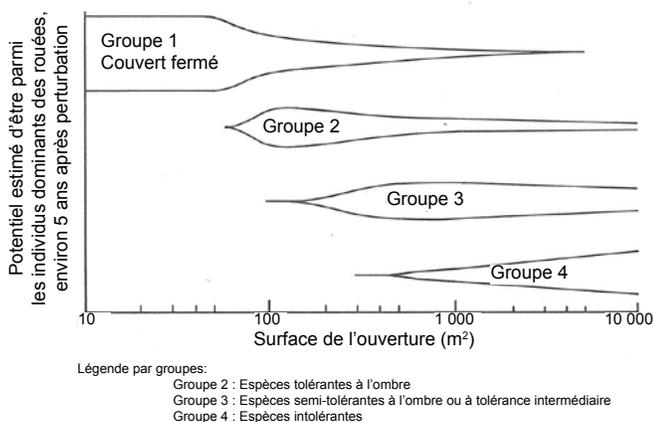


Figure 1 : Colonisation des groupes de tolérance d'espèces selon la taille des ouvertures du peuplement (adapté de Bormann et Likens, 1979)

Coupe progressive irrégulière par lisières : Ce patron peut être simplement perçu comme une coupe progressive où les trouées sont longilignes. Le prélèvement prévu aux différentes étapes du scénario s'effectue dans des lisières juxtaposées dont la largeur est inférieure au double de la hauteur des arbres (OIFQ, 1996).

Quelques notes supplémentaires

Dans tous les cas, l'ouverture du couvert doit être dosée en fonction des exigences microclimatiques des essences à régénérer, du niveau de développement de la régénération préétablie et du risque d'envahissement par la compétition. De plus, les interventions partielles de la coupe progressive à régénération lente doivent être réalisées de manière à conserver les arbres ayant les meilleures chances de survivre. Il convient donc d'orienter le choix des tiges

à prélever vers celles présentant une faible vigueur. Ceci concourt au maintien des semenciers – qui correspondent aux arbres ayant une cime développée – et des attributs de vieilles forêts.

Les scénarios devraient prévoir une amélioration du stock grâce à l'éducation des jeunes cohortes (Matthews, 1989). Au besoin, ils peuvent aussi comporter des mesures d'assistance à la régénération.

L'épinette blanche est identifiée comme une essence en raréfaction dans la réserve faunique des Laurentides. Cette espèce présente une production semencière irrégulière et atteint la maturité sexuelle à un âge plus avancé que le sapin. Par conséquent, il est recommandé de limiter le plus possible le prélèvement de l'épinette blanche lors des coupes partielles et d'assurer le maintien d'arbres de réserve lors des coupes finales, afin d'éviter la disparition locale de cette espèce.

Par définition, les coupes partielles doivent laisser un couvert résiduel ayant au moins une densité D (25-40 % de couverture), sinon il s'agit de coupes avec rétention. Toutefois, pour être comptabilisées parmi les vieilles forêts, les superficies en coupes partielles devaient avoir une couverture minimale de l'ordre de 40 % (Déry et Leblanc, 2005). L'application de la seconde coupe partielle pourrait donc être retardée pour faire en sorte que le peuplement résiduel soit assimilé à une vieille forêt.

Dans le cadre de l'aménagement écosystémique, la coupe progressive à régénération lente devrait être modulée de manière à favoriser certaines caractéristiques constituantes de la complexité écologique, par :

1. La rétention d'attributs de vieilles forêts lors des coupes partielles (voir la fiche sur les coupes partielles) et le maintien de legs biologiques lors de la coupe finale (voir les fiches sur le maintien de legs biologiques et la coupe à rétention variable) ou, mieux encore, l'adaptation du scénario afin de permettre le maintien d'un couvert irrégulier;
2. L'ajout de quelques trouées et bouquets denses dans un traitement uniforme ou la réalisation de coupes partielles de régénération par trouées, par groupes ou par lisières, de manière à assurer une certaine diversité de la structure verticale et de la composition de la régénération. Rappelons que l'introduction d'une variabilité dans l'espacement entre les tiges est favorable à la faune, puisqu'elle permet d'offrir des clairières au microclimat plus chaud et plus sec ainsi que de bouquets denses qui constituent des sources de nourriture et un abri (Comité scientifique sur les enjeux de biodiversité, 2007);
3. La réalisation de la coupe finale du couvert dominant initial à un âge dépassant celui de la maturité technique.

* De manière plus fine, il y a lieu de distinguer la **récolte par groupes**, où la consigne consiste à couper les arbres en groupes de 2, 3 ou 4 tiges, sans spécifier la taille ou la forme de l'ouverture, de la **récolte par trouées**, où l'on définit explicitement la taille et la forme de la trouée (ex.: trouée circulaire d'un diamètre équivalent à 1 hauteur d'arbre). Les deux modes de gestion diffèrent par les consignes d'abattage utilisées et par le contrôle opérationnel exercé.

Maintien d'attributs de vieilles forêts : niveaux à associer aux coupes partielles (Déry et Leblanc, 2005)

ATTRIBUT	NIVEAU MINIMAL	SPÉCIFICATIONS
Gros arbres vivants	5 à 10 tiges/ha	Arbres de fort diamètre qui servent ou serviront d'arbres à valeur faunique
Gros chicots	10 à 15 tiges/ha	Conserver les plus gros chicots présents
Débris ligneux	5 m ³ /ha	Inclure des grosses pièces et répartir uniformément sur le parterre de coupe

Approche préconisée à l'échelle du paysage

Une disposition judicieuse des aires traitées en coupes progressives à régénération lente, combinée à un scénario ajusté de manière à rencontrer certains objectifs de hauteur du couvert principal, peut favoriser la connectivité des forêts mûres et vieilles à la suite des coupes partielles, ou encore la connectivité de peuplements rencontrant certains critères de hauteur à la suite de la coupe finale du couvert dominant initial.

Impacts sur les enjeux écosystémiques

ENJEU	IMPACTS DES COUPES PROGRESSIVES À RÉGÉNÉRATION LENTE
Raréfaction des forêts mûres et surannées	<u>Dans la mesure où le peuplement a atteint le stade mûr, que l'on assure le maintien des attributs de vieilles forêts (présence de chicots, d'arbres à valeur faunique ainsi que de débris ligneux de grosse dimension et hétérogénéité structurale) et que le couvert résiduel est suffisant pour assurer le maintien d'une ambiance forestière (couvert minimal de l'ordre de 40 %),</u> permet de limiter la raréfaction des forêts mûres et vieilles pour une certaine période de temps, jusqu'à la coupe finale du couvert dominant initial
Inversion de la matrice *	<u>Dans la mesure où l'on assure le maintien d'une forêt à couvert fermé (couvert minimal de l'ordre de 40 %),</u> l'orientation vers le régime irrégulier favorise le maintien des forêts mûres et vieilles (au moins à moyen terme) et permet d'éviter la formation de blocs de jeunes peuplements agglomérés
Uniformisation des structures horizontale et verticale des peuplements	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Dans la mesure où les coupes partielles sont réalisées de façon à ne pas éliminer l'étage supérieur de végétation,</u> le régime irrégulier assure le maintien d'une certaine structure verticale • <u>Dans la mesure où le prélèvement est effectué de manière à assurer la présence de trouées et de bouquets denses,</u> la coupe progressive à régénération lente peut favoriser une diversification de la structure horizontale
Raréfaction du bois mort dans les forêts aménagées	<ul style="list-style-type: none"> • Grâce au maintien du couvert forestier et aux prélèvements espacés dans le temps, le régime irrégulier est favorable au recrutement de bois mort • <u>Dans la mesure où l'on intègre le maintien d'attributs de vieilles forêts,</u> comporte la rétention d'arbres à valeur faunique, de chicots et de débris ligneux
Enfeuillage	Un dosage adéquat de l'ouverture permet de limiter l'établissement de feuillus intolérants
Raréfaction des attributs de composition de la sapinière à bouleau jaune: essences visées BOJ, PRU, PIB, EPR, THO	Régime qui convient aux mélanges d'espèces de tolérance et de longévité diverses <u>Dans la mesure où les semenciers des essences visées sont présents et maintenus sur pied :</u> <ul style="list-style-type: none"> • permet de bénéficier d'une période de production semencière accrue, favorisant l'établissement de la régénération de ces essences • la perturbation du sol (par poquets) pourrait favoriser l'établissement de la régénération (BOJ, PRU, PIB) • l'ouverture du couvert par petites trouées est favorable à la régénération de THO dans les cédrières
Raréfaction de l'épinette blanche dans les sapinières à bouleau blanc	<u>Dans la mesure où les EPB sont présentes et maintenues sur pied assez longtemps :</u> <ul style="list-style-type: none"> • permet de récolter après l'atteinte de la maturité sexuelle, ce qui permet de bénéficier de plusieurs bonnes années semencières, conformément aux processus naturels ayant assuré la perpétuation de cette espèce dans les forêts préindustrielles • l'établissement de la régénération d'EPB requiert la présence de bons lits de germination que constituent le bois mort et le sol minéral (Burns et Honkala, 1990; OMNR, 2003) : la protection des débris ligneux en décomposition et/ou la perturbation du sol (par poquets) lors des bonnes années semencières sont indiquées

* Disparition de la dominance des forêts mûres et surannées au profit d'une surabondance des jeunes peuplements agglomérés

Raréfaction de l'épinette noire dans la sapinière à EPN et dans les pessières	<u>Dans la mesure où les EPN sont présentes et maintenues sur pied (pendant une période qui s'approche de leur longévité naturelle, pour au moins une portion d'entre elles),</u> permet de bénéficier d'une période de production semencière accrue favorisant l'établissement de la régénération de cette essence
Maintien des sapinières à épinette blanche et épinette noire de haute altitude	L'application d'un régime irrégulier axé sur le maintien des épinettes sur de plus longues révolutions (par rapport aux autres essences), accompagné de mesures pour en favoriser la régénération, pourrait permettre le maintien de la composition historique de ces peuplements
Perte d'intégrité des milieux humides forestiers	Grâce au maintien d'un couvert forestier, le régime irrégulier peut limiter les problèmes de remontée de la nappe phréatique généralement associés aux coupes totales sur milieux humides
Maintien de la qualité de l'habitat aquatique / Modification du régime hydrologique	Le maintien d'un couvert forestier contribue à limiter l'aire équivalente de coupe par bassin versant et, ainsi, à contrôler les débits de pointe
Érosion	Le maintien d'un couvert forestier permet de réduire le risque d'érosion
Le caribou forestier de Charlevoix	Les interventions partielles de la coupe progressive permettent le maintien d'une portion du paysage en forêts mûres et vieilles (au moins à moyen terme)
Qualité de l'habitat de l'orignal	Toute disposition permettant d'assurer un mélange fin de peuplements servant d'abri (vieux peuplements) et de peuplements servant à l'alimentation (jeunes) contribue au maintien de la qualité de l'habitat de l'orignal
Régénération et succession naturelle des peuplements	<ul style="list-style-type: none"> • Régime sylvicole favorable à la production et au maintien de semenciers d'essences désirées lorsqu'on tient compte des âges à maturité qui diffèrent entre les espèces (révolution plus longue pour les épinettes); il faut cependant prévoir la rétention des semenciers lors de la coupe finale du couvert initial prévue dans la coupe progressive à régénération lente • <u>Dans la mesure où la régénération résineuse est déjà présente en quantité suffisante – ou presque,</u> la coupe progressive provoque une mise en lumière qui favorise le développement de la régénération résineuse préétablie <p><i>DANGER : si les ouvertures pratiquées sont grandes et que la régénération résineuse est insuffisante, il y a risque de favoriser l'enfeuillement; la préparation de terrain peut accroître ce risque</i></p>
Approvisionnement en quantité	<ul style="list-style-type: none"> • Peut assurer un approvisionnement en matière ligneuse en période de rupture de stock, malgré la nécessité de conserver des forêts mûres et vieilles • <u>Dans la mesure où l'on applique ce traitement à un peuplement présentant une structure irrégulière,</u> permet de réduire les pertes associées à la récolte de la proportion non mûre du peuplement
Approvisionnement en qualité	<ul style="list-style-type: none"> • Peut favoriser l'obtention de grosses tiges à maturité • <u>Dans la mesure où la sélection des tiges favorise le maintien des meilleurs sujets et tient compte de la vigueur des arbres résiduels,</u> peut permettre une amélioration de la qualité des bois
Coûts d'approvisionnement de la matière ligneuse	<ul style="list-style-type: none"> • La récolte partielle entraîne une augmentation des coûts à court terme, mais elle peut limiter le besoin d'avoir recours aux mesures d'assistance à la régénération et éventuellement permettre l'obtention de plus gros bois, ce qui aura un effet positif sur les coûts à moyen terme
Qualité visuelle des paysages	<u>Dans la mesure où le scénario est paramétré de manière à assurer le maintien d'un certain couvert,</u> même si l'étage principal n'est pas nécessairement mûre, permet de ne pas trop affecter la qualité des paysages
Perte d'intégrité des forêts d'intérieur	<p><u>Dans la mesure où les coupes partielles ne sont pas trop sévères,</u> elles permettent de maintenir une ambiance de forêt d'intérieur</p> <p><i>DANGER : la seconde coupe partielle doit assurer le maintien d'un couvert suffisant pour maintenir l'ambiance forestière</i></p>

Impacts sur la production ligneuse

- Représente un des moyens pour gérer plus efficacement le flux de bois, et potentiellement combler les besoins de bois pendant la période critique (Jamnick *et al.*, 1994; Lussier *et al.*, 2008).
- Le traitement en coupe progressive permet le chevauchement d'une révolution sur l'autre (OIFQ, 1996). Généralement, le

peuplement sera maintenu au-delà de son âge de révolution, mais la régénération aura une grande taille au moment du retrait du couvert initial. Des suivis seront nécessaires pour dresser le bilan et préciser l'effet par rapport à la révolution.

- Le scénario sylvicole peut être ajusté de manière à éviter les pertes résultant de l'exploitation trop hâtive ou trop tardive de certaines essences dans les peuplements mixtes irréguliers (Bélangier *et al.*, 1998).

Impacts sur les coûts

- L'impact de l'application massive du régime de coupe progressive sur la dispersion des coupes n'a pas été documenté. *A priori*, la coupe progressive n'induit pas nécessairement d'augmentation de la dispersion des coupes si le déploiement s'effectue simultanément avec les autres interventions de récolte.
- L'application des coupes progressives nécessite le retour sur les sites sur des intervalles de temps plus longs, ce qui implique l'entretien d'un réseau de chemins plus étendu pour un même volume de récolte à l'échelle de l'UAF. Certaines pistes de solution sont à examiner pour atténuer cet impact, comme l'allongement des distances de débardage et le recours accru aux chemins d'hiver pour la coupe partielle de régénération.
- En contrepartie, la réussite des coupes progressives permettrait, en principe, de réduire certains coûts sylvicoles en limitant le recours aux mesures d'assistance à la régénération (plantation et regarni) et aux dégagements récurrents.
- Le coût direct des coupes partielles de régénération varie en fonction du volume prélevé et de la taille moyenne des arbres récoltés (voir la fiche sur les coupes partielles).

Risques et contraintes des solutions proposées

- **Risque de chablis** : Il est reconnu que le risque de chablis augmente avec l'ouverture du peuplement en raison d'une plus grande pénétration du vent et de la diminution du support mutuel des tiges (Cremer *et al.*, 1982; Savill, 1983). Les modèles indiquent que la diminution de la résistance du peuplement au chablis serait proportionnelle au pourcentage de la surface terrière récoltée (Achim *et al.*, 2005). Malgré la hausse du risque, inévitable à la suite de la coupe partielle, l'expérience acquise dans les écosystèmes similaires à ceux de la réserve faunique des Laurentides démontre que les peuplements éclaircis ne sont pas systématiquement touchés par le chablis (Ruel *et al.*, 2003).

Outre les caractéristiques du peuplement, les caractéristiques de la station, l'exposition au vent selon la topographie ainsi que la taille des ouvertures qui jouxtent le peuplement peuvent influencer le risque de chablis (Elie et Ruel, 2005; Larouche *et al.*, 2007; Robichaud et Methven, 1993; Ruel *et al.*, 2003). Le risque est aussi plus élevé lorsque ces ouvertures sont récentes. Plusieurs méthodes ont été proposées pour réduire le risque de chablis, comme le maintien des arbres les plus stables (Smith *et al.*, 1997), la formation de bordures de peuplements constituant un obstacle qui soit le moins vertical possible (Norris *et al.*, 2008), ou la réalisation de sentiers de débardage non rectilignes. Cependant, l'efficacité réelle de ces méthodes sous nos conditions climatiques n'a pas été documentée. Une mesure de base consisterait à éviter de placer des coupes partielles en aval d'aires ouvertes (DS, DH, lac) ou de zones récemment dénudées par des coupes totales.

Par ailleurs, le risque de chablis est moindre dans un peuplement bisétagé, par rapport à un peuplement ayant un étage dominant identique, mais sans sous-étage (Gardiner *et al.*, 2005; Wellpott, 2008). La présence d'une végétation de sous-étage limite le passage du vent sous le couvert, ce qui facilite la dissipation de l'énergie induite par le vent aux cimes des arbres de l'étage dominant.

- **Risque de dommages aux semenciers et aux semis** : L'emploi d'équipements adéquats, la formation des opérateurs et l'application d'un contrôle opérationnel permettent de réduire grandement ce risque.
- **Incertitude face à la TBE** : Les épidémies de TBE sont susceptibles de modifier les scénarios prévus.
- **Risque d'écrémage** : Les règles de sélection des tiges doivent être articulées de façon à prévenir l'écrémage (élimination systématique des meilleurs sujets ou des individus d'une espèce en particulier). L'objectif des coupes progressives est d'assurer le maintien des plus beaux semenciers; ceux-ci ne doivent donc pas faire systématiquement partie des tiges récoltées lors des coupes partielles si la régénération est insuffisante. De surcroît, en retirant les sujets bénéficiant du meilleur ancrage, l'écrémage accentue le risque de chablis, provoque l'élimination des meilleures combinaisons génétiques et retarde la formation de semenciers de grosse dimension (Smith *et al.*, 1997) ainsi que des attributs de vieilles forêts.

État des connaissances et expérience acquise

Dans la pratique, les traitements du régime irrégulier sont encore très marginaux au Québec et les suivis à long terme sont encore plus rares. En principe, les méthodes de travail adaptées aux opérations mécanisées pour la coupe progressive – que sont la coupe avec sélection rapprochée ou distante, la coupe en demi-lunes ou la coupe progressive en mini-bandes – pourraient être adaptées à la coupe progressive à régénération lente (voir la fiche sur la coupe progressive à régénération rapide pour la description de ces méthodes). Toutefois, dans le cadre de la coupe progressive à régénération lente, les interventions sont plus espacées dans le temps et les prélèvements, généralement plus légers à chacune des interventions par rapport à la coupe progressive à régénération rapide, sont concentrés sur les arbres moins vigoureux.

Coupe progressive par multitraitements : Dans les cas où une variabilité importante de la structure s'observe à une échelle très fine, les peuplements se présentent souvent comme une mosaïque de micropeuplements dont le développement et la quantité de régénération préétablie sont variables. Il convient alors de traiter chaque portion selon son stade de développement (Smith *et al.*, 1997). L'ouverture du couvert peut alors être dosée en fonction du développement de la régénération préétablie, compte tenu du risque d'invasion par la compétition, et du niveau de

maturité des arbres dominants. Les règles de sélection pour l'abattage doivent tenir compte de l'état de la régénération. Dans les endroits où il manque de semis, on conservera les semenciers correspondant aux sujets de l'étage dominant ayant une cime bien développée et on recourra aux mesures d'assistance à la régénération au besoin. Là où la régénération comporte déjà une forte densité de semis mais que leur taille est insuffisante, l'ouverture du couvert visera plutôt à accroître l'ensoleillement au sol. Le maintien de semenciers peut alors être circonscrit aux seules zones moins bien régénérées. Dans les portions jeunes, les arbres gênants devraient être prélevés.

Une méthode d'intervention innovatrice et originale a été mise au point par FPInnovations-FERIC et le Service canadien des forêts pour traiter ce type de peuplement dans une logique de coupes progressives (Meek et Lussier, 2008).

L'application de cette méthode pourrait être adaptée à la coupe progressive irrégulière à couvert permanent (*sensus* Raymond *et al.*, 2009). Pour ce faire, un scénario assurant le maintien d'un couvert forestier irrégulier (voir fiche sur la diversification des régimes) – grâce, notamment, au maintien d'épinettes sur une période excédant la durée de la révolution du sapin – pourrait être mis au point et procurer de nombreux avantages sur le plan écosystémique. Parmi ces avantages, il y a le maintien d'un couvert forestier permanent et de sa structure irrégulière fournissant une diversité de microhabitats, ainsi que la disponibilité prolongée de semences d'épinettes combinée à des conditions favorables à leur germination (protection du couvert résiduel, présence de bois mort et de poquets scarifiés).

Le Centre d'enseignement et de recherche en foresterie (CERFO) a implanté divers dispositifs expérimentaux visant à comparer différents traitements sylvicoles, dont la coupe progressive*. Un essai de coupe progressive irrégulière effectué dans le domaine de la sapinière à bouleau jaune en Gaspésie a, notamment, permis de mettre en évidence la pertinence de ce traitement pour favoriser l'établissement de la régénération du bouleau jaune et de l'épinette blanche (voir aussi la fiche de la coupe progressive à régénération rapide pour des essais de différents patrons pouvant être adaptés à la coupe progressive irrégulière).

La Direction de la recherche forestière a mis sur pied un dispositif expérimental de coupe progressive irrégulière comme pratique sylvicole adaptée et outil de restauration des peuplements appauvris; un volet du dispositif se situe en forêt résineuse**.

Besoins de connaissances

L'acquisition de connaissances doit permettre de répondre à deux grands objectifs : adapter le traitement (intensité de prélèvement

à chaque passage et mode d'intervention) aux conditions des sites et mieux connaître ses effets, tant sur la végétation que sur les espèces en général. Étant donné l'importance déterminante des conditions écologiques, les évaluations devraient être faites par « grand écosystème » et par station (regroupement de types écologiques). De plus, **une attention particulière devra être apportée à l'effet de la seconde coupe partielle**; en effet, il sera nécessaire de vérifier si le peuplement peut toujours faire office de vieille forêt après ce second passage et il faudra disposer des informations nécessaires au réajustement du scénario au besoin.

En matière de traitement, il faudrait préciser les paramètres suivants en fonction des conditions des sites et des caractéristiques des peuplements :

- intensité des prélèvements;
- type d'intervention (en plein, par trouées ou par lisières);
- variante opérationnelle;
- règles de sélection utilisées.

Parallèlement, on devrait mesurer les effets du prélèvement et des paramètres retenus en tenant également compte des attributs de vieilles forêts maintenus lors des différentes interventions. Les effets sur la végétation qu'il faudrait évaluer concernent principalement :

- la régénération (composition incluant les essences compétitives, densité par essence et par classe de hauteur, pourcentage d'occupation du sous-étage par la régénération en essences désirées et croissance en hauteur);
- le cortège floristique (composition et abondance relative);
- le peuplement résiduel (croissance, mortalité, chablis et structure).

L'évaluation des effets sur la biodiversité devrait porter à la fois sur la faune, les plantes vasculaires, les insectes et les champignons. Il convient, à cet effet, de déterminer préalablement les espèces parapluies et les espèces clés à considérer.

Des dispositifs expérimentaux permettant d'identifier les interactions possibles entre les intensités de prélèvement, la fréquence des prélèvements et les effets du traitement seraient particulièrement utiles.

Les autres aspects à évaluer touchent l'effet des interventions et, notamment, des règles de sélection sur la diversité génétique ainsi que sur la représentativité des essences en régression (épinette blanche dans toute la réserve faunique des Laurentides, ainsi que le thuya dans l'écosystème no 1). Il serait également important de mieux documenter les aspects relatifs à la productivité, aux coûts et bénéfices escomptés des différentes méthodes et à la fenêtre pour les opportunités économiques.

* [http : publications.cerfo.qc.ca](http://publications.cerfo.qc.ca)

** [http : www.mrf.gouv.qc.ca/publications/enligne/forets/activites-recherche/projets/description.asp?numero=316](http://www.mrf.gouv.qc.ca/publications/enligne/forets/activites-recherche/projets/description.asp?numero=316)

Références

- Achim, A., J.C. Ruel, et B.A. Gardiner, 2005. Evaluating the effect of precommercial thinning on the resistance of balsam fir to windthrow through experimentation, modelling, and development of simple indices. *Journal Canadien de la Recherche Forestière*, 35: 1844-1853.
- Baskerville, G.L. et D.A. MacLean, 1979. Budworm-caused mortality and 20-year recovery in immature stands. Canadian Forest Service, Maritimes Forest Research Center, Inf. Rep. M-X-102, 23p.
- Batzer, H.O. et M.P. Popp, 1985. Forest succession following a spruce budworm outbreak in Minnesota. *Forestry Chronicle*, April 1985, p. 75-80.
- Bélanger, L., J. Pâquet et B. Cayer, 1998. Systèmes sylvicoles alternatifs pour la forêt du Haut-Saint-Maurice. Réalisé par C.A.P. Naturels dans le cadre du « Programme de mise en valeur des ressources du milieu forestier » du Ministère des Ressources naturelles, Charlesbourg, Québec, 17 p.
- Bormann, F.H. et G.E. Likens, 1979. Pattern and process in a forested ecosystem: disturbance, development and the steady state based on the Hubbard Brook ecosystem study. Springer-Verlag, New York, 253 p.
- Bouchard, M., 2005. Dynamique forestière suite aux épidémies de tordeuse des bourgeons de l'épinette dans le nord du Témiscamingue. Thèse de doctorat, Université du Québec à Montréal, 129 p.
- Burns, R.M. et B.H. Honkala, tech. coords, 1990. *Silvics of North America: 1. Conifers; 2. Hardwoods*. Agriculture Handbook 654, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Washington, D.C., vol. 2, 877 p.
- Comité scientifique sur les enjeux de biodiversité, 2007. Enjeux de biodiversité de l'aménagement écosystémique dans la réserve faunique des Laurentides. Rapport préliminaire du comité scientifique. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune. Québec (Québec). viii + 118 p. + annexes.
- Cremer, K.W., C.J. Borough, F.H. Mckinnel et P.P. Carter, 1982. Effects of stocking and thinning on wind damage in plantations. *N.Z. J. For. Sci.*, 12: 245-268.
- Dallaire, S., 2004. Bases écologiques pour l'aménagement de l'habitat du caribou de la Gaspésie: le cas d'une sapinière boréale inéquienne. Mémoire de maîtrise, Université Laval, 112 p.
- Déry, S. et M. Leblanc, 2005. Lignes directrices pour l'utilisation des pratiques sylvicoles adaptées dans le cadre de la mise en oeuvre de l'objectif 4. Québec, gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de l'environnement forestier, 13 p.
- Elie, J.G. et J.C. Ruel, 2005. Windthrow hazard modelling in boreal forests of black spruce and jack pine. *Can. J. For. Res.*, 35 (11): 2655-2663.
- Gardiner, B.A., B.J. Marshall, A. Achim, R. Belcher et C. Wood, 2005. The stability of different silvicultural systems: A wind tunnel investigation. *Forestry*, 78: 471-484.
- Hatcher, R.J., 1960. Croissance du sapin baumier après coupe rase dans le Québec. Canada, Ministère du Nord canadien et des Ressources naturelles, Div. Rech. sylv., mémoire technique no 87, 24 p.
- Jamnick, M., T. Needham et M. Bateman, 1994. Commercial thinning to provide harvest stability to forests with an unbalanced age class distribution. *Forestry Chronicle*, 70 (3): 299-303.
- Lanier, L., 1994. Précis de sylviculture. 2^{ème} édition. École Nationale Génie Rural des Eaux et des Forêts (ENGREF), Nancy, France. 477 p.

- Larouche, C., J.-C. Ruel et L. Bélanger, 2007. L'effet du patron de répartition des coupes sur les pertes par chablis : le cas de la sapinière à bouleau blanc de l'Est. *Forestry Chronicle*, 83 : 84-91.
- Leblanc M. et L. Bélanger, 2000. La sapinière vierge de la Forêt Montmorency et de sa région : une forêt boréale distincte. Mémoire de recherche no 136, Direction de la recherche forestière, ministère des Ressources naturelles, Québec (Québec), 91 p.
- Lussier, J.M., P. Meek, M. Côté, C.H. Ung, D.E. Swift, et I. Duchesne, 2008. Partial harvest tactics to improve sustained wood supply under an even-aged forest management regime. *For. Ecol. Manage.* Manuscript.
- Matthews, J.D., 1989. *Silvicultural systems*. Oxford University Press, 284 p.
- Meek, P. et J.-M. Lussier, 2008. Essais de coupes partielles de forêts hétérogènes par l'approche multitraitement. *FPInnovations-Feric, Avantage*, vol. 10, no 2 (mai 2008), 16 p.
- Norris, J.E., A. Stokes, S.B. Mickovski, E. Cammeraat, R. van Beek, B.C. Nicoll et A. Achim, 2008. Slope stability and erosion control: Ecotechnological solutions. Springer, The Netherlands, 287 p.
- Nyland, R.D., 2002. *Silviculture. Concepts and applications*. 2nd edition. Waveland Press, Long Grove, IL, USA, 682 p.
- OIFQ, 1996. *Manuel de foresterie*. Les presses de l'Université Laval, 1428 p.
- OMNR, 2003. *Silviculture guide to managing spruce, fir, birch, and aspen mixedwoods in Ontario's boreal forest*. Version 1.0. Ontario Ministry of Natural Resources, Queen's Printer for Ontario, 392 p.
- En ligne (08/2009) : http://www.mnr.gov.on.ca/en/Business/Forests/Publication/MNR_E000352P.html
- Osawa, A., J. Spies et J.B. Dimond, 1986. Patterns of tree mortality during an uncontrolled spruce budworm outbreak in Baxter State Park, 1983. *Maine Agricultural Experiment Station, University of Maine, Orono, ME. Tech. Bull. No 121*, 69 p.
- Raymond, P., S. Bédard, V. Roy, C. Larouche et S. Tremblay, 2009. The irregular shelterwood system : review, classification, and potentiel application to forests affected by partial disturbances. Accepted. *Journal of Forestry*.
- Roberge, M., 1964. Cyriac forest after devastation by the spruce budworm (project Q - 33). Forest research branch. Dept. of forestry. Internal report no 64-Q-20, 19 p.
- Robichaud, E. et I.R. Methven, 1993. The effect of site quality on the timing of stand breakup, tree longevity, and the maximum attainable height of black spruce. *Can. J. For. Res.*, 23: 1514-1519.
- Ruel, J.-C., P. Raymond et M. Pineau, 2003. Winthrow after shelterwood cutting in balsam fir stands. *NJAF*, 20 (1): 5-13.
- Savill, P.S., 1983. Silviculture in windy climate. *For. Abstr.*, 44: 473-488.
- Smith, D.M., 1986. *The practice of silviculture*. 8th ed., John Wiley & Sons, New York, NY, 527 p.
- Smith, D.M., B.C. Larson, M.J. Kelty et P.M.S. Ashton, 1997. *The practice of silviculture, Applied forest ecology*, 9th ed., John Wiley and Sons, New York, NY, 537 p.
- Wellpott, A., 2008. *The stability of continuous cover forests*. PhD thesis, University of Edinburgh, UK.

On peut citer ce document en tout ou en partie, en indiquant la référence suivante

Comité d'experts sur les solutions, 2009. *Projet de développement d'une approche d'aménagement écosystémique dans la réserve faunique des Laurentides. Fiches techniques - Coupe progressive à régénération lente*. Québec.



Type de solution

Grand axe
 ✓ Régime/Scénario sylvicole
 Pratique/Intervention sylvicole

Types d'enjeux concernés

Principaux :

Organisation spatiale
Stades de développement
Aménagement forestier

Complémentaires :

Bois mort
 Structure des peuplements
 Composition
 Encadrement visuel
 Milieux aquatiques
 Filtre fin

Objectifs

Favoriser l'obtention d'une **régénération à standards rehaussés**, le **maintien temporaire de forêts mûres ou vieilles*** ainsi que le maintien et/ou la formation **d'attributs de vieilles forêts**.

Définition

- Traitement du régime de la futaie **régulière** visant à favoriser l'établissement d'une cohorte de **régénération** (naturelle ou artificielle), sous le couvert protecteur d'arbres matures à l'aide d'une ou plusieurs coupes partielles (Smith *et al.*, 1997; Matthews, 1989). Ce couvert est ensuite retiré par une coupe finale dans un délai relativement court après la coupe partielle afin de libérer cette nouvelle cohorte; le délai correspond généralement à moins du cinquième de la révolution de l'essence principale (Nyland, 2002).
- Le dosage de la lumière lors des coupes partielles permet de moduler la composition de la régénération.
- L'ouverture **progressive** du couvert vise :
 - l'obtention d'une cohorte de régénération préétablie en essence(s) désirée(s) qui soit suffisamment dense et développée, avant le retrait complet du peuplement, de façon à favoriser le plein boisement (voir fiche sur la régénération acquise);
 - à limiter un éventuel envahissement par la végétation compétitrice (Matthews, 1989).
- Le couvert résiduel maintenu doit assurer le maintien et le développement d'attributs de vieilles forêts. Pour ce faire, il faut éviter de récolter tous les plus gros sujets lors des coupes partielles.
- Le maintien de legs biologiques, incluant la réserve d'arbres vivants, est préconisé lors de la coupe finale (voir la fiche sur le maintien de legs biologiques).

Problématique

- À l'époque préindustrielle, les peuplements de structure régulière (ou équienne), qui comptaient pour environ 60 % de la superficie dans la sapinière de la réserve faunique des Laurentides (Leblanc et Bélanger, 2000), résultaient généralement d'épidémies sévères au cours desquelles les défoliations successives provoquaient une ouverture graduelle du couvert qui libérait progressivement la régénération préétablie, tout en lui permettant de bénéficier d'un certain couvert protecteur. Ce couvert résiduel – qui renfermait généralement une bonne proportion d'épinettes semencières – ainsi que la présence de bois mort au sol offraient les conditions favorables à l'établissement de la régénération d'épinettes, assurant ainsi la représentativité de ces espèces. La coupe progressive à régénération rapide permet de reproduire ce processus, plus propice à une meilleure représentativité des essences tolérantes dans la régénération comparativement à une CPRS suivie d'une EPC (Belle-Isle et Kneeshaw, 2007).
- Pendant la période préindustrielle, les forêts mûres et surannées (ou vieilles) couvraient entre 63 et 75 % du territoire (Leblanc et Bélanger, 2000). Cette proportion est maintenant passée à environ 25 % (selon la carte-calcul du PGAF 2008-2013) notamment à cause de l'aménagement en peuplements équiennes sur de courtes révolutions.

Solution

- La coupe progressive à régénération rapide favorise l'obtention d'une régénération à standards rehaussés (voir la fiche sur la régénération acquise), par un processus s'inspirant de la dynamique naturelle des peuplements.
- Les interventions partielles de la coupe progressive à régénération rapide contribuent au flux de bois. Elles peuvent également répondre à l'enjeu de raréfaction des forêts mûres et surannées (ou vieilles), lorsqu'elles permettent de maintenir un peuplement parvenu au moins au stade mûr et de densité suffisante pour assurer le maintien de l'ambiance forestière (voir la fiche sur les coupes partielles).

* L'enjeu identifié initialement était la disparition des forêts « mûres et surannées ». L'évolution de la réflexion relative aux indicateurs de performance écosystémique a poussé à distinguer les forêts surannées qui sont maintenant désignées comme « vieilles forêts ».

Traitement préconisé à l'échelle du peuplement

En théorie, le scénario prévu pour réaliser l'ouverture du couvert dans le cadre d'une coupe progressive peut comporter jusqu'à quatre types de coupes (Smith *et al.*, 1997). Le nombre et la nature des interventions sont modulables selon la condition de la régénération. En pratique cependant, le scénario sylvicole se limite souvent à une coupe partielle de régénération suivie d'une coupe finale (CPRS), puisque la régénération par banque (ou réserve) de semis est favorable au succès de régénération.

- Afin de favoriser la régénération d'un mélange d'essences tolérantes et semi-tolérantes à l'ombre, un couvert résiduel de 50 à 66 % doit être maintenu à la suite de la coupe partielle. On anticipe l'obtention d'une régénération acquise (voir fiche correspondante) dans la plupart des cas. Des mesures d'assistance à la régénération peuvent être intégrées à la coupe partielle pour les cas plus problématiques ou pour répondre à certains enjeux de composition (voir fiche sur l'assistance à la régénération).
- Trois variantes de ce traitement sont traditionnellement reconnues : en plein (ou uniformes), par trouées et par lisières. A titre indicatif, divers modes de récolte appliquant ces variantes et adaptés à la récolte mécanisée ont été mis au point, notamment:
 - La coupe progressive à sélection soit rapprochée, soit distante (Meek, 2006)
 - La coupe progressive en demi-lunes (G. Massicotte, comm. pers.)
 - La coupe progressive par minibandes (Meek, 2006)

Approche préconisée à l'échelle du paysage

- La proportion de coupes progressives à régénération rapide à effectuer s'établit au moment de la stratégie d'aménagement.
- Afin de réduire la vulnérabilité au chablis, il est recommandé d'éviter de disposer les superficies traitées en coupes partielles en aval – par rapport aux vents dominants – de terrains dénudés.
- Afin de favoriser le maintien d'espèces associées aux vieilles forêts dans les secteurs traités par coupes partielles, il est recommandé d'éviter de pratiquer ces coupes dans un environnement dominé par les peuplements en régénération. Il convient également de prévoir une superficie suffisante ou une configuration qui limitera les effets de lisières moins favorables à ces espèces (Déry et Leblanc, 2005).

Conditions d'application pour la coupe progressive à régénération rapide

L'ouverture du couvert doit être modulée de manière à limiter le risque d'envahissement par la végétation compétitrice. Ce risque peut être évalué sur la base du type forestier; les sapinières à bouleau à papier de même que les sapinières à herbacées riches correspondent aux sites où le risque d'envahissement est le plus important. Ces stations devraient donc faire l'objet d'une ouverture du couvert plus légère lorsqu'elles ne comportent pas un sous-étage de régénération résineuse. En revanche, le risque d'envahissement est moindre dans les sapinières et les pessières à mousses.

CRITÈRE	CONDITIONS PROPICES
Structure du peuplement	Régulière
Stades évolutifs	Stable et faciès (dominé par les essences de fin de succession); convient particulièrement aux essences semi-tolérantes à l'ombre et peut être adapté aux essences tolérantes en réduisant le pourcentage d'ouverture du couvert. Intermédiaire (étage de résineux sous couvert de feuillus intolérants); dans ce cas, l'intensité de prélèvement, qui sera concentré dans le feuillu intolérant, doit être dosée proportionnellement à l'abondance de conifères en sous-étage.
Stades de développement	Principalement mûr et vieux. La coupe préparatoire* peut se faire en prématurité.
Densité avant la coupe partielle	A, ou bien B si le peuplement abrite déjà la régénération résineuse et que le risque d'envahissement par les essences intolérantes à l'ombre est réduit. Pour répondre à certains enjeux, une coupe partielle d'intensité légère peut parfois être envisagée dans des peuplements de densité C (dont la densité se situe dans la portion supérieure de l'intervalle), à condition qu'ils soient bien régénérés.
Semenciers vigoureux	Présence en quantité suffisante – au moins 250 résineux/ha (MRNF, 2008) – et bien distribuée d'arbres vigoureux comptant parmi les plus beaux sujets du peuplement. Les semenciers doivent avoir un âge suffisant pour produire des semences en abondance (Raymond <i>et al.</i> , 2009).
Régénération en essences désirées	Bonne** ou déficiente en termes de quantité et/ou de développement.
Végétation compétitrice	Risque d'envahissement par des espèces héliophiles (peuplier, bouleau à papier, framboisier, érable à épis, éricacées).
Conditions de site	S'applique à une large gamme de conditions ; sites sans contraintes particulières ainsi que pentes fortes (le maintien d'un couvert végétal limite le risque d'érosion); dépôts pierreux (le couvert résiduel limite le risque de dessèchement des semis); sites humides et imparfaitement drainés (le maintien d'un couvert végétal limite le risque de remontée de la nappe phréatique).
CRITÈRE	CONDITIONS LIMITANTES
Conditions de site	Terrain dénudé en amont, exposé aux vents dominants; dépôts minces, sommets et haut de pente (risque de chablis).

* Pour la coupe préparatoire, se reporter à la fiche sur l'éclaircie commerciale.

** En présence d'une bonne régénération bien développée, le traitement peut être réalisé afin de contrer la raréfaction des FMS en assurant le maintien temporaire d'un peuplement mûr ou vieux, tout en permettant une récolte de bois.



Le scénario de coupe progressive à régénération rapide peut théoriquement comporter jusqu'à quatre interventions (Smith *et al.*, 1997) :

- la coupe préparatoire;
- la coupe d'ensemencement;
- la coupe secondaire;
- la coupe finale.

Le nombre et l'intensité des interventions sont fortement reliés à la productivité du site. Ainsi, à mesure que l'on progresse le long du gradient altitudinal de la réserve faunique des Laurentides, la productivité diminue, ce qui limite la fréquence des interventions. Parallèlement, la compétition végétale diminue, ce qui permet une intensité de prélèvement un peu plus forte. L'intensité ne devrait cependant pas dépasser 50 % lors d'une même intervention en raison du danger d'invasion par les plantes héliophiles d'une part, et pour prévenir une dégradation importante de l'habitat de certaines espèces pouvant représenter un enjeu faunique, d'autre part ; parmi ces espèces, citons notamment le caribou, l'orignal et son habitat d'hiver, la martre et certains oiseaux nicheurs (Vanderwel *et al.*, 2009; Rioux *et al.*, 2009). Par conséquent, en pratique, **le scénario se limite généralement à deux interventions** : la coupe partielle de régénération – qui correspond souvent à une coupe d'ensemencement – et la coupe finale – qui correspond à une CPRS ou une CPHRS selon l'état de la régénération.

La coupe préparatoire est assimilée à une éclaircie commerciale (voir fiche correspondante). Elle vise à améliorer la vigueur des futurs semenciers (Smith *et al.*, 1997; Nyland, 2002; OMNR, 2003) et à retirer les semenciers d'essences non désirées ainsi que les arbres de mauvaise qualité.

La coupe partielle de régénération (ou coupe d'ensemencement) vise à favoriser l'établissement de nouveaux semis et/ou améliorer la croissance et la survie des semis déjà présents, par l'augmentation de la pénétration de la lumière dans le peuplement (Nyland, 2002). Lorsque l'objectif de régénération comporte l'établissement de nouveaux semis, on parlera généralement d'une coupe d'ensemencement. Si l'objectif vise plutôt à favoriser la croissance d'une régénération déjà présente en grande quantité (voir fiche sur la régénération acquise), la coupe partielle peut alors être désignée comme une coupe de mise en lumière. La présence du couvert protecteur minimise les risques associés à une sensibilité au gel ou à la sécheresse chez les jeunes semis

(Matthews, 1989). Idéalement, elle doit être réalisée de manière à **dégager les plus beaux semenciers** des essences désirées, en contrôlant leur dispersion, et **créer les conditions propices à l'établissement de la régénération** en dosant le pourcentage de couverture du peuplement résiduel, tout en tenant compte de la compétition potentielle. Le fait de préserver les plus beaux semenciers participe également au maintien des attributs de vieilles forêts (arbres à valeur faunique, chicots et débris ligneux) résultant de tiges de grosse dimension.

Plusieurs éléments interviennent lorsqu'il s'agit de fixer les critères à retenir pour produire un peuplement résiduel qui réponde aux objectifs visés. Pour assurer l'établissement de la régénération, on devrait conserver 60 à 80 % de couvert résiduel pour ne favoriser que la régénération d'essences tolérantes à l'ombre comme le sapin baumier (OMNR, 1998). Un couvert résiduel de 50 à 60 % permet de régénérer à la fois les essences semi-tolérantes (épinette blanche*) et tolérantes à l'ombre, tout en contrôlant le développement des essences héliophiles. Soulignons cependant que l'ouverture du couvert aurait davantage un effet sur la croissance des semis de conifères que sur leur abondance (Greene *et al.*, 1999). Pour ce qui est de la surface terrière, on recommande un retrait de 40 à 50 % de la ST initiale pour la coupe d'ensemencement (MRNF, 2008). Par contre, la surface terrière ne devrait pas descendre en bas de 14 m²/ha si on vise à limiter l'invasion par le framboisier** (Dey et MacDonald, 2001 dans OMNR, 2003).

De façon générale, une intervention – même très légère – peut avoir des effets négatifs sur la biodiversité. Les effets négatifs sur les espèces de fin de succession sont proportionnels à l'intensité du prélèvement (voir la fiche sur les coupes partielles). De plus, pour de nombreuses espèces (par exemple la martre, le lynx ou les pics), la coupe partielle doit être accompagnée d'une rétention d'attributs de vieilles forêts – tels que de gros chicots et des arbres à cavités dont il faut assurer le recrutement – afin de produire un environnement susceptible de répondre à tous leurs besoins (Vanderwel *et al.*, 2009).

Il faut également tenir compte du risque de chablis, qui peut être plus important lorsque l'intensité de prélèvement est élevée. La modélisation du phénomène de chablis montre que la diminution de la résistance du peuplement au chablis serait proportionnelle au pourcentage de la surface terrière prélevé (Achim *et al.*, 2005). Les données empiriques pour évaluer de manière objective le risque de chablis relié aux coupes partielles sont toutefois peu nombreuses et limitées à une gamme réduite de conditions de terrain (Ruel *et al.*, 2003). De façon générale, on peut tout de même considérer

* L'épinette noire est considérée comme tolérante à l'ombre, bien que sa tolérance soit inférieure à celle du sapin, alors que l'épinette blanche est plutôt considérée comme semi-tolérante (Burns et Honkala, 1990).

** La densité minimale devrait être validée par station, pour chacun des « grands écosystèmes » de la RFL.

qu'un prélèvement axé sur les arbres de moindre vigueur permet de réduire ce risque.

Dans le cas où le scénario sylvicole prévoit une coupe avec rétention regroupée lors du prélèvement final, il faudra – lors du prélèvement partiel – assurer le maintien de bouquets denses qui seront des « bouquets candidats » pour la rétention prévue à la coupe finale.

Lorsque nécessaire, la coupe partielle peut inclure l'abattage des sources de semences d'essences non désirées et des arbres de mauvaise qualité. Cette mesure semble toutefois être d'une efficacité limitée dans le cas du peuplier, qui se reproduit végétativement par drageonnement. Le maintien d'au moins 50 % de la surface terrière permettrait de limiter la survie des drageons de peuplier (Prévost et Pothier, 2003). En pareils cas, il faut veiller à obtenir une régénération à standards rehaussés (voir la fiche sur la régénération acquise) avant d'envisager la coupe finale qui devrait alors correspondre à une CPHRS.

La perturbation du sol, par le passage de la machinerie forestière ou par scarifiage, est favorable à l'installation de la régénération en épinettes et en bouleau jaune (Belleau et Bergeron, 1998; Lussier *et al.*, 2006; Pothier et Prévost, 2008; Raymond *et al.*, 2000; Zarnovican, 2003). Synchroniser la perturbation du sol avec les bonnes années semencières n'est crucial que pour les essences dont la production de graines est irrégulière et/ou peu fréquente, comme l'épinette blanche (Zarnovican, 2003). Pour le sapin et l'épinette noire, ce ne semble pas un facteur limitant sauf lors des épidémies de tordeuses des bourgeons de l'épinette (TBE), puisque celles-ci altèrent significativement la production semencière de ces essences (Simard et Payette, 2005). Il est possible de favoriser le ratio des épinettes par rapport au sapin, grâce à la préparation de terrain par poquets, et ce, lorsqu'un mélange d'espèces est désiré. Le scarifiage par poquets permet notamment d'améliorer certains lits de germination peu favorables à l'établissement de la régénération résineuse (telle que la liitière feuillue) et de contrôler la compétition exercée par les plantes sous couvert qui limitent l'établissement de la régénération (comme l'érable à épis dans les sapinières riches ou les éricacées dans les pessières à éricacées). En principe, la taille des poquets devrait être restreinte de manière à assurer le mélange des substrats organiques et minéraux. Les sentiers de débardage sont aussi des sites privilégiés pour l'installation de la régénération lorsqu'il y a une certaine perturbation de sol (Lussier *et al.*, 2006; Pothier et Prévost, 2008). C'est pourquoi la préparation de plans rationnels de coupe mécanisée misera sur un déploiement judicieux des sentiers pour maximiser cet effet (Meek, 2006).

Il faut toutefois souligner que l'application de coupes de régénération de forte intensité peut empêcher l'assimilation du peuplement résiduel à une vieille forêt; en effet, un couvert résiduel minimal de l'ordre de 40 %* est requis pour être considéré comme

une vieille forêt (Déry et Leblanc, 2005).

En principe, la **coupe secondaire** vise à poursuivre l'installation des semis, là où il y a des déficiences, et à retirer les arbres qui font ombrage à la régénération, là où elle est présente en quantité suffisante. La coupe secondaire pourrait être envisagée dans des cas où l'intensité de prélèvement initiale aurait été légère. Cette avenue pourrait être explorée dans les stations particulièrement sujettes à l'enfeuillement où la libération progressive de la régénération résineuse viserait à mieux contrôler la compétition.

La **coupe finale** vise à fournir la pleine lumière au nouveau peuplement. Elle correspond soit à une CPRS, ou à une CPHRS si la régénération est plus haute. La coupe finale peut être assortie d'un maintien de legs biologiques (voir la fiche sur la coupe à rétention variable et celle sur le maintien de legs biologiques). Idéalement, cette intervention devrait avoir lieu lorsque la régénération a atteint en moyenne plus de 30 cm de hauteur, de manière à réduire la mortalité à la suite de la coupe (Ruel *et al.*, 1995) (voir la fiche sur la régénération acquise). A priori, une période de 10 à 15 ans est nécessaire pour atteindre ce seuil. De plus, il faut tenir compte de la croissance des essences désirées par rapport à celle de la compétition en fonction de la station; il faut en effet que la régénération atteigne une hauteur suffisante qui limitera le risque de voir la végétation compétitrice la supplanter. La hauteur de la régénération sera proportionnelle à l'intervalle de temps entre les interventions.

S'inspirer des perturbations naturelles

La dynamique naturelle des sapinières et pessières boréales est intimement liée aux épidémies périodiques de TBE (Morin, 1994). Lors d'épidémies, la mortalité directe attribuable à la TBE débute après 4-5 ans de défoliation et elle est généralement complétée après 10-12 ans (MacLean, 1980; Taylor et MacLean, 2005). Elle touche d'abord les arbres moins vigoureux (Lussier *et al.*, 2002). La mort de quelques arbres ouvre le couvert permettant ainsi au vent de pénétrer dans le peuplement. Il y a donc une interaction entre les trouées causées par la TBE et le vent. La mortalité suit un patron de distribution contagieuse (Baskerville et MacLean, 1979), ce qui accroît le risque de chablis. L'ouverture progressive du couvert favorise le développement des végétaux présents en sous-étage, incluant les semis préétablis. Lorsque ce processus s'opère dans un peuplement mûr dont la banque de semis est bien pourvue et développée, la mortalité sévère permet la constitution d'un peuplement de retour résineux dominé par le sapin (Baskerville, 1975). Par contre, dans les peuplements plus jeunes (âgés de 45 à 50 ans), une épidémie très sévère causant la mort du couvert entraîne le risque de voir la régénération résineuse présente supplantée par la compétition feuillue (Déry *et al.*, 2000). Cette situation résulterait d'une banque de régénération incomplète, sur le plan de la densité et du faible développement des semis; des microsites deviennent alors disponibles pour l'installation des espèces héliophiles compétitrices. Ce phénomène est plus

* Proportion convenant généralement aux sapinières et pouvant être nuancée en fonction des écosystèmes concernés

important dans les sites riches où la régénération préétablie est moins dense (Côté, 1989; Marchand, 1991; Déry *et al.*, 2000).

Entre les épidémies, les peuplements présenteraient des ouvertures, occupant environ 15 à 20 % de la superficie et associées à une dynamique par trouées résultant d'une mortalité par pied d'arbre. Lors des épidémies, les peuplements résineux subiraient une réduction additionnelle du couvert de 20 à 25 %, pour une ouverture totale variant entre 35 et 45 % (D'Aoust *et al.*, 2004).

La coupe progressive à régénération rapide peut être utilisée pour reproduire l'effet d'une épidémie sévère occasionnant le renouvellement du peuplement. De plus, elle permet une certaine récolte de bois tout en prolongeant le maintien d'un peuplement résiduel que l'on peut associer aux forêts mûres ou aux vieilles forêts (selon le stade atteint). Ce traitement peut donc s'inscrire dans le cadre d'une tactique générale d'aménagement visant la gestion des flux de bois en période critique.

Traitements préconisés à l'échelle du peuplement

Trois variantes de ce traitement sont traditionnellement reconnues : en plein (ou uniformes), par trouées et en lisières (ou par bandes).

Coupe progressive en plein : Le prélèvement est réparti de manière uniforme sur l'ensemble de la superficie. Ce patron convient généralement à un peuplement présentant un couvert continu continu – ou presque – et dont la production est axée sur les essences tolérantes ou semi-tolérantes.

Coupe progressive par trouées : Des ouvertures sont créées par la récolte de bouquets de quelques arbres disposés de façon à dégager des zones de régénération présentes*. Ce patron conviendrait particulièrement aux essences moins tolérantes à l'ombre comme l'épinette noire, qui nécessite un peu plus de lumière que le sapin baumier. Ce patron est aussi indiqué lorsqu'une répartition spatiale des tiges par bouquet est déjà présente ou souhaitée. La dimension des trouées doit être adaptée aux exigences des essences à régénérer (voir figure 1). Il est particulièrement important de limiter la taille des ouvertures dans les écosystèmes où il y a risque d'enfeuillement.

Coupe progressive par lisières : Ce patron peut être simplement perçu comme une coupe progressive où les trouées sont longilignes. Le prélèvement prévu aux différentes étapes du scénario est effectué dans des lisières juxtaposées, dont la largeur est inférieure au double de la hauteur des arbres (OIFQ, 1996).

Quelques notes supplémentaires

Dans tous les cas, l'ouverture du couvert devrait être dosée en fonction des exigences microclimatiques des essences à

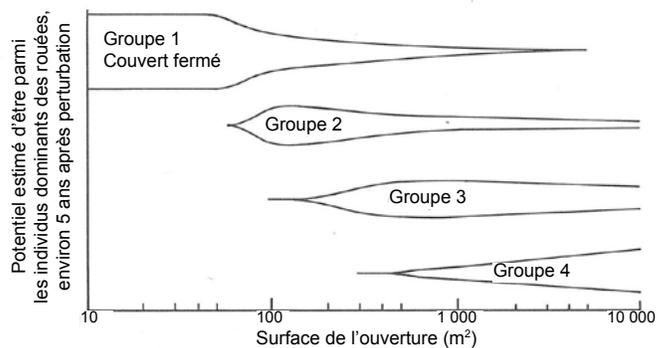


Figure 1 : Colonisation des groupes de tolérance d'espèces selon la taille des ouvertures du peuplement (adapté de Bormann et Likens, 1979)

régénérer, du niveau de développement de la régénération préétablie et du risque d'envahissement par la compétition. De plus, les interventions partielles devraient être réalisées de manière à **éviter l'écrémage** c'est-à-dire le retrait systématique des arbres ayant la plus grande valeur commerciale (OMNR, 2003). Ainsi, l'élaboration des règles de sélection pour l'abattage devrait tenir compte de l'état de la régénération. Dans les sites où il manque de semis, il convient de procéder à une coupe d'ensemencement; il s'agit alors de conserver les semenciers correspondant aux sujets de l'étage dominant ayant une cime bien développée. Compte tenu des enjeux identifiés dans la réserve faunique des Laurentides, il faudra porter une attention particulière aux épinettes et envisager l'opportunité d'associer la préparation de terrain au maintien des semenciers. Lorsque la régénération comporte déjà une forte densité de semis, mais que leur taille est insuffisante, une coupe de mise en lumière sera appropriée puisqu'elle accroîtra l'ensoleillement au sol. Le maintien de semenciers peut, dans ce cas, être circonscrit aux seules zones moins bien régénérées. Dans tous les cas, il faut s'assurer que le retrait des plus grosses tiges ne se fasse pas au détriment du maintien et de la formation d'attributs de vieilles forêts.

L'épinette blanche est identifiée comme une essence en raréfaction dans la réserve faunique des Laurentides. Cette espèce présente une production semencière irrégulière et atteint la maturité sexuelle à un âge plus avancé que le sapin. Par conséquent, il est recommandé de limiter le plus possible le prélèvement de l'épinette blanche lors des coupes partielles et d'assurer le maintien d'arbres de réserve lors des coupes finales, afin d'éviter la disparition locale de cette espèce.

Dans le cadre de l'aménagement écosystémique, la coupe progressive à régénération rapide devrait être modulée de manière à favoriser certaines caractéristiques constituantes de la complexité écologique, par :

* De manière plus fine, il y a lieu de distinguer la **récolte par groupes**, où la consigne consiste à couper les arbres en groupes de 2, 3 ou 4 tiges, sans spécifier la taille ou la forme de l'ouverture, de la **récolte par trouées**, où l'on définit explicitement la taille et la forme de la trouée (ex. trouée circulaire de 1 hauteur d'arbre de diamètre). Les deux modes de gestion diffèrent par les consignes d'abattage utilisées et par le contrôle opérationnel exercé.

1. La rétention d'attributs de vieilles forêts lors de la coupe partielle (voir la fiche sur les coupes partielles) et le maintien de legs biologiques lors de la coupe finale (voir la fiche sur le maintien de legs biologiques et celle sur la coupe à rétention variable);
2. L'ajout de quelques trouées et bouquets denses dans un traitement uniforme ou la réalisation de coupes partielles de régénération par groupes ou par lisières, de manière à assurer une certaine diversité de la structure verticale

et de la composition de la régénération. Rappelons que l'introduction d'une variabilité dans l'espacement entre les tiges est favorable à la faune, puisqu'elle permet d'offrir des clairières au microclimat plus chaud et plus sec ainsi que des bouquets denses qui constituent des sources de nourriture et un abri (Comité scientifique sur les enjeux de biodiversité, 2007).

3. La réalisation de la coupe finale à un âge dépassant celui de la maturité technique.

Maintien d'attributs de vieilles forêts : niveaux à associer aux coupes partielles (Déry et Leblanc, 2005).

ATTRIBUT	NIVEAU MINIMAL	SPÉCIFICATIONS
Gros arbres vivants	5 à 10 tiges/ha	Arbres de fort diamètre qui servent ou serviront d'arbres à valeur faunique
Gros chicots	10 à 15 tiges/ha	Conserver les plus gros chicots présents
Débris ligneux	5 m ³ /ha	Inclure des grosses pièces et répartir uniformément sur le parterre de coupe

Approche préconisée à l'échelle du paysage

Une disposition judicieuse des aires traitées en coupes progressives à régénération rapide peut favoriser la connectivité des forêts mûres et vieilles, jusqu'à ce que soit pratiquée la coupe finale.

Impacts sur les enjeux écosystémiques

ENJEU	IMPACTS DES COUPES PROGRESSIVES À RÉGÉNÉRATION RAPIDE
Raréfaction des forêts mûres et surannées	<u>Dans la mesure où le peuplement a atteint le stade mûr, que l'on assure le maintien des attributs de vieilles forêts (présence de chicots, d'attributs de vieilles forêts ainsi que de débris ligneux de grosse dimension et hétérogénéité structurale) et que le couvert résiduel est suffisant pour assurer le maintien d'une ambiance forestière (couvert minimal de l'ordre de 40 %),</u> permet de limiter la raréfaction des forêts mûres et vieilles pour une courte période de temps, jusqu'à la coupe finale
Inversion de la matrice *	<u>Dans la mesure où l'on assure le maintien d'une forêt ayant un couvert résiduel suffisant (couvert minimal de l'ordre de 40 %),</u> une planification spatiale adéquate des coupes partielles combinée aux autres dispositions permettant le maintien de forêts mûres et vieilles (ex. allongement des révolutions, aires protégées) peut contribuer à limiter la taille des blocs de jeunes peuplements agglomérés
Uniformisation des structures horizontale et verticale des peuplements	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Dans la mesure où le prélèvement est effectué de manière à assurer la présence de trouées et de bouquets denses,</u> la coupe progressive à régénération rapide peut favoriser une diversification de la structure horizontale • La coupe partielle permet le développement d'une structure verticale qui <u>pourra être maintenue dans une certaine mesure, si la coupe finale comporte de la rétention</u>
Raréfaction du bois mort dans les forêts aménagées	<u>Dans la mesure où les différentes interventions comportent des mesures de rétention,</u> assure la présence d'attributs de vieilles forêts, de chicots et de débris ligneux
Enfeuillage	Un dosage adéquat de l'ouverture lors de la coupe partielle permet de limiter l'établissement de feuillus intolérants

* Disparition de la dominance des forêts mûres et surannées au profit d'une surabondance des jeunes peuplements agglomérés

Raréfaction des attributs de composition de la sapinière à bouleau jaune: essences visées BOJ, PRU, PIB	<p><u>Dans la mesure où les semenciers des essences visées sont présents et maintenus sur pied :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • permet de bénéficier d'une période de production semencière accrue, favorisant l'établissement de la régénération de ces essences • la perturbation du sol (par poquets) pourrait favoriser l'établissement de la régénération (BOJ, PRU, PIB)
Raréfaction de l'épinette blanche dans les sapinières à bouleau blanc	<p><u>Dans la mesure où les EPB sont présentes et maintenues sur pied jusqu'à la coupe finale :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • permet de bénéficier d'une période de production semencière accrue, favorisant l'établissement de la régénération de ces essences • l'établissement de la régénération d'EPB requiert la présence de bons lits de germination que constituent le bois mort et le sol minéral (Burns et Honkala, 1990; OMNR, 2003) : la protection des débris ligneux en décomposition et/ou la perturbation du sol (par poquets) lors des bonnes années semencières sont indiquées
Maintien de la qualité de l'habitat aquatique / Modification du régime hydrologique	Le maintien d'un couvert résiduel pendant un certain temps peut contribuer à limiter l'aire équivalente de coupe par bassin versant et, ainsi, à contrôler les débits de pointe
Le caribou forestier de Charlevoix	Les coupes partielles de la coupe progressive permettent le maintien d'une portion du paysage en forêts mûres et vieilles (à court terme)
Régénération et succession naturelle des peuplements	<p><u>Dans la mesure où la régénération résineuse est déjà présente en quantité suffisante – ou presque,</u> la coupe progressive provoque une mise en lumière qui favorise le développement de la régénération résineuse préétablie</p> <p><i>DANGER : si la coupe partielle ne maintient pas assez de semenciers alors que la régénération résineuse est nettement insuffisante, il y a risque de favoriser l'enfeuillement, surtout si l'intensité de prélèvement est élevée</i></p>
Approvisionnement en quantité	Peut assurer un approvisionnement en matière ligneuse en période de rupture de stock, tout en conservant des peuplements renfermant certains attributs de vieilles forêts
Approvisionnement en qualité	<ul style="list-style-type: none"> • Peut favoriser l'obtention de gros bois à maturité • <u>Dans la mesure où la sélection des tiges favorise le maintien des meilleurs sujets,</u> peut permettre une amélioration de la qualité des bois qui seront récoltés lors de la coupe finale
Coûts d'approvisionnement de la matière ligneuse	Les coupes partielles préalables à la récolte finale entraînent une augmentation des coûts à court terme, mais elles peuvent limiter le besoin d'avoir recours aux mesures d'assistance à la régénération, ce qui aura un effet positif sur les coûts à moyen terme
Problématique des forêts denses et peu productives	<u>Dans la mesure où ces peuplements abritent une régénération résineuse de petite taille,</u> l'ouverture du couvert favorisera la survie de ces semis
Qualité visuelle des paysages	Réduit la durée de la période pendant laquelle la dominance du stade de régénération affecte la qualité du paysage

Impacts sur la production ligneuse

- Représente un des moyens pour gérer plus efficacement le flux de bois, et potentiellement combler les besoins de bois pendant la période critique (Jamnick *et al.*, 1994; Lussier *et al.*, 2008).
- En théorie, le traitement en coupe progressive peut permettre de devancer la récolte du futur peuplement grâce au chevauchement d'une révolution sur l'autre (OIFQ, 1996). En pratique cependant, le gain de temps dépend de la hauteur de la régénération au moment de la coupe finale (Lussier *et al.*, 2002; Pothier *et al.*, 1995) et ce gain serait négligeable, sauf si la coupe partielle de régénération produit une régénération haute (Hmoy > 2m).

Impacts sur les coûts

- L'impact de l'application massive du régime de coupe progressive sur la dispersion des coupes n'a pas été documenté. *A priori*, la coupe progressive n'induit pas nécessairement d'augmentation de la dispersion des coupes si son déploiement s'effectue simultanément avec les autres interventions de récolte.
- L'application des coupes progressives nécessite le retour sur les sites sur des intervalles de temps plus longs, ce qui implique l'entretien d'un réseau de chemins plus étendu pour un même volume de récolte à l'échelle de l'UAF. Certaines avenues de solution sont à examiner pour atténuer cet impact,

comme l'allongement des distances de débardage et le recours accru aux chemins d'hiver pour la coupe partielle de régénération.

- En contrepartie, la réussite des coupes progressives permettrait, en principe, de réduire certains coûts sylvicoles en limitant le recours aux mesures d'assistance à la régénération (plantation et regarni) et aux dégagements récurrents.
- Le coût direct de la coupe partielle de régénération varie en fonction du volume prélevé et de la taille moyenne des arbres récoltés (voir la fiche sur les coupes partielles).

Risques et contraintes des solutions proposées

- **Risque de chablis** : Il est reconnu que le risque de chablis augmente avec l'ouverture du peuplement en raison d'une plus grande pénétration du vent et de la diminution du support mutuel des tiges (Cremer *et al.*, 1982; Savill 1983). Les modèles indiquent que la diminution de la résistance du peuplement au chablis serait proportionnelle au pourcentage de la surface terrière récoltée (Achim *et al.*, 2005). Malgré la hausse du risque, inévitable à la suite de la coupe partielle, l'expérience acquise dans les écosystèmes similaires à ceux de la réserve faunique des Laurentides démontre que les peuplements éclaircis ne sont pas systématiquement touchés par le chablis (Ruel *et al.*, 2003).

Outre les caractéristiques du peuplement, les caractéristiques de la station, l'exposition au vent selon la topographie ainsi que la taille des ouvertures qui jouxtent le peuplement peuvent influencer le risque de chablis (Elie et Ruel, 2005; Larouche *et al.*, 2007; Robichaud et Methven, 1993; Ruel *et al.*, 2003). Le risque est aussi plus élevé lorsque ces ouvertures sont récentes. Plusieurs méthodes ont été proposées pour réduire le risque de chablis, comme le maintien des arbres les plus stables (Smith *et al.*, 1997), la formation de bordures de peuplements constituant un obstacle qui soit le moins vertical possible (Norris *et al.*, 2008), ou la réalisation de sentiers de débardage non rectilignes. Cependant, l'efficacité réelle de ces méthodes sous nos conditions climatiques n'a pas été documentée. Une mesure de base consisterait à éviter de placer des coupes partielles en aval – par rapport aux vents dominants – de zones récemment dénudées par des coupes totales.

Par ailleurs, le risque de chablis est moindre dans un peuplement bisétagé, par rapport à un peuplement ayant un étage dominant identique, mais sans sous-étage (Gardiner *et*

al., 2005; Wellpott, 2008). La présence d'une végétation de sous-étage limite le passage du vent sous le couvert, ce qui facilite la dissipation de l'énergie induite par le vent aux cimes des arbres de l'étage dominant. Ainsi, le risque de chablis associé à une coupe de mise en lumière pourrait être inférieur à celui associé à une coupe d'ensemencement.

- **Risque de dommages aux semenciers et aux semis** : L'emploi d'équipements adéquats, la formation des opérateurs et l'application d'un contrôle opérationnel permettent de réduire grandement ce risque.
- **Incertitude face à la tordeuse des bourgeons de l'épinette** : Dans un contexte où une épidémie de TBE serait imminente, on ignore quel sera l'effet combiné d'une récolte partielle à fort niveau de prélèvement et de la défoliation et la mortalité causées par la TBE, en ce qui a trait à l'enjeu d'enfeuillage.
- **Risque d'écrémage** : Les règles de sélection des tiges doivent être articulées de façon à prévenir l'écrémage (élimination systématique des meilleurs sujets ou des individus d'une espèce en particulier). L'objectif des coupes progressives est d'assurer le maintien des plus beaux semenciers, ceux-ci ne doivent donc pas faire systématiquement partie des tiges récoltées dans les coupes partielles, lorsque la régénération est insuffisante. De plus, en retirant les sujets bénéficiant du meilleur ancrage, l'écrémage accentue le risque de chablis, il provoque également l'élimination des meilleures combinaisons génétiques et retarde la formation de semenciers de grosse dimension (Smith *et al.*, 1997) ainsi que des attributs de vieilles forêts.

État des connaissances et expérience acquise

Dans la pratique, le traitement par coupes progressives est plutôt marginal au Québec et dans l'est du Canada. L'application de ce scénario sylvicole en est encore au stade expérimental. Cependant, plusieurs dispositifs expérimentaux fournissent certaines informations sur la réponse des peuplements à court et moyen terme, notamment en ce qui concerne la croissance des tiges résiduelles, le développement de la régénération et les incidences sur le chablis. De plus, des travaux de recherche menés par FPInnovations-FERIC au cours des dix dernières années ont permis de développer des méthodes de travail adaptées aux opérations mécanisées, dont la productivité et les coûts ont été documentés (Meek et Cormier, 2004; Meek, 2006; Meek et Lussier, 2008).

La coupe progressive rapide avec sélection soit rapprochée, soit distante

Ce type d'intervention constitue une adaptation de la coupe progressive en plein. Il s'agit alors de sélectionner les tiges à récolter en fonction de l'état de la régénération, de la taille des arbres et/ou de leur vigueur. Lorsque le peuplement est vigoureux dans l'ensemble et que l'intervalle avant la coupe finale est court (< 20 ans), il est judicieux de récolter la tige moyenne au lieu de cibler les tiges opprimées. Lorsque la vigueur des arbres varie fortement au sein du peuplement et/ou que l'intervalle entre les interventions est long, il est préférable de récolter en priorité les tiges de faible vigueur (arbres penchés, cimes courtes, cimes claires, etc.)

La sélection rapprochée et la sélection distante sont deux variantes possibles (Meek, 2006). Dans le cas de la sélection rapprochée, on pose l'hypothèse que la récolte préférentielle du tiers des tiges les plus grosses situées près du sentier aurait peu d'impact sur la qualité moyenne des semenciers, puisque le peuplement est

laissé intact sur au moins 25 % de sa superficie. En contrepartie, la sélection des plus grosses tiges a un impact significatif sur le coût de l'intervention et sur la capacité financière en cas d'utilisation à grande échelle. Les travaux de recherche en cours portent sur l'application d'autres règles de sélection des tiges, notamment en fonction de la vigueur des arbres.

La méthode de coupes progressives avec sélection rapprochée est plus polyvalente que celle avec sélection distante. Cette dernière, bien qu'elle offre un couvert résiduel accru, présente plusieurs désavantages :

- elle est plus coûteuse;
- elle est difficilement applicable lorsque la pente est forte et/ou que la rugosité est élevée;
- elle offre moins de possibilités d'amélioration de la vigueur en raison d'une capacité plus limitée de sélection des tiges;
- le scarifiage mécanisé sous couvert est moins efficace.



- Établissement de sentiers aux 20 m
- Coupe partielle sélective sur une bande étroite de 5 m de part et d'autre de l'abatteuse (règles de sélection à déterminer)
- Une bande de 5 m est laissée intacte dans le milieu de l'intersentier
- Scarifiage réalisé dans les bandes coupées partiellement



- Établissement de sentiers aux 30 m
- Coupe partielle sélective entre les sentiers (règles de sélection à déterminer)
- Une bande de 5 m est laissée intacte dans le milieu de l'intersentier
- Scarifiage réalisé dans les bandes coupées partiellement

Figure 2 : Schémas de la première intervention des coupes progressives rapides avec sélection rapprochée et avec sélection distante (Meek, 2006)

La coupe progressive en demi-lunes

Cette méthode représente une adaptation de la coupe progressive par trouées qui convient aux peuplements d'épinettes-sapins (ES); le prélèvement est alors concentré dans les sentiers et les demi-lunes disposées de part et d'autre du sentier (voir figure 3). L'ensemble des aires récoltées lors du premier passage fait ensuite l'objet d'une préparation de terrain dans le but de favoriser

l'établissement d'une régénération d'épinette noire. Le prélèvement complet réalisé dans les demi-lunes et les sentiers minimise les blessures aux tiges résiduelles lors de la préparation de terrain (la préparation s'approche jusqu'à un mètre des tiges résiduelles), tout en offrant de meilleures conditions lumineuses aux semis d'épinette noire dans les trouées créées par les demi-lunes.

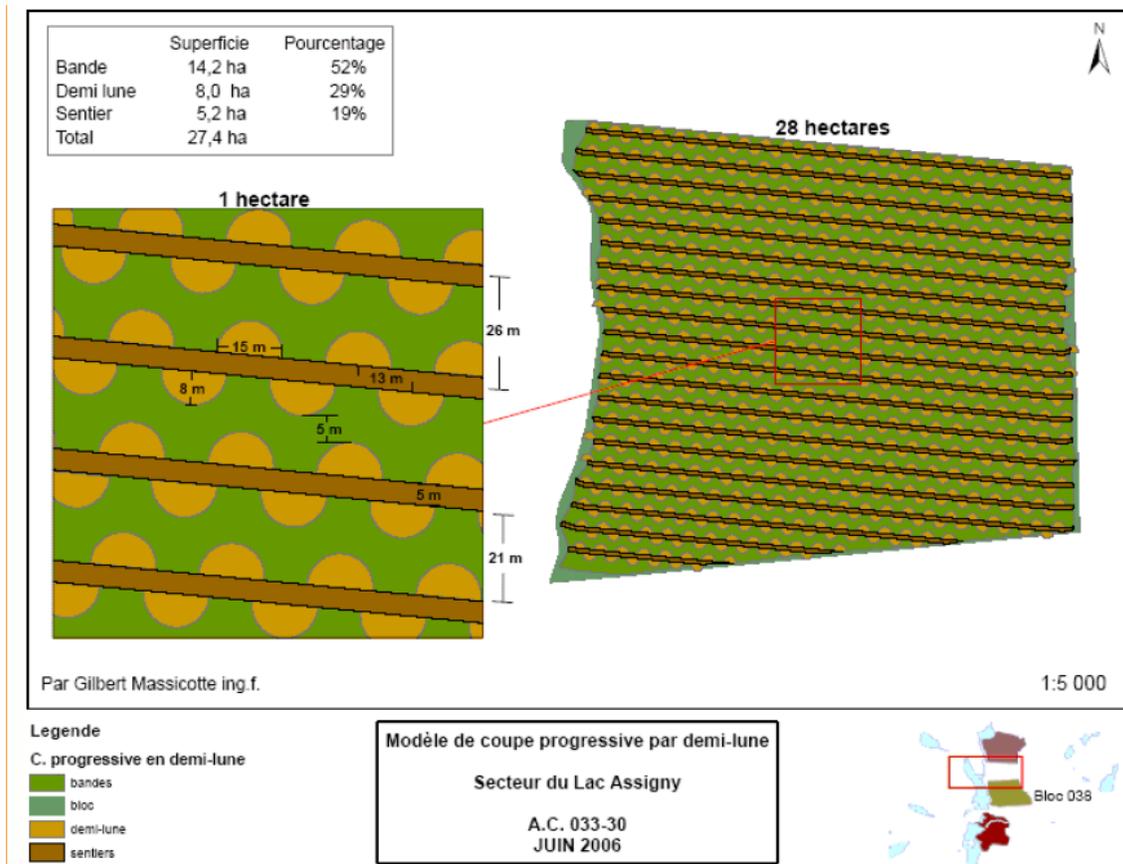


Figure 3 : Schéma de la première intervention de la coupe progressive rapide en demi-lunes (G. Massicotte*, comm. pers.)

La coupe progressive par minibandes

est en fait une adaptation de la coupe progressive rapide par lisières. Il s'agit d'un traitement à deux interventions, réalisées en alternance dans des minibandes d'une largeur de 5 à 10 m pour assurer un ombrage suffisant (Meek, 2006).

Plusieurs dispositifs de coupes progressives ont été établis au Québec au cours des 20 dernières années. Voici quelques exemples. Tout d'abord, un dispositif établi à la forêt Montmorency a comparé différents patrons de coupe partielle de régénération de faible intensité (25 %), accompagnés d'interventions de scarifiage et d'ensemencement d'épinette blanche sous couvert, dans une sapinière riche âgée de 50 ans (Raymond *et al.*, 2000; Ruel *et al.*, 2003). Les autres dispositifs documentés dans la littérature se situent ailleurs au Québec : certains dans le Bas St-Laurent (Belleau et Bergeron, 1998; Zarnovican, 2003; Zarnovican *et al.*, 2001), d'autres au Saguenay (Lussier *et al.*, 2006). Le



- Établissement de sentiers aux 10 m
- Coupe totale dans les sentiers
- Une bande de 5 m est laissée intacte dans le milieu de l'intersentier
- Scarifiage réalisé dans les bandes coupées

Figure 4 : Schéma de la première intervention de la coupe progressive rapide par minibandes (Meek, 2006)

* Gilbert Massicotte, ing.f., Produits Forestiers Saguenay

CERFO a également implanté des dispositifs expérimentaux visant à comparer différents traitements sylvicoles, dont la coupe progressive, mais principalement dans la sapinière à bouleau jaune*. De son côté, la Direction de la recherche forestière du MRNF a installé de nombreux dispositifs, dont un porte sur la coupe progressive d'ensemencement en forêt résineuse**.

Besoin de connaissances

L'acquisition de connaissances doit permettre de répondre à deux grands objectifs : adapter le traitement (intensité de prélèvement et mode d'intervention) aux conditions des sites et mieux connaître ses effets, tant sur la végétation que sur les espèces en général. Étant donné l'importance déterminante des conditions écologiques, les évaluations devraient être faites par « grand écosystème » et par station (regroupement de types écologiques).

En matière de traitement, il faudrait préciser les paramètres suivants en fonction des conditions des sites et des caractéristiques des peuplements :

- intensité de prélèvement;
- type d'intervention (en plein, par trouées ou par lisières);
- variante opérationnelle;
- règles de sélection utilisées, selon le but spécifique de la coupe partielle (ensemencement et mise en lumière).

Parallèlement, on devrait mesurer les effets du prélèvement et des paramètres retenus, en tenant également compte des attributs de vieilles forêts maintenus lors des différentes interventions.

Les effets sur la végétation qu'il faudrait évaluer concernent principalement :

- la régénération (composition incluant les essences compétitrices, densité par essence et par classe de hauteur, pourcentage d'occupation du sous-étage par la régénération en essences désirées, croissance en hauteur);
- le cortège floristique (composition et abondance relative);
- le peuplement résiduel (croissance, mortalité, chablis).

L'évaluation des effets sur la biodiversité devrait porter à la fois sur la faune, les plantes vasculaires, les insectes et les champignons. Il convient à cet effet, de déterminer préalablement les espèces parapluies et les espèces clés à considérer.

Des dispositifs expérimentaux permettant d'identifier les interactions possibles entre les intensités de prélèvement, la fréquence des prélèvements et les effets du traitement seraient particulièrement utiles.

Les autres aspects à évaluer touchent l'effet des interventions et, notamment, des règles de sélection sur la diversité génétique ainsi que sur la représentativité des essences en régression (épinette blanche dans toute la réserve faunique des Laurentides, ainsi que thuya dans l'écosystème no 1). Il serait également important de mieux documenter, les aspects relatifs à la productivité, aux coûts et bénéfices escomptés des différentes méthodes et à la fenêtre pour les opportunités économiques.

* <http://publications.cerfo.qc.ca/>

** <http://www.mmf.gouv.qc.ca/publications/enligne/forets/activites-recherche/projets/description.asp?numero=70>

Références

- Achim, A., J.C. Ruel, et B.A. Gardiner, 2005. Evaluating the effect of precommercial thinning on the resistance of balsam fir to windthrow through experimentation, modelling, and development of simple indices. *Journal Canadien de la Recherche Forestière*, 35: 1844-1853.
- Baskerville, G.L., 1975. Spruce budworm : super silviculturist. *Forestry Chronicle*, 51: 38-140.
- Baskerville, G.L. et D.A. MacLean, 1979. Budworm-caused mortality and 20-year recovery in immature balsam fir stands. *Cent. Rech. for. Maritimes, Rapp. Inf. M-X-102*, 23 p.
- Belleau, P. et F. Bergeron, 1998. Expérimentation de la coupe progressive d'ensemencement en forêt publique dans la sapinière pure de forte densité. Rapport EETTF, Service canadien des forêts, Centre de foresterie des Laurentides, projet no 1041, 60 p.
- Belle-Isle, J. et D. Kneeshaw. 2007. A stand and landscape comparison of the effects of a spruce budworm (*Choristoneura fumiferana* (Clem.)) outbreak to the combined effects of harvesting and thinning on forest structure, *For. Ecol. Manage.*, 246: 163-174.
- Bormann, F.H. et G.E. Likens, 1979. Pattern and process in a forested ecosystem : disturbance, development and the steady state based on the Hubbard Brook ecosystem study. Springer-Verlag, New York, 253 p.
- Burns, R.M. et B.H. Honkala, tech. coords., 1990. *Silvics of North America: 1. Conifers; 2. Hardwoods. Agriculture Handbook 654*, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Washington, D.C., vol. 2, 877 p.
- Comité scientifique sur les enjeux de biodiversité, 2007. Enjeux de biodiversité de l'aménagement écosystémique dans la réserve faunique des Laurentides. Rapport préliminaire du comité scientifique, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec (Québec), viii + 118 p. + annexes.
- Côté, S., 1989. Caractérisation de la régénération préétablie dans les sapinières boréales en fonction de leur situation écologique. Mémoire de maîtrise, Université Laval, Québec, Québec, 83 p.
- Cremer, K.W., C.J. Borough, F.H. Mckinnel et P.P. Carter, 1982. Effects of stocking and thinning on wind damage in plantations. *N.Z. J. For. Sci.* 12: 245-268.
- D'Aoust, V., D. Kneeshaw et Y. Bergeron, 2004. Characterization of canopy openness before and after a spruce budworm outbreak in the southern boreal forest. *Can. J. For. Res.*, 34: 339-352.
- Déry, S. et M. Leblanc, 2005. Lignes directrices pour l'utilisation des pratiques sylvicoles adaptées dans le cadre de la mise en oeuvre de l'objectif 4. Québec, gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de l'environnement forestier, 13 p.
- Déry, S., L. Bélanger, S. Marchand et S. Côté, 2000. Succession après épidémie de la tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana*) dans les sapinières boréales pluviales de seconde venue. *Can. J. For. Res.*, 30 : 801-816.
- Elie, J.G. et J.C. Ruel, 2005. Windthrow hazard modelling in boreal forests of black spruce and jack pine. *Can. J. For. Res.*, 35 (11): 2655-2663.
- Gardiner, B.A., B. Marshall, A. Achim, R. Belcher et C. Wood, 2005. The stability of different silvicultural systems: a wind tunnel investigation. *Forestry*, 78 (5): 471-484.
- Greene, D.F., J.C. Zasada, L. Sirois, D. Kneeshaw, H. Morin, I. Charron et M.-J. Simard, 1999. A review of the regeneration dynamics of North American boreal forest tree species. *Can. J. For. Res.*, 29: 824-839.
- Jamnick, M., T. Needham et M. Bateman, 1994. Commercial thinning to provide harvest stability to forests with an unbalanced age class distribution. *Forestry Chronicle*, 70 (3): 299-303.
- Larouche, C., J.-C. Ruel et L. Bélanger, 2007. L'effet du patron de répartition des coupes sur les pertes par chablis : le cas de la sapinière à bouleau blanc de l'Est. *Forestry Chronicle*, 83 : 84-91.

- Leblanc M. et L. Bélanger, 2000. La sapinière vierge de la Forêt Montmorency et de sa région : une forêt boréale distincte. Mémoire de recherche no 136, Direction de la recherche forestière, ministère des Ressources naturelles, Québec, Québec, 91 p.
- Lussier, J.M., P. Meek, M. Côté, C.H. Ung, D.E. Swift et I. Duchesne, 2008. Partial harvest tactics to improve sustained wood supply under an even-aged forest management regime. *For. Ecol. Manage.* Manuscript.
- Lussier, J.M., H. Morin et R. Gagnon, 2002. Évolution de la structure diamétrale et production ligneuse des pessières noires issues de coupe et de feu. *Can. J. For. Res.*, 32 (3) : 526-538.
- Lussier, J.M., E. Therrien, H. Morin et P. Meek, 2006. Développement de systèmes de coupes progressives adaptées aux pessières noires régulières. *Dans Forum de transfert sur l'aménagement et l'environnement forestiers. Édité par Action concertée Fonds Nature et Technologies - Fonds Forestier, (2e et 3e concours), Québec, Québec.*
- MacLean, D.A., 1980. Vulnerability of fir-spruce stands during uncontrolled spruce budworm outbreaks : a review and discussion. *Forestry Chronicle*, 56 (5): 213-221.
- Marchand, S., 1991. Dynamique de la régénération naturelle de jeunes sapinières boréales du centre du Québec. Mémoire de maîtrise, Université Laval, Québec, Québec, 79 p.
- Matthews, J.D., 1989. *Silvicultural systems*. Oxford University Press, 284 p.
- Meek, P. 2006. Essais de différents agencements de sentiers adaptés à la coupe progressive. *FPIInnovations/FERIC. Avantage*, vol. 7, no 8.
- Meek, P. et D. Cormier, 2004. Études de premières interventions d'un système de coupes progressives. *FPIInnovations/FERIC. Avantage*, vol. 5, no 43.
- Meek, P. et J.-M. Lussier, 2008. Essais de coupes partielles de forêts hétérogènes par l'approche multitraitement. *FPIInnovations-Feric, Avantage*, vol. 10, no 2, 16 p.
- Morin, H., 1994. Dynamics of balsam fir forests in relation to spruce budworm outbreaks in the boreal zone, Quebec. *Can. J. For. Res.*, 24: 730-741.
- MRNF, 2008. Instructions relatives à l'application de l'arrêté ministériel sur la valeur des traitements sylvicoles admissibles en paiement des droits : exercice financier 2008-2009. Québec, gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de l'aménagement des forêts publiques et privées, 121 p.
- Norris, J.E., A. Stokes, S.B. Mickovski, E. Cammeraat, R. van Beek, B.C. Nicoll et A. Achim, 2008. *Slope stability and erosion control: Ecotechnological solutions*. Springer, The Netherlands, 287 p.
- Nyland, R.D., 2002. *Silviculture. Concepts and applications*. 2nd edition. Waveland Press, Long Grove, IL, USA, 682 p.
- OIFQ, 1996. *Manuel de foresterie*. Les presses de l'Université Laval, Québec, Québec, 1428 p.
- OMNR, 1998. *A silvicultural guide for the tolerant hardwood forest in Ontario*. Ont. Min. Nat. Resour., Queen's Printer for Ontario, Toronto, 500 p.
En ligne (09/2009): <http://www.web2.mnr.gov.on.ca/mnr/forests/forestdoc/guidelines/hrdwd/pdf/cover.pdf>
- OMNR, 2003. *Silviculture guide to managing spruce, fir, birch, and aspen mixedwoods in Ontario's boreal forest*. Version 1.0. Ontario Ministry of Natural Resources, Queen's Printer for Ontario, 392 p.
En ligne (08/2009) : http://www.mnr.gov.on.ca/en/Business/Forests/Publication/MNR_E000352P.html
- Pothier, D., R. Doucet et J. Boily, 1995. The effect of advance regeneration height on future yield of black spruce stands. *Can. J. For. Res.*, 25: 536-544.
- Pothier, D. et M. Prévost, 2008. Regeneration development under shelterwoods in a lowland red spruce–balsam fir stand. *Can. J. For. Res.*, 38: 31-39.

- Prévost, M. et D. Pothier. 2003. Partial cuts in a trembling aspen–conifer stand : effects on microenvironmental conditions and regeneration dynamics. *Can. J. For. Res.*, 33: 1-15.
- Raymond, P., S. Bédard, V. Roy, C. Larouche et S. Tremblay, 2009. The irregular shelterwood system : review, classification, and potentiel application to forests affected by partial disturbances. Accepted. *Journal of Forestry*.
- Raymond, P., J.C. Ruel et M. Pineau, 2000. Effet d'une coupe d'ensemencement et du milieu de germination sur la régénération des sapinières boréales riches de seconde venue du Québec. *Forestry Chronicle*, 76 (4) : 643-652.
- Rioux, J., J.-F. Poulin et B. Drolet. 2009. Portrait des enjeux d'oiseaux de l'aménagement écosystémique dans la réserve faunique des Laurentides. Étude réalisée par GENIVAR pour Environnement Canada dans le cadre du projet pilote du ministère des Ressources naturelles et de la Faune, 180 pages + annexes.
- Robichaud, E. et I.R. Methven, 1993. The effect of site quality on the timing of stand breakup, tree longevity, and the maximum attainable height of black spruce. *Can. J. For. Res.*, 23: 1514-1519.
- Ruel, J.-C., R. Doucet et J. Boily, 1995. Mortality of balsam fir and black spruce advance growth 3 years after clear-cutting. *Can. J. For. Res.*, 25 (9): 1528-1537.
- Ruel, J.-C., P. Raymond et M. Pineau, 2003. Windthrow after shelterwood cutting in balsam fir stands. *Northern Journal of Applied Forestry*, 20 (1): 5-13.
- Savill, P.S., 1983. Silviculture in windy climate. *For. Abstr.*, 44: 473–488.
- Simard, M., et Payette, S. 2005. Reduction of black spruce seed bank by spruce budworm infestation compromises postfire stand regeneration. *Can. J. For. Res.*, 35 (7): 1686-1696.
- Smith, D.M., B.C. Larson, M.J. Kelty et P.M.S. Ashton, 1997. *The practice of silviculture. Applied forest ecology*, 9th ed., John Wiley & Sons, New York, NY, 537 p.
- Taylor S.L. et D.A. MacLean, 2005. Rate and causes of decline of mature and overmature balsam fir and spruce stands in New Brunswick, Canada. *Can. J. For. Res.*, 35: 2479-2490.
- Vanderwel, M.C., S.C. Mills et J.R. Malcom, 2009. Effects of partial harvesting on vertebrate species associated with late-successional forests in Ontario's boreal region. *The Forestry Chronicle*, vol. 85, no 1, pp. 91-104.
- Wellpott, A., 2008. The stability of continuous cover forests. PhD thesis, University of Edinburgh, UK.
- Zarnovican, R., 2003. Effet de la production semencière et de la scarification du sol sur la régénération naturelle d'une sapinière de seconde venue du Bas-Saint-Laurent. *Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Centre de foresterie des Laurentides, Québec, Québec, rapport d'information LAU-X-127*, 17 p.
- Zarnovican, R., J.M Lussier et C. Laberge, 2001. Preliminary felling and basal area increment of second-growth balsam fir in the Bas-Saint-Laurent model forest, Quebec. *Forestry Chronicle*, 77 (4): 685-695.

On peut citer ce document en tout ou en partie, en indiquant la référence suivante

Comité d'experts sur les solutions, 2009. *Projet de développement d'une approche d'aménagement écosystémique dans la réserve faunique des Laurentides. Fiches techniques - Coupe progressive à régénération rapide*. Québec.



Type de solution

- √ Grand axe
- Régime/Scénario sylvicole
- Pratique/Intervention sylvicole

Types d'enjeux concernés

Principaux :

- Organisation spatiale**
- Stades de développement**
- Structure des peuplements**
- Composition**
- Aménagement forestier**

Complémentaires :

- Bois mort
- Encadrement visuel
- Milieux aquatiques
- Filtre fin

Objectif

Reproduire la **variabilité structurale** des forêts préindustrielles.

Définition

Diversifier les scénarios sylvicoles de manière à obtenir une variabilité quant à la *structure des peuplements*. Pour ce faire, élaborer une stratégie d'aménagement intégrant les différents régimes de futaie : régulière, irrégulière et jardinée.

Problématique

La structure des forêts préindustrielles était façonnée par le régime de perturbations naturelles qui avait cours sur le territoire. Dans la sapinière, ces perturbations sont le fait de la tordeuse des bourgeons de l'épinette (TBE) et du vent; dans la pessière, le feu constitue le principal agent déterminant le régime de perturbations. La forêt résultante présentait une diversité structurale qui a été considérablement réduite à la suite de l'application unilatérale d'une stratégie d'aménagement axée essentiellement sur la constitution de peuplements réguliers sur de courtes révolutions.

Solutions

- Utiliser les différents régimes sylvicoles de la futaie (régulière, irrégulière ou jardinée) de façon à reproduire la variabilité structurale résultant du régime de perturbation(s) naturelle(s). **Il convient donc de promouvoir l'adoption des régimes favorables au maintien, ainsi qu'à la formation, de forêts de structures irrégulières et jardinées.**
- Dans chacun des régimes, les scénarios sylvicoles et les modalités peuvent être ajustés de façon à répondre aux enjeux propres au territoire.

Approche préconisée à l'échelle du peuplement

- Orienter prioritairement les peuplements présentant déjà une structure irrégulière ou jardinée vers ces régimes.
- Profiter le plus possible de la différenciation structurale existante au sein du peuplement – combinée à la présence d'essences longévives (épinettes) – pour identifier les peuplements à orienter vers les régimes de la futaie jardinée et irrégulière.
- Adapter le scénario sylvicole ainsi que les modalités de façon à intégrer les enjeux territoriaux à caractère ponctuel.

Approche préconisée à l'échelle du paysage

- La proportion de superficie à orienter vers les différents régimes s'établit au moment de la stratégie d'aménagement, en se basant sur la variabilité structurale naturelle caractéristique des forêts préindustrielles.
- L'utilisation du régime jardiné permet d'assurer le maintien d'un couvert forestier **mature** permanent.
- Il est possible de fixer les paramètres des scénarios sylvicoles en futaie irrégulière de façon à maintenir un couvert permanent d'une hauteur minimale susceptible de rencontrer certaines exigences biologiques (ex. : au moins 7 m), tout en prévoyant le maintien de vétérans.
- La localisation judicieuse des peuplements orientés vers une structure jardinée ou irrégulière peut favoriser la connectivité des forêts mûres et vieilles* et contribuer à réduire l'impact négatif de la CPRS sur la qualité visuelle du paysage.

* L'enjeu identifié initialement était la disparition des forêts « mûres et surannées ». L'évolution de la réflexion sur les indicateurs de performance écosystémique a amené à distinguer les forêts surannées qui sont maintenant désignées comme « vieilles forêts ».

Conditions d'application pour la diversification des régimes sylvicoles

De façon générale, le choix d'un régime irrégulier ou jardiné convient mieux aux peuplements présentant déjà ces structures. Pour la réserve faunique des Laurentides, ce choix devrait être privilégié pour les peuplements comportant une certaine proportion d'épinettes, car leur longévité favorise le maintien d'un couvert forestier. Par ailleurs, l'utilisation de ces régimes offre l'occasion d'adapter la révolution pour l'épinette blanche –révolution qui ne devrait pas être assimilée à celle du sapin – afin de contrer sa raréfaction.

CRITÈRE	CONDITIONS PROPICES À L'ADOPTION DES DIFFÉRENTS RÉGIMES SYLVICOLES		
	Futaie jardinée	Futaie irrégulière	Futaie régulière
Structure du peuplement	Jardinée ou irrégulière	Irrégulière, étagée, ou régulière avec présence suffisante d'essences longévives	Régulière
Stades évolutifs	Dominance d'essences de fin de succession (stades stable et faciès)	Tous sauf pionnier et essences de lumière (stades stable, faciès et intermédiaire). Convient particulièrement aux peuplements mélangés, puisqu'il permet de s'ajuster aux exigences des diverses essences	Tous, mais avec production prioritaire de feuillus intolérants dans les peuplements d'essences de lumière où il n'y a pas de sous-étage de résineux (sinon, nécessité de reboiser)
Stades de développement	Mûr et vieux, ou jeune si irrégulier		Tous
Composition	Essences tolérantes et longévives abondantes	Présence d'essences longévives (au moins 25 %, à titre indicatif); peuplements comportant un mélange d'essences de tolérance et de longévité diverses	Absence ou rareté d'essences tolérantes et longévives
Vigueur	Bonne dans les étages inférieurs (les arbres résiduels ont au moins 1/3 de cime vivante)		-
Végétation compétitrice	Risque d'envahissement faible à élevé		Risque d'envahissement faible
CRITÈRE	CONDITIONS LIMITANTES POUR L'ADOPTION DES DIFFÉRENTS RÉGIMES SYLVICOLES		
Conditions de site	Terrain dénudé en amont, exposé aux vents dominants (risque de chablis); dépôts minces, sommets, hauts de pente et autres sites exposés aux vents dominants (risque de chablis)		Terrain dénudé en amont, exposé aux vents dominants pour les coupes partielles (risque de chablis); pentes fortes (risque d'érosion); sites humides (risques de remontée de la nappe et d'orniérage)
Structure du peuplement	Régulière avec présence d'essences longévives insuffisante		Jardinée ou irrégulière (risque d'aggraver les problèmes de simplification de la structure)
Composition	Dominance d'essences intolérantes	Dominance d'essences intolérantes sans présence d'un sous-étage résineux	Mélangée avec un sous-étage résineux absent ou incomplet (risque d'enfeuilletement)
Vigueur	Faible ou insuffisante dans les étages inférieurs		-
Régénération préétablie	Absente ou rare (alors que le couvert n'est pas complètement fermé)	-	Rare ou éparse (à maturité)
Accessibilité	Nécessité d'un accès permanent	À prévoir en fonction du scénario sylvicole élaboré	Nécessité d'un ou de quelques accès ponctuel(s) (intégrer la prise en compte de l'éclaircie précommerciale, le cas échéant)



Le régime réfère à la façon dont se régénèrent les peuplements (Dubourdiu, 1997). Dans le régime de la futaie, où les arbres sont issus de graines et forment des fûts à maturité, on distingue la futaie régulière, la futaie irrégulière et la futaie jardinée, selon la *structure* d'âge du peuplement. Ces différents régimes se caractérisent par

une séquence planifiée des interventions déterminant la conduite du peuplement. Ils permettent de préciser le scénario sylvicole à suivre, c'est-à-dire la planification de l'ensemble des interventions nécessaires, notamment, pour les soins culturaux, la récolte et l'établissement d'un nouveau peuplement (OIFQ, 2003).

Un certain flou terminologique entoure le régime irrégulier (Comité d'experts sur les solutions, en prép.); toutefois, un article récent* préparé par des chercheurs de la Direction de la recherche forestière (DRF) du MRNF (Raymond *et al.*, 2009) permet de le dissiper. En tenant compte de cet article, on considère que les peuplements bisétagés pourraient être associés aux peuplements irréguliers. La coupe progressive à régénération lente conviendrait pour amorcer une certaine irrégularité de la structure du nouveau peuplement. Elle pourrait également être conçue de manière à assurer le maintien d'un couvert forestier permanent répondant à un seuil de hauteur prédéterminé en fonction de besoins biologiques. Il serait cependant judicieux de se pencher sur la question de la « coupe finale », relativement à l'objectif de maintien d'une structure irrégulière, et d'explorer de nouvelles avenues permettant de répondre à cet objectif au besoin (ex. : coupe progressive irrégulière à couvert permanent *sensu* Raymond *et al.*, 2009). Ces nouvelles avenues appartiennent à la portion du spectre où l'éventail des âges couvre plus de 50 % de la révolution sans que toutes les classes d'âge soient nécessairement représentées (Comité d'experts sur les solutions, en prép.). Elles devraient être explorées, car elles pourraient fournir le contexte pour la mise en application de scénarios sylvicoles qui permettraient de favoriser le plus possible l'**augmentation de la complexité structurale**, et ce, grâce à une intervention qui s'inscrit dans la philosophie du jardinage, mais où les exigences relatives à la régularisation de la structure seraient plus flexibles. Toutefois, les variations possibles, tant sur le plan de l'intensité de prélèvement que celui des rotations, font en sorte que la modélisation de tels scénarios pose de nouveaux défis (Raymond *et al.*, 2009).

Étant donné que les régimes irrégulier et jardiné permettent le maintien d'un couvert (au moins partiel, avec sous-couvert dense dans le cas de l'irrégulier), la diversification des régimes constitue une mesure qui répond, dès maintenant, au problème d'inversion de la matrice forestière. La diversification représente donc une avenue à privilégier dans le cadre de la restauration écosystémique. Une bonne intégration de la diversification des régimes dans la planification permet d'éviter que des portions entières du paysage ne soient rajeunies d'un bloc; elle favorise plutôt un mélange de peuplements parvenus à différents stades de développement et minimise ainsi les effets négatifs, tant sur la qualité de l'habitat que sur celle du paysage.

S'inspirer des perturbations naturelles

À l'époque préindustrielle, près de 60 % des forêts de la réserve faunique des Laurentides étaient de structure équienne, alors que le reste présentait une structure surtout irrégulière (39 %) et rarement jardinée (2 %) (Leblanc et Bélanger, 2000). Afin d'être en mesure de reproduire cette variabilité, l'aménagement écosystémique devrait donc favoriser une diversification des régimes sylvicoles. Dans les sapinières, cette diversification devrait principalement s'orienter vers la mise en place – sur une portion du territoire – d'une structure qui ne soit pas régulière, par l'utilisation des régimes irrégulier et jardiné.

Le régime des perturbations naturelles produit une variabilité structurale dont les caractéristiques dépendent des agents de perturbation en cause.

Le régime régulier

Les perturbations à l'origine d'un nouveau peuplement – que sont les feux intenses, les épidémies sévères et chablis total, peuvent servir d'inspiration pour l'élaboration de scénarios sylvicoles du régime régulier.

Les feux provoquent généralement l'apparition d'un nouveau peuplement sur d'importantes superficies. Toutefois, quelques individus peuvent résister et certaines portions du territoire ne seront affectées que partiellement, d'autres seront épargnées, et l'étendue de ces portions sera fort variable (Bouchard, 2005).

Lorsqu'elles sont sévères, les épidémies de TBE peuvent être à l'origine d'un nouveau peuplement (Bouchard, 2005). Toutefois, même dans ce cas, elles ne provoquent pas toujours la mort de tous les arbres (Déry *et al.*, 2000; Bouchard, 2005). Par ailleurs, la sévérité des épidémies n'est pas toujours élevée et la mortalité

* Au moment d'écrire ces lignes, la version « acceptée » du manuscrit a pu être consultée.

qui s'ensuit dépend d'une foule d'autres facteurs, notamment ceux influençant la vulnérabilité du peuplement comme son âge, sa composition et les conditions de site (Dupont *et al.*, 1991). Les épidémies de TBE influencent aussi la dynamique des pessières entre les feux (Collectif sous la direction de S. Gauthier *et al.*, 2008; Tremblay, travaux en cours).

Par conséquent, les coupes finales du régime régulier devraient s'accompagner d'une certaine rétention de tiges vivantes et de bois mort, dont l'intensité devrait être variable (voir la fiche sur la coupe à rétention variable).

De plus, la mortalité par pied d'arbre résultant de la compétition entre les perturbations peut inspirer la réalisation d'éclaircies commerciales (voir la fiche sur l'éclaircie commerciale), intermédiaires ou précommerciales (voir la fiche sur les traitements d'éducation).

Le régime irrégulier

Les perturbations qui provoquent une mortalité partielle – comme le font les épidémies légères d'insectes, les chablis partiels ainsi que certains feux – sont des processus dont on peut s'inspirer pour élaborer des scénarios sylvicoles du régime irrégulier.

Dans les peuplements immatures, les épidémies de TBE provoquent généralement une mortalité partielle du couvert évaluée à 30 à 70 % du nombre de tiges (MacLean, 1980). Cette mortalité atteint surtout les tiges de sapin. Elle affecte, dans un premier temps, les arbres de moindre vigueur (Lussier *et al.* 2002) lesquels correspondent souvent aux tiges intermédiaires et opprimées (Baskerville *et MacLean*, 1979; Blais, 1985). La progression de la mortalité, qui suit un patron de distribution contagieuse (Baskerville *et MacLean*, 1979), produit des trouées dans le couvert qui favorisent le développement de la végétation présente en sous-étage, incluant la régénération préétablie là où il y en a. Il en résulte souvent des peuplements irréguliers (Bouchard, 2005). La forêt préindustrielle constituait une fine mosaïque de très petits peuplements (Leblanc *et Bélanger*, 2000). Encore aujourd'hui, on constate souvent l'existence d'une grande variabilité des conditions à l'intérieur des peuplements. L'adoption d'un régime irrégulier permet d'aborder cette variabilité de manière à la conserver, et même l'augmenter.

Dans certains cas, une mortalité partielle distribuée de manière diffuse au sein du couvert, combinée à une banque de semis résineux préétablie bien pourvue, donne naissance à un peuplement bisétagé (Roberge, 1964). Lorsque cette mortalité progresse selon une distribution contagieuse, elle forme plutôt des peuplements présentant une structure irrégulière par bouquets résultant d'une dynamique par trouées (Bouchard, 2005)

Ainsi, les scénarios du régime irrégulier pourraient varier selon que la période de régénération est inférieure ou supérieure à 50 % de la révolution de l'essence principale. Les scénarios dont la période de régénération est inférieure à 50 % de la révolution seraient alors classés dans la coupe à régénération lente (voir la fiche correspondante) et comporteraient une coupe finale accompagnée préférentiellement d'un maintien de legs biologiques. D'autres scénarios, à explorer, pourraient utiliser une période de régénération supérieure à 50 % de la révolution et prévoir le maintien d'un couvert irrégulier (ex. : coupe progressive irrégulière à couvert permanent (Raymond *et al.*, 2009)).

Le régime jardiné

Les perturbations récurrentes qui entraînent une mortalité partielle – comme le font les épidémies légères d'insectes – ou la mortalité par pied d'arbre – comme l'autoéclaircie et la sénescence d'arbres dans un peuplement présentant déjà une structure irrégulière ou jardinée – peuvent servir de modèles pour l'utilisation de scénarios sylvicoles du régime jardiné.

Toutefois, dans la réserve faunique des Laurentides, la sapinière préindustrielle présentait rarement une structure verticale développée sur une unité de surface réduite, comme l'indique le portrait (les peuplements de structure jardinée occupaient seulement 2 % du territoire). Dans ce cas, l'utilisation du régime jardiné constitue plutôt un moyen pour assurer le maintien d'un couvert forestier mature permanent.

Approche préconisée à l'échelle du peuplement

Le choix du régime sylvicole repose sur les critères suivants (Lessard et Côté, 2007).

CRITÈRE	RÉGIME		
	Futaie régulière	Futaie irrégulière	Futaie jardinée
Tolérance à l'ombre des espèces présentes et désirées	Intolérantes ou, de toutes tolérances mais renouvelées au moyen d'une régénération préétablie	Toutes tolérances	Tolérantes à semi-tolérantes
Longévité des espèces présentes	Toutes	Proportion suffisante d'essences longévives pour permettre d'allonger le maintien du couvert	Essentiellement longévives
Largeur des houppiers	n.a.	n.a.	Préférentiellement faible
Vigueur et qualité du peuplement résiduel	n.a.	Vigueur suffisante pour assurer le maintien du résiduel	Vigueur et qualité bonnes
Potentiel forestier	Tous	Tous	Bon à modéré
Régénération préétablie (semis et gaules)	Pour les essences résineuses : surabondance essentielle afin contrer la compétition et permettre à la dynamique d'opérer	Présence essentielle des essences tolérantes, les autres peuvent être régénérées grâce au traitement	Présence suffisante essentielle
Structure du peuplement	Régulière	Irrégulière ou régulière avec proportion suffisante d'essences longévives pour allonger la présence du couvert, nécessaire à la conversion de structure	Jardinée ou irrégulière avec dominance d'essences tolérantes et longévives
Accessibilité	Nécessité ponctuelle	Selon le scénario prévu	Permanente nécessaire
Affectation du territoire	Pas de nécessité de maintien d'un couvert permanent	Possibilité de fixer des paramètres pour assurer le maintien d'un couvert satisfaisant certains critères de hauteur correspondant à des caractéristiques d'habitats	Maintien d'un couvert forestier mature permanent

Compte tenu de l'enjeu de simplification de la structure identifiée dans la réserve faunique des Laurentides, il est important de faire en sorte de conserver les structures irrégulières et jardinées existantes, d'une part, et de favoriser leur développement, d'autre part.

Le régime irrégulier convient particulièrement bien aux peuplements comportant un mélange d'essences de longévités différentes; il permet également de cultiver ensemble des essences ayant des tolérances à l'ombre diverses. Ce régime peut théoriquement comporter des périodes variables entre les passages des coupes (Matthews, 1989). Il serait possible de tirer avantage de cette flexibilité, puisqu'elle permettrait, dans certains cas, d'intégrer la prise en compte de la période de rétablissement des écosystèmes

(Franklin *et al.*, 2007) ou, dans d'autres cas, de contribuer au flux de bois en période critique.

Dans la réserve faunique des Laurentides, les régimes irrégulier et jardiné devraient *préférentiellement* être adoptés dans des peuplements comportant une certaine proportion d'épinettes. Grâce à la longévité de ces arbres, la rétention d'épinettes peut être considérée comme un outil efficace pour permettre d'allonger la durée du couvert. De plus, le maintien des épinettes sur une période dépassant la révolution admise en courtes rotations permet de les conserver jusqu'à ce qu'elles atteignent leur plein potentiel de production semencière et, ainsi, de bénéficier de plusieurs bonnes années semencières.

En ce qui concerne l'application de patrons de coupe par trouées, les aménagistes devraient chercher à reproduire la grande variabilité, tant spatiale que temporelle, associée aux épidémies de TBE, plutôt que d'identifier une solution unique qui se concrétiserait par l'utilisation d'une taille de trouée moyenne ou optimale (De Römer et Kneeshaw, 2005).

Les coupes partielles des différents régimes ont des effets variables sur la biodiversité selon l'intensité et la fréquence de prélèvement et les attributs de vieilles forêts qu'elles intègrent. En se basant sur une revue de littérature récente regroupant les informations relatives aux cibles et aux seuils pour 65 espèces d'amphibiens, d'oiseaux et de mammifères documentées, on considère que les espèces associées au stade final de la succession végétale peuvent supporter des interventions légères (prélèvement \leq 30 %); un prélèvement de l'ordre de 50 % diminuerait la qualité d'habitat pour 40 % de ces espèces, tandis qu'une forte intensité de coupe (prélèvement $>$ 70 %) produirait un habitat inadéquat pour environ le quart de ces espèces, ou de moindre qualité pour de nombreuses autres (Vanderwel *et al.*, 2009). Règle générale, on considère que plus l'intensité de prélèvement est élevée, plus il y a d'espèces de fin de succession affectées négativement et plus ces effets sont prononcés.

Approche préconisée à l'échelle du paysage

Considérant le déploiement historique des coupes (déploiement effectué sur un front progressant dans le temps), il pourra être parfois difficile, ou même impossible, de reconstituer la « matrice-objectif » à court terme dans certains secteurs. Cette restauration s'effectuera donc progressivement et plus ou moins rapidement, selon que l'on considère une zone comme étant à haute valeur ou non.

Afin de favoriser la biodiversité, il importe de diversifier les pratiques sylvicoles de manière à produire un mélange de stades évolutifs comprenant à la fois ceux de début et ceux de fin de succession (Vanderwel *et al.*, 2009). En effet, un aménagement axé exclusivement sur les régimes jardinés et irréguliers serait néfaste aux espèces associées aux stades évolutifs de début de succession; de la même manière, un aménagement essentiellement équienne sur courtes révolutions affecterait les espèces de fin de succession. Par ailleurs, certaines espèces – à l'instar de l'original – ont besoin de peuplements appartenant aux deux bouts du spectre évolutif pour compléter leur cycle de vie. Il convient donc, selon une approche qui relève du filtre brut, de diversifier les régimes à l'échelle du paysage de manière à satisfaire les besoins du plus grand nombre d'espèces.

Impacts sur les enjeux écosystémiques

ENJEU	IMPACTS DE LA DIVERSIFICATION DES RÉGIMES SYLVICOLES
Raréfaction des forêts mûres et surannées	Les régimes de la futaie irrégulière et de la futaie jardinée permettent d'allonger la durée des stades mûrs et vieux ou de les faire perdurer (au moins pour le régime jardiné); la diversification des régimes est donc favorable à une meilleure représentation de ces stades de développement
Inversion de la matrice*	La diversification des régimes favorise le maintien de peuplements mûrs et vieux, freinant ainsi le phénomène d'inversion de la matrice
Uniformisation des structures horizontale et verticale des peuplements	La diversification des régimes sylvicoles assurera l'obtention d'une diversité de structures à l'échelle du paysage
Raréfaction du bois mort dans les forêts aménagées	Les régimes de la futaie irrégulière et de la futaie jardinée assurent la continuité forestière favorable à un apport continu de bois mort
Enfeuilletement	Grâce au maintien d'un certain couvert forestier, les régimes de la futaie irrégulière et de la futaie jardinée peuvent être utilisés dans les stations susceptibles d'être envahies par la végétation compétitrice afin de limiter le risque d'enfeuilletement
Raréfaction des attributs de composition de la sapinière à bouleau jaune: essences visées BOJ, PRU, PIB, EPR, THO, FRN, ORA, ERR	Une diversification des régimes effectuée en tenant compte de l'auto-écologie des essences concernées, ainsi que du potentiel de régénération propre aux différentes stations, peut favoriser la régénération des essences visées et limiter ainsi leur raréfaction
Raréfaction de l'épinette blanche dans les sapinières à bouleau blanc	La diversification des régimes devrait s'articuler autour de la présence de l'épinette blanche dont la longévité est favorable à une orientation vers un régime irrégulier ou jardiné. Il serait alors possible de reproduire les conditions prévalant dans les forêts préindustrielles où les EPB pouvaient persister pendant 2 ou 3 révolutions de sapin, ce qui leur laissait le temps de se régénérer

* Disparition de la dominance des forêts mûres et surannées au profit d'une surabondance des jeunes peuplements agglomérés..

Raréfaction de l'épinette noire dans la sapinière à épinette noire et dans les pessières	Les régimes irréguliers et jardinés sont favorables au maintien des épinettes noires jusqu'à l'expression de leur plein potentiel sur le plan de la production semencière, ce qui peut permettre d'augmenter le ratio de cette essence par rapport au sapin dans la régénération, à condition d'intégrer une préparation adéquate des lits de germination (voir la fiche sur les mesures d'assistance à la régénération)
Maintien des sapinières à épinette blanche et épinette noire de haute altitude	L'application d'un régime irrégulier axé sur le maintien des épinettes sur de plus longues révolutions (par rapport aux autres essences), accompagné de mesures pour en favoriser la régénération, pourrait permettre de se rapprocher de la composition historique de ces peuplements
Conversion des sapinières et peuplements mélangés en plantations	Une diversification des régimes qui tient compte des processus de régénération propres aux différentes stations permettrait de réduire les problèmes de régénération, limitant ainsi le besoin de recourir aux plantations en plein
Maintien de la qualité de l'habitat aquatique et Modification du régime hydrologique	Les régimes de la futaie irrégulière et de la futaie jardinée permettent de limiter la taille des superficies déboisées (comptabilisées comme aire équivalente de coupe) et peuvent donc être utilisés pour participer au contrôle des débits de pointe
Érosion	Les régimes de la futaie irrégulière et de la futaie jardinée permettent le maintien d'un couvert apte à limiter le risque d'érosion
Le caribou forestier de Charlevoix	Les régimes de la futaie irrégulière et de la futaie jardinée permettent d'allonger la durée des stades mûrs et vieux (ou de les faire perdurer, pour le régime jardiné)
Qualité de l'habitat de l'orignal	La diversification des régimes peut favoriser un mélange plus fin des stades évolutifs et des stades de développement, mélange susceptible de maintenir ou d'améliorer la qualité de l'habitat de l'orignal
Régénération et succession naturelle des peuplements	Une diversification des régimes effectuée en tenant compte du potentiel de régénération propre aux différentes stations favorise la régénération et la succession naturelle des peuplements
Approvisionnement en quantité	<ul style="list-style-type: none"> • Un choix de régime convenant à la structure du peuplement actuel permet de réduire les pertes associées à la récolte de la portion non mature d'un peuplement irrégulier ou jardiné • Les régimes irréguliers et jardinés peuvent fournir du bois en période critique
Coûts d'approvisionnement	L'adoption des régimes irréguliers et jardinés implique la nécessité de couvrir davantage de territoire pour obtenir un volume de bois donné, ce qui a un impact sur les coûts à court terme; elle permet cependant d'obtenir des produits de meilleure valeur en limitant le sacrifice de bois non mature
Sous-boisement (baisse de stocking résineux)	Une diversification des régimes effectuée en tenant compte du potentiel de régénération propre aux différentes stations pourrait contribuer à limiter les problèmes de sous-boisement en allongeant la période de régénération là où c'est nécessaire
Impact négatif de l'EPC sur l'habitat faunique	La diversification des régimes permet d'éviter de générer la nécessité d'avoir à recourir massivement à l'EPC sur de grandes superficies
Qualité visuelle des paysages	La diversification des régimes permet de limiter le déboisement sur de grandes superficies, grâce aux régimes de la futaie irrégulière et de la futaie jardinée qui assurent le maintien d'un certain couvert forestier, limitant ainsi l'altération de la qualité visuelle des paysages
Perte d'intégrité des forêts d'intérieur – Stress périphérique en bordure des parcs	L'adoption d'un régime jardiné permet de maintenir une ambiance de forêt d'intérieur. Pour ce qui est du régime irrégulier, la détermination adéquate des paramètres du scénario sylvicole peut faire en sorte de maintenir des conditions correspondant aux forêts d'intérieur

Impacts sur la production ligneuse

- La diversification des régimes permet de gérer plus efficacement le flux de bois et, potentiellement, de combler les besoins de bois pendant la période critique (Jamnick *et al.*, 1994; Lussier *et al.*, 2008).
- La diversification des régimes peut favoriser une utilisation optimale de la ressource (ex. : éviter le gaspillage de bois non mûr, mieux gérer les mélanges d'essences, ou favoriser l'expression du plein potentiel de certaines essences, notamment de l'épinette blanche).

Impacts sur les coûts

- L'impact de la diversification des régimes sur la dispersion des coupes n'a pas été documenté. *A priori*, les coupes partielles induisent une augmentation de la dispersion des coupes, mais cet effet peut être atténué par leur intégration au déploiement des coupes finales (CRV, CPRS, CPHRS, CPPTM).
- La diversification des régimes peut nécessiter une utilisation accrue du réseau de chemins, pouvant amener une augmentation des coûts associés aux chemins
- La diversification des régimes sylvicoles incluant une politique de régénération acquise peut limiter le recours à certains traitements coûteux tels que la régénération artificielle ou les dégagements récurrents.
- Les coupes partielles pourraient entraîner des coûts supplémentaires si elles nécessitaient du martelage.
- La diversification représente une opportunité pour favoriser le maintien d'emplois en forêt, à condition de développer de nouvelles compétences et d'offrir une formation adéquate aux différents intervenants.

Risques et contraintes des solutions proposées

- **Incertitudes face à la TBE** : Dans le cas où le régime prévoit des coupes partielles, il y aura nécessité de suspendre le scénario prévu en période d'épidémie et il faudra vérifier si le scénario peut toujours s'appliquer par la suite. Une diversification des stades évolutifs et stades de développement à l'échelle du paysage peut réduire la vulnérabilité à la TBE.
- **Risque de chablis** : Le choix du régime sylvicole ainsi que la planification des prélèvements doivent tenir compte du risque de chablis.
- **Risque d'écrémage lors des coupes partielles** : Les règles de sélection des tiges doivent être articulées de façon à prévenir l'écrémage (là où l'on conserve un couvert, les coupes doivent être réalisées de façon à assurer le maintien des plus beaux semenciers et d'arbres vigoureux). De plus, en

retirant les sujets bénéficiant du meilleur ancrage, l'écrémage accentue le risque de chablis (Smith *et al.*, 1997). L'écrémage provoque également l'élimination des meilleures combinaisons génétiques et retarde la formation de semenciers de grosse dimension, ce qui risque de différer les interventions subséquentes prévues au scénario en raison de la fermeture du couvert qui s'opère plus lentement (Smith *et al.*, 1997). Enfin, l'écrémage retarde la formation d'attributs de vieilles forêts correspondant à des structures de forte dimension.

État des connaissances et expérience acquise

À la Forêt Montmorency, la stratégie retenue repose sur une répartition « 5 X 20 » où chaque tranche de 20 % du territoire appartient à l'une des classes suivantes : 0-20 ans, 20-40 ans, forêt mûre, forêt inéquienne et vieille forêt. Les trois premières tranches forment la portion orientée vers le régime de la futaie régulière et représentent un ratio équivalent à celui observé dans les forêts préindustrielles de la réserve faunique des Laurentides (60 %). La forêt inéquienne regroupe les structures irrégulières et jardinées, la dernière étant plutôt marginale dans la réserve. De plus, les vieilles forêts, qui comprennent notamment celles situées dans les secteurs protégés ou inaccessibles, correspondent généralement à des peuplements dont la structure est irrégulière. Dans la réserve, les problèmes d'inversion de la matrice rendent impossible l'application d'un tel scénario pour le moment.

Besoins de connaissances

Il faudra explorer davantage les possibilités offertes par le régime irrégulier en expérimentant divers scénarios de coupe progressives irrégulières avec maintien de couvert permanent (Raymond *et al.*, 2009). On pourrait notamment appliquer un scénario sylvicole s'inspirant du jardinage par trouées où les entrées ne seraient pas nécessairement uniformément réparties dans le temps, mais plutôt en fonction du stade de développement des différentes cohortes présentes. Il s'agirait d'une intervention permettant le maintien d'un **couvert irrégulier continu** dans le temps. On récolterait des tiges mûres de manière à libérer des tiges des étages inférieurs ou des zones de régénération préétablie; l'intervention s'accompagnerait d'une éclaircie dans les portions jeunes et de mesures d'assistance à la régénération au besoin, tout en assurant le maintien de vétérans (préférentiellement des épinettes) lors de chaque passage.

Il serait intéressant de documenter les effets des coupes partielles de manière à préciser les scénarios sylvicoles possibles en fonction des conditions de sites et pour pouvoir fixer les paramètres en conséquence (intensités de prélèvement, rotations ou délais entre les interventions)

Références

- Baskerville, G.L. et D.A. MacLean, 1979. Budworm-caused mortality and 20-year recovery in immature balsam fir stands. Cent. Rech. for. Maritimes, Rapp. Inf. M-X-102, 23 p.
- Blais, J.R., 1985. Répercussions des invasions de la tordeuse des bourgeons de l'épinette sur le sapin baumier et l'épinette blanche dans la réserve des Laurentides. Cent. Rech. for. Laurentides, rapp. Inf. LAU-X-68F.
- Bouchard, M., 2005. Dynamique forestière suite aux épidémies de tordeuse des bourgeons de l'épinette dans le nord du Témiscamingue. Thèse de doctorat en sciences de l'environnement, UQAM, 129 p.
- Comité d'experts sur les solutions, en préparation. Les solutions identifiées pour répondre aux enjeux posés par l'aménagement écosystémique de la réserve faunique des Laurentides. Rapport présenté au ministère des Ressources naturelles et de la faune.
- De Römer, A. et D.D. Kneeshaw, 2005. Considerations for mimicking small gap dynamics in boreal forest of southeastern Québec. 5th North American forest ecology workshop, abstract, 2 p.
- En ligne (29 août 2008): <http://www.unites.uqam.ca/gref/nafew2005/abstract/192.html>
- Déry, S., L. Bélanger, S. Marchand et S. Côté, 2000. Succession après épidémie de la tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana*) dans les sapinières boréales pluviales de seconde venue. Can. J. For. Res., 30 : 801-816.
- Dubourdieu, J., 1997. Manuel d'aménagement forestier. Office National des forêts, France, 244 p.
- Dupont, A., L. Bélanger et J. Bousquet, 1991. Relationships between balsam fir vulnerability to spruce budworm and ecological site conditions of fir stands in central Quebec. Can. J. For. Res., 21 (12): 1752-1759.
- Franklin, J.F., R.J. Mitchell et B.J. Palik, 2007. Natural disturbance and stand development principles for ecological forestry. General Technical Report NRS-19, Northern Research Station, USDA Forest Service, Newton Square, PA., 44 p.
- Collectif sous la direction de S. Gauthier *et al.*, 2008. Aménagement écosystémique en forêt boréale. Québec, Presses de l'Université du Québec, 600 p.
- Jamnick, M., T. Needham et M. Bateman, 1994. Commercial thinning to provide harvest stability to forests with an unbalanced age class distribution. Forestry Chronicle, 70 (3): 299-303.
- Leblanc M. et L. Bélanger, 2000. La sapinière vierge de la Forêt Montmorency et de sa région : une forêt boréale distincte. Mémoire de recherche no 136, Direction de la recherche forestière, ministère des Ressources naturelles, Québec, Québec, 91 p.
- Lessard G. et S. Côté, 2007. Options sylvicoles quand le jardinage par pied d'arbre ne s'applique pas (Phase 2). Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy (CERFO), rapport 2006-02, 278 p., 3 annexes.
- Lussier, J.M., P. Meek, M. Côté, C.H. Ung, D.E. Swift et I. Duchesne, 2008. Partial harvest tactics to improve sustained wood supply under an even-aged forest management regime. For. Ecol. Manage. Manuscript.
- Lussier, J.M., H. Morin et R. Gagnon, 2002. Évolution de la structure diamétrale et production ligneuse des pessières noires issues de coupe et de feu. Canadian Journal of Forest Research, 32 (3) : 526-538.
- MacLean, D.A., 1980. Vulnerability of fir-spruce stands during uncontrolled spruce budworm outbreaks: a review and discussion. Forestry Chronicle, 56 (5): 213-221.
- Matthews, J.D., 1989. Silvicultural systems. Oxford University Press, 284 p.
- OIFQ, 2003. Dictionnaire de la foresterie. Presses de l'Université Laval, 744 p.
- Raymond, P., S. Bédard, V. Roy, C. Larouche et S. Tremblay, 2009. The irregular shelterwood system: review, classification, and potential application to forests affected by partial disturbances. Accepted. Journal of Forestry.
- Roberge, M., 1964. Cyriac forest after devastation by the spruce budworm (project Q-33). Forest research branch, Dept. of forestry, Internal report no 64-Q-20, 19 p.

Smith, D.M., B.C. Larson, M.J. Kelty et P.M.S. Ashton, 1997. The practice of silviculture. Applied forest ecology, 9th ed., John Wiley & Sons, New York, NY, 537 p.

Tremblay, M.-J., en cours. Croissance et dynamique des pessières noires vierges situées entre les 51^e et 52^e parallèles. UQAC, travaux en cours.

Vanderwel, M.C., S.C. Mills et J.R. Malcolm, 2009. Effects of partial harvesting on vertebrate species associated with late-successional forests in Ontario's boreal region. The Forestry Chronicle, vol. 85, no 1, p. 91-104.

On peut citer ce document en tout ou en partie, en indiquant la référence suivante

Comité d'experts sur les solutions, 2009. *Projet de développement d'une approche d'aménagement écosystémique dans la réserve faunique des Laurentides. Fiches techniques - Diversification des régimes sylvicoles*. Québec.

**Type de solution**

Grand axe
Régime/Scénario sylvicole
√ Pratique/Intervention sylvicole

Types d'enjeux concernés**Principaux :**

Structure des peuplements
Aménagement forestier

Complémentaires :

Composition

Objectifs

- Favoriser la croissance d'un peuplement non mature (OIFQ, 1996).
- Viser le maintien ou la restauration de l'**hétérogénéité de la structure et de la composition** (Franklin *et al.*, 2007).
- **Accélérer la formation d'attributs de vieille forêt.**
- Contribuer au flux de bois.

Définition

- Intervention sylvicole qui consiste en une **coupe partielle de bois de dimension marchande** dans le but d'accélérer la croissance en diamètre et la qualité des tiges, grâce au prélèvement des moins bons sujets.
- Les modalités doivent permettre d'ajuster la composition, d'éliminer les tiges de mauvaise qualité et d'accélérer la croissance des arbres d'avenir.
- S'applique généralement à un peuplement de structure équienne.

Problématique

Les forêts de seconde venue régénérées au moyen d'une CT ou d'une CPRS ont généralement fait l'objet d'une simplification de leur structure. L'éclaircie commerciale peut être adaptée pour répondre à cet enjeu (Franklin *et al.*, 2007).

Solution

- Promouvoir la réalisation d'éclaircies commerciales modifiées de façon à :
 - favoriser la production rapide de gros arbres, ce qui constitue la première étape en vue de la restauration accélérée d'attributs de vieille forêt, lesquels correspondent à des structures (arbres à valeur faunique, chicots et débris ligneux) provenant d'arbres de grosse dimension;
 - incorporer une variabilité dans l'espacement entre les arbres (présence de trouées et de bouquets denses) (Franklin *et al.*, 2007);
 - favoriser une composition dont le niveau de diversification correspond à celui des forêts préindustrielles;
 - introduire le maintien d'attributs de vieilles forêts (arbres à valeur faunique, chicots, débris ligneux).
- L'éclaircie commerciale peut fournir un certain volume et ainsi contribuer au flux de bois avant la maturité du peuplement (Hébert, 2007).

Traitements préconisés à l'échelle du peuplement

Traditionnellement, on distingue les 5 types d'éclaircie suivants (OIFQ, 1996; Smith *et al.*, 1997) : par le bas, par le haut, libre, jardinatoire et systématique. Toutefois, dans le cadre de l'aménagement écosystémique, l'éclaircie doit être modifiée de façon à répondre aux enjeux relatifs à la simplification des peuplements.

Approche préconisée à l'échelle du paysage

- La proportion d'éclaircie commerciale à réaliser dépend de la disponibilité de peuplements présentant les conditions appropriées et s'établit au moment de la stratégie d'aménagement.
- Afin de réduire la vulnérabilité au chablis, il est recommandé d'éviter de disposer les superficies traitées en coupes partielles en aval – par rapport aux vents dominants – de terrains dénudés.
- Afin de favoriser le maintien d'espèces associées aux vieilles forêts dans les secteurs traités par coupes partielles, il est recommandé d'éviter de pratiquer ces coupes dans un environnement dominé par les peuplements en régénération. Il convient également de prévoir une superficie suffisante ou une configuration qui limitera les effets de lisières moins favorables à ces espèces (Déry et Leblanc, 2005).
- Afin d'éviter une réduction importante de la diversité des habitats, il est recommandé de maintenir des superficies non traitées adjacentes aux aires traitées, elles pourront servir de refuges pour les espèces désavantagées à court terme par l'intervention (Harvey, 2009).

Conditions d'application pour l'éclaircie commerciale

CRITÈRE	CONDITIONS PROPICES
Structure du peuplement	Équienne
Stades évolutifs	Tous
Stades de développement	Jeune à prémature (au moins 15 ans avant l'âge de révolution retenu dans le cadre de l'aménagement écosystémique)
Densité	A ou B, ou bien utilisation d'un diagramme de gestion de la densité
Conditions de site	Bonne qualité de station
CRITÈRE	CONDITIONS LIMITANTES
Conditions de site	Terrain dénudé en amont, exposé aux vents dominants; dépôts minces, sommets et haut de pente (risque de chablis)



La réduction contrôlée et accélérée du nombre d'arbres permet de répartir les ressources disponibles de façon à concentrer la production de bois sur un nombre limité d'arbres sélectionnés (Smith *et al.*, 1997).

En principe, l'éclaircie commerciale devrait être pratiquée sur les bonnes stations, 15 ans avant la maturité. Or, les âges traditionnellement employés pour une maturité à 9 cm limitent considérablement les possibilités de recourir à ce traitement. Toutefois, la détermination d'un diamètre objectif plus élevé peut fournir une opportunité pour l'éclaircie commerciale. Ajoutons que l'application des normes actuelles limitent la réalisation d'éclaircies commerciales aux seuls peuplements ayant préalablement fait l'objet d'une éclaircie précommerciale. Il serait néanmoins possible d'envisager la réalisation d'une éclaircie, même si une EPC n'a pas été réalisée auparavant. Cependant, en pareils cas, il est impératif de prendre les dispositions pour minimiser le risque de chablis, par exemple : éviter de disposer en aval de terrains dénudés exposés aux vents dominants ou créer des bordures offrant moins d'emprise au vent (Norris *et al.*, 2008), puisque les peuplements n'ayant pas fait l'objet d'une EPC préalable sont plus sujets au chablis (Achim *et al.*, 2005).

Certains types d'éclaircie commerciale conventionnelle visent spécifiquement à régulariser l'espacement entre les tiges. L'application généralisée de ce genre de pratique tend à accentuer les problèmes d'uniformisation des structures horizontale et verticale des forêts. Dans le cadre de l'aménagement écosystémique, il convient de limiter cet inconvénient; on recommande plutôt de faire en sorte de maintenir une certaine **complexité structurale** qui élargit le spectre des conditions microclimatiques et offre ainsi une diversité de microhabitats propices à davantage d'espèces. Ceci peut être obtenu par l'introduction de consignes d'abattage qui permettent le maintien de quelques bouquets et microtrouées (Franklin *et al.*, 1997). Afin de favoriser un certain développement de la structure verticale, les trouées devraient être disposées de façon à libérer (ou installer) des espèces ligneuses ou herbacées en sous-bois, alors que les bouquets (zones non éclaircies) devraient être localisés de manière à intégrer des spécificités intéressantes, comme un gros chicot, une petite dépression humide ou un coin de sous-bois dense (abri pour la faune) (Franklin *et al.*, 2007). D'autre part, le retrait de toutes les tiges moribondes pourrait interrompre le recrutement de bois mort. Ce désavantage potentiel peut être

évitée en appliquant les modalités relatives au maintien d'attributs de vieilles forêts prévues dans le cadre des coupes partielles.

L'éclaircie commerciale a des effets sur les communautés fauniques en influençant, notamment, la disponibilité des ressources alimentaires, des sites de reproduction et des habitats de protection (Harvey, 2009). De façon générale, l'éclaircie commerciale aurait un effet dynamique : à court terme, elle avantagerait les espèces de début de succession, alors qu'à long terme, elle pourrait être favorable aux espèces associées aux milieux fermés ou aux forêts anciennes, à condition toutefois que le peuplement soit maintenu sur une période suffisante pour assurer sa recolonisation par ces espèces.

S'inspirer des perturbations naturelles

L'éclaircie par le bas (voir ci-dessous) reproduit en accéléré le processus naturel d'autoéclaircie (Smith *et al.*, 1997) qui prévaut entre les épidémies. Elle peut également être utilisée pour reproduire la mortalité induite par la tordeuse des bourgeons de l'épinette dans les peuplements immatures. Cette mortalité atteint surtout, dans un premier temps, les tiges de sapin intermédiaires et opprimées (Baskerville et MacLean, 1979; Blais, 1985), du fait de leur moins bonne vigueur (Lussier *et al.*, 2002). La progression de la mortalité, qui suit un patron de distribution contagieuse (Baskerville et MacLean, 1979), produit des trouées dans le couvert.

Traitements préconisés à l'échelle du peuplement

On distingue les types d'éclaircie suivants (OIFQ, 1996; Smith *et al.*, 1997) :

- **Éclaircie par le bas** : prélèvement de tiges effectué au niveau de l'étage dominé, visant à favoriser indirectement les tiges de l'étage supérieur;
- **Éclaircie par le haut** : prélèvement des tiges les moins prometteuses de l'étage dominant afin de stimuler la croissance des autres arbres de ce même étage;
- **Éclaircie libre** : prélèvement effectué dans plusieurs étages à la fois (en peuplements irréguliers);
- **Éclaircie jardinatoire** : prélèvement visant à convertir progressivement un peuplement régulier en futaie jardinée;
- **Éclaircie systématique** : prélèvement réalisé de façon à régulariser l'espacement entre les arbres. Ce type d'éclaircie requiert toutefois certaines modifications qui assurent une certaine variabilité dans l'espacement afin de répondre aux enjeux écosystémiques.

Quelques notes supplémentaires

Dans les peuplements résineux, l'éclaircie commerciale représente

généralement un prélèvement variant entre 25 et 35 % de la surface terrière initiale, incluant les sentiers de débardage. L'intensité de prélèvement devrait être ajustée en tenant compte du risque d'invasion par la végétation compétitrice.

Dans le cadre de l'aménagement écosystémique, on recommande d'effectuer le prélèvement de manière à introduire une certaine variabilité dans l'espacement entre les tiges (présence de trouées et de bouquets). Il serait judicieux d'ajuster la taille et la dispersion

des zones plus denses de façon à réserver des bouquets qui deviendront des candidats pour la rétention d'attributs de vieilles forêts, lors de la coupe finale.

Les superficies ayant fait l'objet d'une éclaircie commerciale pourront être intégrées aux forêts mûres et vieilles* lorsque le peuplement aura atteint la maturité, à condition que la couverture assure le maintien de l'ambiance forestière (couvert minimal de l'ordre de 40 %).

Maintien d'attributs de vieilles forêts : niveaux à associer aux coupes partielles (Déry et Leblanc, 2005).

ATTRIBUT	NIVEAU MINIMAL	SPÉCIFICATIONS
Gros arbres vivants	5 à 10 tiges/ha	Arbres de fort diamètre qui servent ou serviront d'arbres à valeur faunique
Gros chicots	10 à 15 tiges/ha	Conserver les plus gros chicots présents
Débris ligneux	5 m ³ /ha	Inclure des grosses pièces et répartir uniformément sur le parterre de coupe

Impacts sur les enjeux écosystémiques

ENJEU	IMPACTS DE L'ÉCLAIRCIE COMMERCIALE
Uniformisation des structures horizontale et verticale des peuplements	<ul style="list-style-type: none"> Favorise l'obtention plus rapide de gros sujets susceptibles de former éventuellement des attributs de vieille forêt DANGER : la régularisation de l'espacement pouvant résulter de l'éclaircie commerciale, surtout si elle est systématique, contribue à l'uniformisation des structures; <u>pour limiter ces problèmes, le prélèvement devrait être effectué de manière à assurer la présence de trouées et de bouquets denses</u>
Raréfaction du bois mort dans les forêts aménagées	DANGER : le prélèvement de tous les arbres susceptibles de mourir à court terme risque d'empêcher le recrutement de bois mort; <u>pour limiter ces problèmes, il faut intégrer les dispositions relatives au maintien d'attributs de vieilles forêts</u> , comportant la rétention d'arbres à valeur faunique, de chicots et de débris ligneux
Enfeuillage	<u>Dans la mesure où le prélèvement permet de retirer les feuillus intolérants (sources de semences) présents dans les peuplements résineux</u> , peut contribuer à réduire le problème d'enfeuillage
Raréfaction des attributs de composition de la sapinière à bouleau jaune: essences visées BOJ, PRU, PIB, EPR	<u>Dans la mesure où les semenciers des essences visées sont présents et maintenus sur pied</u> , permet de favoriser le développement des cimes et, éventuellement, la production semencière
Raréfaction de l'épinette blanche dans les sapinières à bouleau blanc Raréfaction de l'épinette noire dans la sapinière à épinette noire et dans les pessières Maintien des sapinières à épinette blanche et épinette noire de haute altitude	<u>Dans la mesure où les épinettes sont présentes et maintenues sur pied</u> , permet de stimuler le développement de leur cime et ainsi favoriser, éventuellement, la production de semences
Régénération et succession naturelle des peuplements	<u>Dans la mesure où la régénération résineuse est déjà présente en quantité suffisante, ou presque</u> , peut provoquer une mise en lumière qui favorise le développement de la régénération résineuse préétablie; il s'agit cependant d'un effet accessoire pouvant être associé à l'éclaircie commerciale

* L'enjeu identifié initialement était la disparition des forêts « mûres et surannées ». L'évolution de la réflexion relative aux indicateurs de performance écosystémique a poussé à distinguer les forêts surannées qui sont maintenant désignées comme « vieilles forêts ».

Approvisionnement en quantité	Peut contribuer à l'approvisionnement en matière ligneuse en période de rupture de stock, malgré la nécessité de conserver des forêts mûres et vieilles
Approvisionnement en qualité	<ul style="list-style-type: none"> • Permet l'obtention de gros bois à maturité • <u>Dans la mesure où la sélection des tiges favorise le maintien des meilleurs sujets</u>, peut permettre une amélioration de la qualité des bois qui seront récoltés lors de la coupe finale
Coûts d'approvisionnement de la matière ligneuse	Les coupes partielles préalables à la récolte finale entraînent une augmentation des coûts à court terme, mais elles permettent l'obtention de plus grosses tiges, ce qui peut réduire les coûts lors de la récolte finale
Problématique des forêts denses et peu productives	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Dans la mesure où les arbres peuvent répondre à l'ouverture par une reprise de croissance</u>, l'éclaircie commerciale pourrait régler le problème de densité excessive • <u>Dans la mesure où ces peuplements abritent une régénération résineuse de petite taille</u>, l'ouverture du couvert favorisera la survie de ces semis
Vulnérabilité de la sapinière à la tordeuse des bourgeons de l'épinette	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Dans la mesure où les règles d'abattage favorisent le maintien des autres espèces au détriment du sapin</u>, permet de réduire la vulnérabilité du peuplement à la tordeuse des bourgeons de l'épinette • <u>Dans la mesure où l'intervention n'est pas réalisée en période épidémique</u>, l'éclaircie commerciale favorise la vigueur des arbres, ce qui les rend moins vulnérables aux défoliations lorsque survient une épidémie

Impacts sur la production ligneuse

- L'éclaircie par le bas produit des petits bois à court terme (Steeger *et al.*, 1999), mais de plus gros bois à maturité (Smith *et al.*, 1997).
- Permet de minimiser les pertes par mortalité (Smith *et al.*, 1997), mais devrait inclure des dispositions spécifiques visant à assurer le maintien et la production de chicots et débris ligneux.
- Grâce au retrait d'une partie des tiges moribondes, l'éclaircie commerciale peut permettre un certain allongement de la révolution, tout en minimisant les pertes de matière ligneuse (Hébert, 2007).
- Représente un des moyens pour gérer plus efficacement le flux de bois et potentiellement combler les besoins de bois pendant la période critique (Jamnick *et al.*, 1994; Lussier *et al.*, 2008).

Impacts sur les coûts

- Dispersion des coupes (Steeger *et al.*, 1999), mais cet effet peut être minimisé si son déploiement se fait simultanément avec les autres interventions de récolte.
- Nécessite au moins un retour sur le site pour la récolte du résiduel, ce qui implique l'entretien d'un réseau de chemins plus étendu pour un même volume de récolte à l'échelle de l'UAF.
- Le coût direct de la coupe partielle varie en fonction du volume prélevé et de la taille moyenne des arbres récoltés (voir la fiche sur les coupes partielles).
- Réduction des coûts lors de la récolte finale, puisqu'il est admis qu'à volume équivalent, l'exploitation et la transformation de grosses tiges sont moins dispendieuses que celles de petites tiges (Hébert, 2007).

Risques et contraintes des solutions proposées

- **Risque de chablis** : Il est reconnu que le risque de chablis augmente avec l'ouverture du peuplement, en raison d'une plus grande pénétration du vent et de la diminution du support mutuel des tiges (Cremer *et al.*, 1982; Savill 1983). Les modèles indiquent que la diminution de la résistance du peuplement au chablis serait proportionnelle au pourcentage de la surface terrière récoltée (Achim *et al.*, 2005). Malgré cette augmentation du risque, inévitable à la suite de la coupe partielle, l'expérience acquise dans les écosystèmes similaires à ceux de la réserve faunique des Laurentides démontre que les peuplements éclaircis ne sont pas systématiquement touchés par le chablis (Ruel *et al.*, 2003). Outre les caractéristiques du peuplement, les caractéristiques de la station, l'exposition au vent selon la topographie ainsi que la taille des ouvertures qui jouxtent le peuplement influencent le risque de chablis (Elie et Ruel, 2005; Larouche *et al.*, 2007; Robichaud et Methven, 1993; Ruel *et al.*, 2003). Plusieurs méthodes ont été proposées pour réduire ce risque, comme le maintien des arbres les plus stables (Smith *et al.*, 1997), le maintien d'une zone tampon non traitée en bordure du peuplement traité ou la réalisation de sentiers de débardage non rectilignes. Cependant, leur efficacité réelle dans les écosystèmes similaires à ceux de la réserve faunique des Laurentides n'a pas été documentée. La mesure de base consisterait toutefois à éviter de placer des coupes partielles en aval de zones récemment dénudées par des coupes totales et exposées aux vents dominants.
- **Risque de dommages aux arbres résiduels** : L'emploi d'équipements adéquats, la formation des opérateurs et l'application d'un contrôle opérationnel permettent de réduire grandement ce risque.

- **Incertitude face à la tordeuse des bourgeons de l'épinette :** Les éclaircies commerciales favorisent une meilleure santé des arbres entre les épidémies, ce qui peut améliorer leur résistance face à une nouvelle attaque. Par contre, en période épidémique, elles ne devraient pas être pratiquées, car les populations d'insectes se concentreraient sur les arbres résiduels qui subiraient alors une défoliation plus importante.
- **Risque d'écrémage :** Les règles de sélection des tiges doivent être articulées de façon à prévenir l'écrémage (élimination systématique des meilleurs sujets ou des individus d'une espèce en particulier). Il faut s'assurer de disposer de bons semenciers en vue de la phase de reproduction. Pour ce faire, **les règles d'abattage doivent éviter de conduire au prélèvement d'essences en raréfaction ou des meilleurs sujets.** Cette disposition permet également d'éviter d'accentuer le risque de chablis, d'éliminer les meilleures combinaisons génétiques et de retarder la formation de semenciers de grosse dimension (Smith *et al.*, 1997) et des attributs de vieilles forêts.
- **Risque de rupture du recrutement de bois mort :** Dans le cadre de l'aménagement écosystémique, les modalités associées au maintien d'attributs de vieilles forêts dans le cadre des coupes partielles doivent être intégrées aux consignes d'abattage afin d'assurer le recrutement de bois mort.
- **Risque d'homogénéisation des structures verticales et horizontales :** Dans le cadre de l'aménagement écosystémique, des dispositions spécifiques visant le maintien d'une certaine variabilité structurale, par la création de quelques trouées et bouquets denses, doivent être incorporées aux consignes d'abattage. Une localisation des trouées permettant de libérer des zones où il y a présence de régénération contribue à la réduction de ce risque.

Besoins de connaissances

Réaliser des tests en forêt naturelle n'ayant pas fait l'objet d'EPC au préalable et évaluer les effets du traitement sur la croissance, la composition, le chablis et la biodiversité, en fonction de la densité originale, de l'intensité du prélèvement, du type d'éclaircie pratiquée et des conditions de site. Les effets sur la biodiversité devraient porter à la fois sur la faune, les plantes vasculaires, les insectes et les champignons. Il convient, à cet effet, de déterminer préalablement les espèces parapluies et les espèces clés à considérer.

Expérimenter l'éclaircie commerciale dans les peuplements denses et peu productifs afin de vérifier si ce traitement peut répondre à l'enjeu concernant ces peuplements.

Références

- Achim, A., J.C. Ruel et B.A. Gardiner, 2005. Evaluating the effect of precommercial thinning on the resistance of balsam fir to windthrow through experimentation, modelling, and development of simple indices. *Journal Canadien de la Recherche Forestière*, 35:1844-1853.
- Baskerville, G.L. et D.A. MacLean, 1979. Budworm-caused mortality and 20-year recovery in immature balsam fir stands. *Cent. Rech. for. Maritimes, Rapp. Inf. M-X-102*.
- Blais, J.R., 1985. Répercussions des invasions de la tordeuse des bourgeons de l'épinette sur le sapin baumier et l'épinette blanche dans la réserve des Laurentides. *Cent. Rech. for. Laurentides, rapp. Inf. LAU-X-68F*.
- Cremer, K.W., C.J. Borough, F.H. Mckinnel et P.P. Carter, 1982. Effects of stocking and thinning on wind damage in plantations. *N.Z. J. For. Sci.* 12: 245-268.
- Déry, S. et M. Leblanc, 2005. Lignes directrices pour l'utilisation des pratiques sylvicoles adaptées dans le cadre de la mise en oeuvre de l'objectif 4. Québec, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de l'environnement forestier, 13 p.
- Elie, J.G. et J.C. Ruel, 2005. Windthrow hazard modelling in boreal forests of black spruce and jack pine. *Canadian Journal of Forest Research*, 35 (11): 2655-2663.
- Franklin, J.F., D.R. Berg, D.A. Thornburgh et J.C. Tappeiner, 1997. Alternative Silvicultural Approaches to Timber Harvesting: Variable Retention Harvest Systems. Chap. 7, p. 111-139. *Dans Kohm, K. A. et J.F. Franklin (éditeurs), Creating a Forestry for the 21st Century: The Science of Ecosystem Management*. Island Press, Washington, D.C.
- Franklin, J.F., R.J. Mitchell, et B.J. Palik, 2007. Natural disturbance and stand development principles for ecological forestry. *Gen. Tech. Rep. NRS-19*, Northern Research Station, USDA Forest Service, Newton Square, PA., 44 p.
- Harvey, V., 2009. Évaluation de l'utilisation par la faune terrestre des plantations et des peuplements ayant fait l'objet d'une éclaircie précommerciale et de l'impact des éclaircies commerciales à l'échelle locale et régionale. Québec, ministère des Ressources naturelles et de la faune, Direction de l'expertise sur la faune et ses habitats, 65 p.
- Hébert, B., 2007. De l'éclaircie commerciale dans les peuplements résineux? Donnez-moi une bonne raison! *Forêt Savoir, Bulletin d'information du Consortium en foresterie Gaspésie-Les-Îles*, no 10, septembre, p. 2.
- Jamnick, M., T. Needham et M. Bateman, 1994. Commercial thinning to provide harvest stability to forests with an unbalanced age class distribution. *Forestry Chronicle*, 70 (3): 299-303.
- Larouche, C., J.-C. Ruel et L. Bélanger, 2007. L'effet du patron de répartition des coupes sur les pertes par chablis : le cas de la sapinière à bouleau blanc de l'Est. *Forestry Chronicle*, 83 : 84-91.
- Lussier, J.M., P. Meek, M. Côté, C.H. Ung, D.E. Swift, et I. Duchesne, 2008. Partial harvest tactics to improve sustained wood supply under an even-aged forest management regime. *For. Ecol. Manage. Manuscript*.
- Lussier, J.M., H. Morin et R. Gagnon, 2002. Évolution de la structure diamétrale et production ligneuse des pessières noires issues de coupe et de feu. *Canadian Journal of Forest Research*, 32 (3) : 526-538.
- Norris, J.E., A. Stokes, S.B. Mickovski, E. Cammeraat, R. van Beek, B.C. Nicoll et A. Achim, 2008. Slope stability and erosion control: Ecotechnological solutions. Springer, The Netherlands, 287 p.
- OIFQ, 1996. Manuel de foresterie. Les presses de l'Université Laval, 1428 p.
- Robichaud, E. et I.R. Methven, 1993. The effect of site quality on the timing of stand breakup, tree longevity, and the maximum attainable height of black spruce. *Can. J. For. Res.*, 23: 1514-1519.
- Ruel, J.-C., P. Raymond et M. Pineau, 2003. Winthrow after shelterwood cutting in balsam fir stands. *NJAF*, 20 (1): 5-13.
- Savill, P.S., 1983. Silviculture in windy climate. *For. Abstr.*, 44: 473-488.
- Smith, D.M., B.C. Larson, M.J. Kelly et P.M.S. Ashton, 1997. The practice of silviculture. *Applied forest ecology*, 9th ed., John Wiley & Sons, New York, NY, 537 p.
- Steeger, C., R. Holt et J. Smith, 1999. Enhancing Biodiversity Through Partial Cutting. *Pandion Ecological Research Ltd.*, Nelson, B.C., 52 p.
En ligne: <http://www.for.gov.bc.ca/hfd/efp/resources/enhbio.pdf>

On peut citer ce document en tout ou en partie, en indiquant la référence suivante

Comité d'experts sur les solutions, 2009. *Projet de développement d'une approche d'aménagement écosystémique dans la réserve faunique des Laurentides. Fiches techniques - Éclaircie commerciale*. Québec.

**Type de solution**

Grand axe
 ✓ Régime/Scénario sylvicole
 Pratique/Intervention sylvicole

Types d'enjeux concernés**Principaux :**

Organisation spatiale
Stades de développement
Structure des peuplements
Composition
Aménagement forestier
Encadrement visuel

Complémentaires :

Bois mort
 Milieux aquatiques
 Filtre fin

Objectifs

Assurer le **maintien d'un couvert forestier mature permanent** en misant sur la récolte et l'établissement continu – ou selon une courte périodicité – de la régénération (Schütz, 1997) sur l'ensemble du peuplement traité (Matthews, 1989; Nyland, 2002), régénération obtenue grâce au dosage de la lumière en sous-étage (Schütz, 1997). Le jardinage vise essentiellement à **atteindre et maintenir une production soutenue de bois de forte dimension et de belle qualité** (Schütz, 1997; Nyland, 2002).

Définition

- Traitement du régime de la futaie **jardinée** (Schütz, 1997) – ou **inéquienne balancée** (Nyland, 2002) – qui consiste à réaliser simultanément plusieurs activités incluant la récolte, la régénération, ainsi que l'éducation (Nyland, 2002). Ce traitement doit également inclure la régulation de la structure et l'objectif d'améliorer la forêt (Matthews, 1989; Schütz, 1997; Nyland, 2002).
- La régulation de la structure peut être effectuée par la gestion de la structure diamétrale ou de la superficie (Smith *et al.*, 1997; Schütz, 1997; Nyland, 2002).

Problématique

Le portrait structural des forêts préindustrielles était façonné par le régime de perturbations naturelles prévalant sur le territoire. Dans la sapinière, ces perturbations sont le fait de la tordeuse des bourgeons de l'épinette et du vent. Dans la pessière, le feu constituerait le principal agent déterminant le régime de perturbations, alors que la tordeuse des bourgeons de l'épinette agirait tout de même comme agent secondaire en l'absence de feux (Coll. sous la direction de S. Gauthier *et al.*, 2008; Tremblay, en préparation). La forêt résultante présentait une diversité structurale qui a été considérablement réduite à la suite de l'application unilatérale d'une stratégie d'aménagement axée essentiellement sur la constitution de peuplements réguliers sur de courtes rotations. Dans la réserve faunique des Laurentides, les peuplements de structure irrégulière (incluant les bisétagés) comptaient pour 40 % de la superficie et ceux présentant une distribution diamétrale jardinée couvraient 2 % du territoire (Leblanc et Bélanger, 2000).

Solution

- Promouvoir l'adoption des régimes favorables au maintien et à la formation de forêts inéquiennes, dont fait partie le jardinage.
- Le jardinage assure le maintien d'un couvert forestier **mature**, tout en répondant à l'adéquation des flux de bois.
- Le maintien d'attributs de vieilles forêts est préconisé lors de chacune des interventions.

Traitement préconisé à l'échelle du peuplement

- Deux variantes principales de ce traitement sont traditionnellement reconnues : par pied d'arbre, ainsi que par trouées (Matthews, 1989; Smith *et al.*, 1997; Nyland, 2002).
- Orienter prioritairement les peuplements présentant déjà une structure irrégulière ou jardinée vers ce régime; sinon, profiter le plus possible de la différenciation structurale existante au sein du peuplement, combinée à la présence d'essences longévives (épinettes), pour identifier les peuplements à orienter vers le régime de la futaie jardinée.

Approche préconisée à l'échelle du paysage

- La proportion de superficie à orienter vers les différents régimes s'établit au moment de la stratégie d'aménagement, en se basant sur la variabilité structurale naturelle caractéristique des forêts préindustrielles.
- L'utilisation du régime jardiné permet d'assurer le maintien permanent d'un couvert forestier mature. Une localisation judicieuse peut favoriser la connectivité des forêts mûres et vieilles* et contribuer à réduire l'impact négatif de la CPRS sur la qualité visuelle du paysage.
- Afin de favoriser le maintien d'espèces associées aux vieilles forêts dans les secteurs traités par coupes partielles, il est recommandé d'éviter de pratiquer ces coupes dans un environnement dominé par les peuplements en régénération. Il convient également de prévoir une superficie suffisante, ou une configuration, permettant de limiter les effets de lisières moins favorables à ces espèces (Déry et Leblanc, 2005).

Conditions d'application pour le jardinage

CRITÈRE	CONDITIONS PROPICES
Structure du peuplement	Irrégulière (étagée) ou jardinée. Théoriquement, les peuplements équiennes peuvent subir des interventions visant la conversion de leur structure. Il s'agit cependant d'une avenue nécessitant plusieurs interventions légères et qui reste à expérimenter
Stades évolutifs	Stable et faciès
Stades de développement	<ul style="list-style-type: none"> • Mûr, vieux si présence d'une bonne proportion d'essences longévives (épinettes dans les peuplements résineux ou érables dans les peuplements feuillus) pour assurer le maintien du peuplement résiduel sur une période suffisante • Possibilité d'orienter un jeune peuplement irrégulier vers ce régime au moyen d'éclaircies jardinatoires
Densité avant chaque coupe	Principalement A ou B, peut parfois être envisagé dans des peuplements de densité C (dont la densité se situe dans la portion supérieure de l'intervalle), à condition qu'il y ait présence suffisante de recrues potentielles pour envisager le maintien de l'ambiance forestière après chacune des coupes partielles
Composition	Dominance d'essences tolérantes à l'ombre
Vigueur	Arbres à dégager vigoureux avec des cimes assez développées (\geq au tiers de la hauteur de l'arbre)
Régénération en essences désirées	Bonne ou déficiente en termes de quantité et/ou de développement
Végétation compétitive	Risque élevé d'envahissement par les espèces héliophiles (peuplier, bouleau à papier, framboisier, érable à épis, éricacées)
Conditions de site	Pente et rugosité faibles à modérées; bonne qualité de station; présence de contraintes esthétiques ou autres à l'origine de la nécessité du maintien d'un couvert forestier mature permanent
Accès	Présence d'un accès permanent à moins de 1 km
CRITÈRE	CONDITIONS LIMITANTES
Conditions de site	Terrain dénudé en amont, exposé aux vents dominants; dépôts minces, sommets et haut de pente (risque de chablis)
Composition	Absence ou insuffisance d'essences longévives permettant d'assurer le maintien d'un couvert mature en permanence

* L'enjeu identifié initialement était la disparition des forêts « mûres et surannées ». L'évolution de la réflexion relative aux indicateurs de performance écosystémique a poussé à distinguer les forêts surannées qui sont maintenant désignées comme « vieilles forêts ».



Le traitement dont il est l'ici question répond à la définition de Nyland (2002) pour qui le jardinage convient aux peuplements inéquiennes comportant au moins 3 classes d'âge. Soulignons que, selon le référentiel retenu, un scénario prévoyant trois entrées par période correspondant à la longévité de l'essence principale

pourra être classé soit dans le régime jardiné, soit dans le régime irrégulier (voir encadré sur les régimes sylvicoles du rapport). Dans le cadre de l'aménagement écosystémique, **le principal objectif associé à ce traitement est d'assurer le maintien permanent d'un couvert forestier mature**. De plus, le traitement permet d'assurer la disponibilité d'une diversité de microhabitats grâce au développement de la structure verticale résultant de son application.

S'inspirer des perturbations naturelles

Les vagues de mortalité partielle récurrentes consécutives à des périodes d'épidémies d'insectes (ex. : tordeuse des bourgeons de l'épinette) provoquent des ouvertures où se développent de nouvelles cohortes et créent ainsi des peuplements comportant des âges multiples. En pareilles circonstances, la mortalité apparaît généralement selon un patron de distribution contagieuse. Par conséquent, le jardinage par trouées s'approche davantage des conditions créées par les épidémies légères, alors que la variante par pied d'arbre s'apparente plutôt à un processus de mortalité individuelle (Nyland, 2002), du type de celui prévalant entre les perturbations.

Traitements préconisés à l'échelle du peuplement

Il existe de nombreuses variantes du jardinage. Les deux principales, qui diffèrent essentiellement de par leur mode de régulation de la structure, sont :

Jardinage par pied d'arbre : Traitement caractérisé par une production individualisée (Schütz, 1997). Dans ce cas, la régulation de la structure se base sur la distribution diamétrale (Smith *et al.*, 1997; Nyland, 2002). La régénération se fait de manière continue sur toute la surface du peuplement (Matthews, 1989). En Amérique du Nord, il est surtout appliqué aux peuplements de feuillus tolérants (Nyland, 2002).

Jardinage par trouées : Traitement où les prélèvements sont effectués par trouées, dont les dimensions varient entre ½ et 2 hauteurs d'arbres, et formant à terme une juxtaposition de micropeuplements équiennes, de dimensions et d'âges différents (Smith *et al.*, 1997; Nyland, 2002). À chaque entrée, les différents traitements du régime équienne (régénération, éducation et éclaircies) sont appliqués à chaque micropeuplement selon son stade de développement (Nyland, 2002). La régulation s'accomplit par la gestion des superficies. Ce traitement constitue une intervention flexible où le dosage de la taille des trouées permet de moduler la composition. Il convient particulièrement aux peuplements mélangés présentant naturellement une sociabilité par groupes (cas de certaines sapinières à bouleau jaune).

Quelques notes supplémentaires

Il est également possible de combiner l'approche par pied d'arbre à la réalisation de petites trouées dans le but de maintenir une proportion d'essences semi-tolérantes. La littérature mentionne aussi le jardinage en lisière : les prélèvements sont effectués par lisières étroites et forment à terme une juxtaposition de micropeuplements d'âges divers (Smith *et al.*, 1997) où la régulation se réalise sur la base des superficies. Cette dernière méthode convient aux peuplements résineux où il y a nécessité de maintenir un couvert permanent; elle ne permet toutefois pas une localisation optimale des ouvertures qui permettraient de tirer partie des zones de régénération déjà présentes.

L'ouverture du couvert doit être dosée en fonction des exigences microclimatiques des essences à régénérer, du niveau de développement de la régénération préétablie présente et du risque d'envahissement par la compétition. Le couvert résiduel doit donc être maintenu à un niveau suffisant pour empêcher l'établissement des espèces héliophiles.

Étant donné que le jardinage vise la production de bois de grosse dimension et de haute qualité, les règles d'abattage doivent être articulées de façon à concentrer les prélèvements sur les arbres moins vigoureux, tout en veillant à ne pas créer de trop grandes ouvertures.

En principe, le jardinage s'applique aux essences longévives et de grande valeur commerciale. À l'heure actuelle, on ignore si (ou encore, dans quelles conditions) ce scénario peut être appliqué aux sapinières pures. En attendant les résultats de suivis qui feront la lumière sur le sujet, le jardinage devrait être préférentiellement réalisé dans des peuplements renfermant des essences longévives (épinettes, pour les peuplements résineux).

Les peuplements inéquiennes issus d'une juxtaposition de micropeuplements équiennes doivent faire l'objet des traitements nécessaires aux divers stades de développement de chacun des micropeuplements, afin de recruter des tiges à partir des étages inférieurs et, ainsi, assurer la continuité du scénario. Conséquemment, à chaque passage, il faudra régénérer des micropeuplements mûrs et vieux, en utilisant le dosage de la lumière pour déterminer la taille des trouées, nettoyer ou dégager les aires en régénération et éclaircir les portions jeunes. Afin de maximiser croissance et régénération, les choix devraient toujours être effectués de façon à privilégier le maintien des meilleurs sujets et à les dégager au besoin, jusqu'à la récolte finale du micropeuplement.

Le régime de la futaie jardinée offre des avantages associés au maintien d'une structure verticale bien développée, notamment à l'égard de la diversité de microhabitats. De plus, dans le cadre de l'aménagement écosystémique, il est recommandé de moduler les coupes de jardinage de manière à favoriser certaines caractéristiques constitutives de la complexité écologique, au moyen de :

1. l'adoption d'une structure diamétrale cible (le cas échéant) permettant une réallocation de la surface terrière cible de manière à intégrer de gros diamètres (ex. : utilisation d'une courbe sigmoïde renversée convenant à la station, plutôt que la traditionnelle courbe en « J inversé » (Keeton, 2006)), ou bien l'application de cibles de rétention incluant des arbres vivants de très gros diamètre pour la station considérée;
2. la rétention d'attributs de vieilles forêts lors des coupes;
3. l'ajout de quelques trouées et bouquets denses dans un traitement uniforme, ou bien la réalisation de coupes de jardinage par trouées, par groupes ou par lisières, de manière à assurer une certaine diversité de la structure verticale et de la composition de la régénération. Rappelons que l'introduction d'une variabilité dans l'espacement entre les tiges (présence de trouées et de bouquets denses) est favorable à la faune, puisqu'elle permet d'offrir des clairières au microclimat plus chaud et plus sec, ainsi que des bouquets denses qui constituent des sources de nourriture et d'abri (Comité scientifique sur les enjeux de biodiversité, 2007).

Maintien d'attributs de vieilles forêts : niveaux à associer aux coupes partielles (Déry et Leblanc, 2005).

ATTRIBUT	NIVEAU MINIMAL	SPÉCIFICATIONS
Gros arbres vivants	5 à 10 tiges/ha	Arbres de fort diamètre qui servent ou serviront d'arbres à valeur faunique
Gros chicots	10 à 15 tiges/ha	Conserver les plus gros chicots présents
Débris ligneux	5 m ³ /ha	Inclure des grosses pièces et répartir uniformément sur le parterre de coupe

Approche préconisée à l'échelle du paysage

Le jardinage constitue le traitement à privilégier là où existent des contraintes exigeant le maintien d'un couvert forestier en permanence. De plus, une planification judicieuse des peuplements à orienter vers le jardinage devrait être réalisée de manière à favoriser la connectivité des forêts mûres et vieilles.

Impacts sur les enjeux écosystémiques

ENJEU	IMPACTS DU JARDINAGE
Raréfaction des forêts mûres et surannées	<u>Dans la mesure où le peuplement a atteint le stade mûr et que l'on assure le maintien des attributs de vieilles forêts (présence de chicots, d'arbres à valeur faunique, de débris ligneux de grosse dimension et hétérogénéité structurale), et que le couvert résiduel est suffisant pour assurer le maintien des conditions de forêt d'intérieur (couvert minimal de l'ordre de 40 %),</u> permet de limiter la raréfaction des forêts mûres et vieilles de manière permanente
Inversion de la matrice *	L'orientation vers le régime de la futaie jardinée favorise le maintien des forêts mûres et vieilles et permet d'éviter la formation de blocs de jeunes peuplements agglomérés
Uniformisation des structures horizontale et verticale des peuplements	<ul style="list-style-type: none"> • Le jardinage permet le développement de la structure verticale • <u>Dans la mesure où le prélèvement est effectué de manière à assurer la présence de trouées et de bouquets denses,</u> le jardinage peut favoriser une diversification de la structure horizontale
Raréfaction du bois mort dans les forêts aménagées	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Dans la mesure où l'on intègre le maintien d'attributs de vieilles forêts,</u> comporte la rétention d'arbres à valeur faunique, de chicots et de débris ligneux • Le maintien d'un couvert forestier est favorable au recrutement de bois mort

* Disparition de la dominance des forêts mûres et surannées au profit d'une surabondance des jeunes peuplements agglomérés

Enfeuillage	<ul style="list-style-type: none"> Le maintien d'un couvert permanent associé à un dosage adéquat de l'ouverture, permet de limiter l'établissement de feuillus intolérants <u>Dans la mesure où le prélèvement permet de retirer les feuillus intolérants (sources de semences) présents dans les peuplements résineux</u>, peut contribuer à la réduction du problème d'enfeuillage
Raréfaction des attributs de composition de la sapinière à bouleau jaune: essence visée THO	<p><u>Dans la mesure où les semenciers des essences visées sont présents et maintenus sur pied :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> permet de bénéficier d'une période de production semencière accrue, favorisant l'établissement de la régénération de cette essence l'ouverture du couvert par petites trouées est favorable à la régénération de THO dans les cédrières
Raréfaction de l'épinette blanche dans les sapinières à bouleau blanc	<p><u>Dans la mesure où les EPB sont présentes et maintenues sur pied (pendant une période qui s'approche de leur longévité naturelle, pour au moins une portion d'entre elles) :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> permet de bénéficier d'une période de production semencière accrue, favorisant l'établissement de la régénération de cete essence l'établissement de la régénération d'EPB requiert la présence de bons lits de germination que constituent le bois mort et le sol minéral (Burns et Honkala, 1990; OMNR, 2003) : la protection des débris ligneux en décomposition et/ou la perturbation du sol (par poquets) lors des bonnes années semencières sont indiquées
Raréfaction de l'épinette noire dans la sapinière à EPN et dans les pessières	<p><u>Dans la mesure où les EPN sont présentes et maintenues sur pied (pendant une période qui s'approche de leur longévité naturelle, pour au moins une portion d'entre elles),</u> permet de bénéficier d'une période de production semencière accrue, favorisant l'établissement de la régénération de cette essence</p>
Maintien des sapinières à épinette blanche et épinette noire de haute altitude	L'application du régime de la futaie jardinée axé sur le maintien des épinettes sur de plus longues révolutions (par rapport aux autres essences) et accompagné de mesures pour en favoriser la régénération, pourrait permettre le maintien de la composition historique de ces peuplements
Perte d'intégrité des milieux humides forestiers	Grâce au maintien d'un couvert forestier, le régime de la futaie jardinée peut limiter les problèmes de remontée de la nappe phréatique généralement associés aux coupes totales sur milieux humides
Maintien de la qualité de l'habitat aquatique et Modification du régime hydrologique	Le maintien d'un couvert forestier permanent permet de limiter le risque d'érosion; contribue à limiter l'aire équivalente de coupe par bassin versant et ainsi contrôler les débits de pointe
Érosion	Le maintien d'un couvert forestier permanent permet de réduire le risque d'érosion
Le caribou forestier de Charlevoix	Les coupes de jardinage permettent le maintien permanent de forêts mûres et vieilles
Qualité de l'habitat de l'orignal	Toute disposition permettant d'assurer un mélange fin de peuplements servant d'abri (vieux peuplements) et de peuplements servant à l'alimentation (jeunes) contribue au maintien de la qualité de l'habitat de l'orignal
Régénération et succession naturelle des peuplements	Régime sylvicole favorable à la production et au maintien de semenciers d'essences désirées
Approvisionnement en quantité	<ul style="list-style-type: none"> Peut permettre d'assurer un approvisionnement en matière ligneuse en période de rupture de stock, malgré la nécessité de conserver des forêts mûres et vieilles Peut permettre de réduire les pertes associées à la récolte de la proportion non mature du peuplement
Approvisionnement en qualité	<ul style="list-style-type: none"> Favorise l'obtention de grosses tiges à maturité La sélection des tiges favorisant le maintien des meilleurs sujets permet une amélioration de la qualité des bois Favorise la croissance régulière et améliore la qualité
Coûts d'approvisionnement de la matière ligneuse	La récolte partielle entraîne une augmentation des coûts à court terme, mais elle peut limiter le besoin d'avoir recours aux mesures d'assistance à la régénération; ce qui aura un impact sur les coûts à moyen et à long termes et permettra éventuellement l'obtention de plus gros bois
Qualité visuelle des paysages	Permet le maintien d'un couvert forestier mature permanent
Perte d'intégrité des forêts d'intérieur	<u>Dans la mesure où les coupes partielles ne sont pas trop sévères</u> , elles permettent de maintenir une ambiance de forêt d'intérieur

Impacts sur la production ligneuse

- Représente un des moyens pour gérer plus efficacement le flux de bois et, potentiellement, combler les besoins de bois pendant la période critique (Jamnick *et al.*, 1994; Lussier *et al.*, 2008).
- Peut permettre de réduire les pertes résultant de l'exploitation trop hâtive ou tardive de certaines essences dans les peuplements mixtes de structure jardinée ou irrégulière.

- Permet de récolter de plus grosses tiges par rapport à une CPRS (Ruel *et al.*, 2007).
- Dans le cas du jardinage par pied d'arbre, le maintien du couvert peut ralentir la croissance des tiges en régénération. Cet effet devrait toutefois être moins important dans les peuplements gérés par micropeuplements équiennes.

Impacts sur les coûts

- *A priori*, les coupes partielles induisent une augmentation de la dispersion des coupes (Steeger *et al.*, 1999), mais cet effet peut être atténué lorsqu'il est possible de les réaliser conjointement avec d'autres interventions de récolte.
- L'application des coupes de jardinage entraîne le retour récurrent sur les sites, ce qui implique la nécessité d'entretenir les voies d'accès.
- En contrepartie, la réussite des coupes de jardinage permettrait, en principe, de réduire certains coûts sylvicoles en limitant le recours aux mesures d'assistance à la régénération (plantation, regarni) et aux dégagements récurrents.
- Le coût direct de la coupe partielle de régénération varie en fonction du volume prélevé et de la taille moyenne des arbres récoltés (voir la fiche sur les coupes partielles).

Risques et contraintes des solutions proposées

- **Risque de chablis** : Il est reconnu que le risque de chablis augmente avec l'ouverture du peuplement, en raison d'une plus grande pénétration du vent et de la diminution du support mutuel des tiges (Cremer *et al.*, 1982; Savill 1983). Malgré cette augmentation du risque, inévitable à la suite d'une coupe partielle, l'expérience acquise dans les écosystèmes similaires à ceux de la réserve faunique des Laurentides démontre que les peuplements éclaircis ne sont pas systématiquement touchés par le chablis (Ruel *et al.*, 2003).

Outre les caractéristiques du peuplement, les caractéristiques de la station, l'exposition au vent selon la topographie ainsi que la taille des ouvertures qui jouxtent le peuplement influencent le risque de chablis (Elie et Ruel, 2005; Larouche *et al.*, 2007; Robichaud et Methven, 1993; Ruel *et al.*, 2003). Le risque est aussi plus élevé lorsque ces ouvertures sont récentes. Plusieurs méthodes ont été proposées pour réduire le risque de chablis, comme le maintien des arbres les plus stables (Smith *et al.*, 1997), la formation de bordures de peuplements constituant un obstacle le moins vertical possible (Norris *et al.*, 2008) ou la réalisation de sentiers de débardage non rectilignes. Cependant, l'efficacité réelle de ces méthodes sous nos conditions climatiques n'a pas été documentée.

Dans les peuplements à structure régulière, le risque de chablis est plus important pendant la conversion de structure, le cas échéant, en raison des coupes partielles successives dans des peuplements souvent matures au départ. Par la suite, le traitement (récolte des arbres moins vigoureux,

associée à l'éducation des plus jeunes tiges) devrait favoriser un meilleur développement des arbres et ainsi réduire le risque de chablis. De plus, les résultats de Gardiner *et al.*, (2005) et de Wellpott (2008) ont démontré que le risque de chablis est moindre dans un peuplement comportant des arbres en sous-étage (par rapport à un peuplement ayant un étage dominant identique, mais sans sous-étage). La présence d'une végétation de sous-étage limite le passage du vent sous le couvert, ce qui facilite la dissipation de l'énergie induite par le vent aux cimes des arbres de l'étage dominant. La croyance générale à l'effet que les peuplements inéquiennes seraient plus stables (Mason, 2002) pourrait aussi tirer origine de ce phénomène, bien que les données empiriques n'appuient pas toujours clairement cette croyance.

- **Incertitude face à la tordeuse des bourgeons de l'épinette** : Nécessité de suspendre le scénario prévu en période d'épidémie et de vérifier s'il peut toujours s'appliquer par la suite. On peut présumer que l'effet combiné du traitement et de la tordeuse des bourgeons de l'épinette produira des peuplements de structure irrégulière plutôt que jardinée.
- **Risque d'écrémage** : Les règles de sélection des tiges doivent être articulées de façon à prévenir l'écrémage (élimination systématique des meilleurs sujets ou des individus d'une espèce en particulier). L'objectif du jardinage est de produire des gros bois de qualité, les arbres ayant ce potentiel ne doivent donc pas faire partie des tiges récoltées avant qu'ils n'aient atteint les dimensions voulues. De plus, en retirant les sujets bénéficiant du meilleur ancrage, l'écrémage accentue le risque de chablis (Smith *et al.*, 1997). L'écrémage provoque également l'élimination des meilleures combinaisons génétiques, retarde la formation de semenciers de grosse dimension et reporte la coupe suivante en raison de la fermeture du couvert qui s'opère plus lentement (Smith *et al.*, 1997). Il peut aussi retarder la formation d'attributs de vieilles forêts.
- **Risque de dommages aux semenciers et aux semis** : L'emploi d'équipements adéquats, la formation des opérateurs et l'application d'un contrôle opérationnel permettent de réduire grandement ce risque.
- **Risque de pertes associées à l'adoption d'un scénario tronqué** : Toutes les activités du traitement doivent être réalisées pour assurer la permanence du régime. Par exemple, si les éclaircies ne sont pas réalisées dans les portions jeunes du peuplement, il y a un risque de devoir retarder la récolte finale des portions mûres.

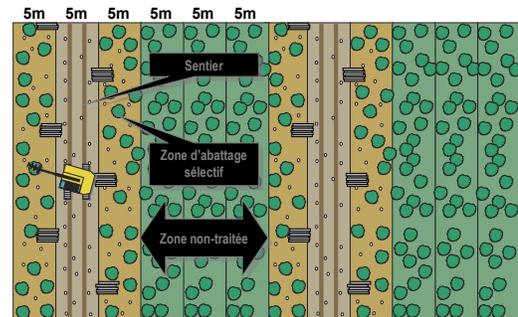
État des connaissances et expérience acquise

Les variantes opérationnelles suivantes ont récemment été développées pour les forêts résineuses (Ruel *et al.*, 2007) :

- Le jardinage* avec sentiers temporaires

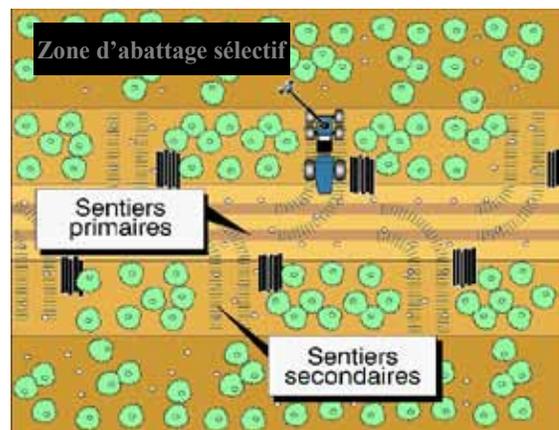
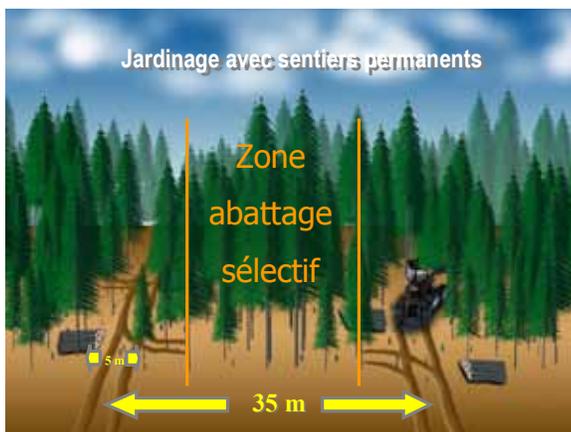


Jardinage avec sentiers temporaires



- Établissement d'un sentier temporaire à tous les 30 m
- Récolte totale dans les sentiers et récolte partielle, par pied d'arbre, sur une largeur de 5 m, située de part et d'autre du sentier, puis aucune récolte sur une largeur de 15 m (qui fera l'objet de la récolte lors du second passage)

- Le jardinage à sentiers permanents



- Établissement d'un sentier permanent à tous les 35 m
- Récolte totale dans les sentiers primaires permanents et récolte partielle, par pied d'arbre, sur toute la superficie entre les sentiers primaires
- Lors des entrées subséquentes, les nouveaux sentiers secondaires seront disposés de façon à contourner les îlots de régénération qui se seront établis dans les anciens sentiers secondaires

Ces variantes ont été expérimentées à diverses reprises, notamment dans le cadre d'un dispositif placé sous la responsabilité de la Chaire de recherche industrielle CRSNG-Université Laval en sylviculture et faune. Ce dispositif, établi sur la Côte-Nord dans le domaine de la pessière, permet de comparer ces deux variantes avec la CPRS et la CPPTM (Ruel *et al.*, 2007).

Besoins de connaissances

Mettre sur pied des dispositifs de jardinage afin d'établir des paramètres de traitement appropriés en fonction des conditions de

site (intensité de prélèvement, rotation, et planification des autres interventions, incluant l'assistance à la régénération et l'éducation). Mesurer l'effet du jardinage sur la croissance des arbres, l'évolution de la qualité du bois, ainsi que sur la régénération, tout en vérifiant les effets sur la biodiversité.

Vérifier l'applicabilité du scénario de jardinage dans les sapinières pures afin de déterminer la pertinence de ce choix du régime pour ces peuplements et pour définir les conditions favorables d'application, le cas échéant.

* Selon le référentiel terminologique retenu, cette variante pourrait éventuellement être plutôt classée parmi les coupes progressives irrégulières avec couvert permanent (*sensus* Raymond *et al.*, 2009) étant donné qu'elle n'assure pas la régénération de manière continue sur toute la surface du peuplement.

Références

- Burns, R.M. et B.H. Honkala, tech. coords. 1990. *Silvics of North America: 1. Conifers; 2. Hardwoods*. Agriculture Handbook 654, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Washington, D.C. vol. 2, 877 p.
- Collectif sous la direction de S. Gauthier *et al.*, 2008. *Aménagement écosystémique en forêt boréale*. Québec, Presses de l'Université du Québec, 600 p.
- Comité scientifique sur les enjeux de biodiversité, 2007. *Enjeux de biodiversité de l'aménagement écosystémique dans la réserve faunique des Laurentides*. Rapport préliminaire du comité scientifique, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec (Québec), viii + 118 p. + annexes.
- Cremer, K.W., C.J. Borough, F.H. Mckinnel et P.P. Carter, 1982. Effects of stocking and thinning on wind damage in plantations. *N.Z. J. For. Sci.*, 12: 245-268.
- Déry, S. et M. Leblanc, 2005. *Lignes directrices pour l'utilisation des pratiques sylvicoles adaptées dans le cadre de la mise en oeuvre de l'objectif 4*, Québec, gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de l'environnement forestier, 13 p.
- Elie, J.G. et J.C. Ruel, 2005. Windthrow hazard modelling in boreal forests of black spruce and jack pine. *Canadian Journal of Forest Research*, 35 (11): 2655-2663.
- Gardiner, B.A., B.J. Marshall, A. Achim, R. Belcher, et C. Wood, 2005. The stability of different silvicultural systems: A wind tunnel investigation. *Forestry*, 78: 471-484.
- Jamnick, M., T. Needham et M. Bateman, 1994. Commercial thinning to provide harvest stability to forests with an unbalanced age class distribution. *Forestry Chronicle*, 70 (3): 299-303.
- Keeton, W.S., 2006. Managing for late-successional/old-growth characteristics in northern hardwood-conifer forests. *For. Ecol. and Manage.*, 235: 129-142.
- Larouche, C., J.-C. Ruel et L. Bélanger, 2007. L'effet du patron de répartition des coupes sur les pertes par chablis : le cas de la sapinière à bouleau blanc de l'Est. *Forestry Chronicle*, 83 : 84-91.
- Leblanc M. et L. Bélanger, 2000. *La sapinière vierge de la Forêt Montmorency et de sa région : une forêt boréale distincte*. Mémoire de recherche no 136, Direction de la recherche forestière, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec, Québec, 91 p.
- Lussier, J.M., P. Meek, M. Côté, C.H. Ung, D.E. Swift, et I. Duchesne, 2008. Partial harvest tactics to improve sustained wood supply under an even-aged forest management regime. *For. Ecol. Manage.* Manuscript.
- Mason, W.L., 2002. Are irregular stands more windfirm? *Forestry*, 75(4): 347-355.
- Matthews, J.D., 1989. *Silvicultural systems*. Oxford University Press, 284 p.
- Norris, J.E., A. Stokes, S.B. Mickovski, E. Cammeraat, R. van Beek, B.C. Nicoll et A. Achim, 2008. *Slope stability and erosion control: Ecotechnological solutions*. Springer, The Netherlands, 287 p.
- Nyland, R.D., 2002. *Silviculture. Concepts and applications*. 2nd edition. Waveland Press, Long Grove, IL, USA, 682 p.
- OMNR, 2003. *Silviculture guide to managing spruce, fir, birch, and aspen mixedwoods in Ontario's boreal forest*. Version 1.0. Ontario Ministry of Natural Resources, Queen's Printer for Ontario, 382 p.
- En ligne : http://www.mnr.gov.on.ca/en/Business/Forests/Publication/MNR_E000352P.html
- Raymond, P., S. Bédard, V. Roy, C. Larouche et S. Tremblay, 2009. The irregular shelterwood system : review, classification, and potentiel application to forests affected by partial disturbances. Accepted. *Journal of Forestry*.

- Robichaud, E. et I.R. Methven, 1993. The effect of site quality on the timing of stand breakup, tree longevity, and the maximum attainable height of black spruce. *Can. J. For. Res.*, 23: 1514-1519.
- Ruel, J.-C., P. Raymond et M. Pineau, 2003. Winthrow after shelterwood cutting in balsam fir stands. *NJAF*, 20 (1): 5-13.
- Ruel, J.-C., V. Roy, J.-M. Lussier, D. Pothier, P. Meek et D. Fortin, 2007. Mise au point d'une sylviculture adaptée à la forêt boréale irrégulière. *Forestry Chronicle*, 83(3) : 367-374.
- Savill, P.S., 1983. Silviculture in windy climate. *For. Abstr.*, 44: 473-488.
- Schütz, J.-P., 1997. *Sylviculture 2. La gestion des forêts irrégulières et mélangées*. Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, Suisse, 178 p.
- Smith, D.M., B.C. Larson, M.J. Kelty et P.M. S. Ashton, 1997. *The practice of silviculture. Applied forest ecology*. 9th ed., John Wiley & Sons, New York, NY, 537 p.
- Smith, D.M., 1986. *The practice of silviculture*. 8th ed., John Wiley & Sons, New York, NY, 527 p.
- Steeger, C., R. Holt et J. Smith, 1999. *Enhancing Biodiversity Through Partial Cutting*. Pandion Ecological Research Ltd., Nelson, B.C., 52 p.
En ligne: <http://www.for.gov.bc.ca/hfd/efp/resources/enhbio.pdf>
- Tremblay, M.-J., en préparation. *Croissance et dynamique des pessières noires vierges situées entre les 51^e et 52^e parallèles*. Mémoire de maîtrise. Université du Québec à Chicoutimi.
- Wellpott, A., 2008. *The stability of continuous cover forests*. PhD thesis, University of Edinburgh, UK.

On peut citer ce document en tout ou en partie, en indiquant la référence suivante

Comité d'experts sur les solutions, 2009. *Projet de développement d'une approche d'aménagement écosystémique dans la réserve faunique des Laurentides. Fiches techniques - Jardinage*. Québec.



Type de solution

- √ Grand axe
- Régime/Scénario sylvicole
- Pratique/Intervention sylvicole
- Mesure ponctuelle dans le temps

Types d'enjeux concernés

Principaux :
Bois mort
Aménagement forestier
Filtre fin

Complémentaires :
 Structure de peuplement
 Composition
 Milieux aquatiques

Objectif

Conservier des **attributs du peuplement précédent** en vue de :

- Favoriser une **recolonisation rapide des sites après la coupe**.
- Maintenir certains **éléments utilisés par la faune, incluant de gros arbres à valeur faunique** : arbres de **fort diamètre**, vivants ou présentant des parties mortes et qui sont utilisés par la faune.
- Permettre un certain **recrutement de bois mort**, incluant des **pièces de grosse dimension**.

Définition

Ensemble de modalités visant le maintien de legs biologiques : Structures issues du peuplement d'origine favorisant la recolonisation des sites après perturbation. Les legs biologiques correspondent à des arbres vivants incluant des arbres à valeur faunique, des chicots (bois mort debout), des grosses pièces de débris ligneux au sol, la banque de semis, des portions intactes de sous-bois (incluant plantes et sol), des strates de végétation multiples, des arbres déracinés et du sol minéral exposé.

Problématique

En conditions naturelles, plusieurs arbres vivants et morts se maintiennent à la suite de perturbations même les plus sévères (Hunter, 1999; MacLean, 1980; Déry *et al.*, 2000). Ces legs biologiques fournissent un habitat essentiel à plusieurs organismes et jouent un rôle primordial dans le maintien des fonctions de l'écosystème. Or, les coupes conventionnelles produisent un environnement homogène et simplifié par rapport à celui créé par les perturbations naturelles (Franklin *et al.*, 2007).

Solution

- Prévoir la rétention de legs biologiques lors de la récolte des bois; ces attributs ont une influence critique sur l'habitat, mais ils résultent souvent d'un long processus, ce qui les rend difficiles à recréer une fois qu'ils ont été retirés des forêts aménagées; d'où l'importance d'en planifier la rétention (Franklin *et al.*, 2007).

Approche préconisée à l'échelle du peuplement

- Améliorer les pratiques actuelles en assurant le maintien d'un niveau représentatif et acceptable de legs biologiques en fonction de l'écosystème aménagé. Pour ce faire, il convient de s'inspirer des perturbations naturelles qui affectent le territoire afin de déterminer les types de legs ainsi que les niveaux de rétention à adopter.
- Assurer le maintien de legs biologiques au sein des secteurs récoltés, grâce à l'utilisation de :
 - coupes totales à rétention variable (voir fiche correspondante);
 - coupes partielles (voir fiche correspondante) avec maintien d'attributs de vieilles forêts.

Approche préconisée à l'échelle du paysage

- Utiliser le maintien de legs biologiques pour favoriser une certaine connectivité entre les massifs forestiers offrant des conditions de forêts d'intérieur, en dépit du manque de forêts mûres et vieilles* (Rheault, 2007).
- Assurer le maintien d'échantillons représentatifs des legs biologiques observés en forêt naturelle, comprenant notamment des niveaux maximaux de bois mort (Côté *et al.*, 2009), en intégrant les secteurs déjà sous contraintes dans un premier temps:
 - maintenir des vieilles forêts renfermant potentiellement une quantité maximale de legs biologiques tels que les refuges biologiques, les secteurs inaccessibles, les proportions de bandes riveraines sans exploitation et les secteurs en allongement des révolutions (voir fiche correspondante);
 - maintenir des secteurs sans récupération à la suite de perturbations sévères majeures (voir la fiche correspondante);
 - soustraire une partie des superficies en bandes riveraines de l'exploitation forestière à perpétuité (voir objectif de protection et de mise en valeur (OPMV) sur le bois mort).
- Effectuer le maintien de legs en priorité dans les zones à haute valeur (ZHV).

* L'enjeu identifié initialement était la disparition des forêts « mûres et surannées ». L'évolution de la réflexion relative aux indicateurs de performance écosystémique a poussé à distinguer les forêts surannées qui sont maintenant désignées comme « vieilles forêts ».

Conditions d'application pour le maintien de legs biologiques

Le maintien de legs peut être intégré à tous les régimes et à tous les traitements de récolte. Dans le cas des coupes partielles, on parlera plutôt de maintien d'attributs de vieilles forêts, qui comprennent également des attributs d'ordre structural (relevant de la complexité structurale existante). Selon l'intervention, certains attributs sont maintenus de facto (ex. : arbres vivants et portions de sous-bois intactes dans les coupes partielles). Par ailleurs, des efforts devront être consentis afin d'assurer le maintien des autres legs (ex. : gros arbres et chicots) qui ne pourraient être conservés à la suite d'une intervention réalisée de manière traditionnelle.

CRITÈRE	CONDITIONS PROPICES
Structures d'âge du peuplement	Toutes
Stades évolutifs	Tous
Stades de développement	Mûr et vieux, ainsi que prémature pour certaines coupes partielles

Les legs et leurs fonctions

Les legs biologiques confèrent une complexité structurale au nouveau peuplement et favorisent la résilience des écosystèmes.

ATTRIBUTS	EFFETS ET FONCTIONS
Arbres vivants (incluant les AVF)	<ul style="list-style-type: none"> • Sources de semences (favorise le renouvellement des forêts) • Sources de nourriture ou apport énergétique pour certains organismes • Habitat pour plusieurs organismes • Enrichissement de la structure verticale (rehausse la qualité de l'habitat) • Permettent le recrutement de chicots et de bois mort
Chicots	<ul style="list-style-type: none"> • Permettent la réalisation du cycle vital de nombreuses espèces (nidification, élevage, alimentation, perchoir et abri) • Les chicots de forte dimension offrent une meilleure isolation pour les organismes qui s'y abritent • Permettent le recrutement de débris ligneux
Gros débris ligneux	<ul style="list-style-type: none"> • Habitat pour de nombreuses espèces (notamment les espèces <i>saprophyliques</i>) associées aux différents stades de décomposition • Maintien de la fertilité des sols (apport de matière organique et conservation des organismes jouant un rôle dans la décomposition du bois et le recyclage des éléments nutritifs) • Influencent la géomorphologie des cours d'eau (améliorent la qualité de l'habitat des poissons) • Lits de germination pour certaines espèces d'arbres (influence sur la composition) • Grâce à leur capacité de rétention d'humidité, constituent des refuges potentiels pour les microorganismes du sol (incluant les <i>ectomycorrhizes</i>) et les racines d'arbres en période de sécheresse • Voies d'accès à la zone sous la neige pour plusieurs mammifères (repos et prédation)
Banque de semis	<ul style="list-style-type: none"> • Assure la régénération des forêts • Influence la composition des peuplements
Portions de sous-bois intactes (sol et plantes)	<ul style="list-style-type: none"> • Habitat et sources de nourriture pour de nombreuses espèces • Abri pour la petite faune (obstruction latérale)
Strates de végétation multiples	<ul style="list-style-type: none"> • Effets sur les conditions microclimatiques • Diversification de l'habitat favorable à un plus grand nombre d'espèces
Arbres déracinés	<ul style="list-style-type: none"> • Diversification des conditions microclimatiques du sol
Sol minéral exposé	<ul style="list-style-type: none"> • Lit de germination pour certaines espèces d'arbres (influence sur la composition forestière)

Sources : Stevens, 1997; Franklin *et al.*, 1997



Le maintien de legs biologiques vise plusieurs caractéristiques constituant de la complexité écologique de la forêt préindustrielle, notamment, la diversité des structures horizontale et verticale, la production de gros bois, la présence de gros vétérans, le recrutement de bois mort et la diversité de lits de germination.

Les legs biologiques maintenus doivent être représentatifs des caractéristiques observées en forêt naturelle (arbres vivants, chicots et bois mort au sol, en tenant compte de la composition du peuplement (Watt et Caceres, 1999)). Il faut porter une attention particulière aux arbres de **fort diamètre** pour le site considéré. Pour les arbres à valeur faunique, les dimensions requises dépendent des écosystèmes et de la faune présente sur le territoire qui niche dans les cavités. Quant aux chicots de grosse dimension, ils carient moins rapidement et sont ainsi moins vulnérables au renversement, ce qui favorise leur maintien sur une plus longue période (Watt et Caceres, 1999). Pour ce qui est des débris ligneux, les grosses structures (diamètre ≥ 20 cm) devraient être privilégiées, en raison de leur meilleure persistance – elles se décomposent beaucoup plus lentement (Stevens, 1997), de leur plus grande capacité de rétention d'humidité et de leur utilité pour un plus grand nombre d'organismes (B.C., Ministry of Forests and Range, 2000). Plusieurs espèces d'oiseaux, de petits mammifères, de polypores, de coléoptères *saproxyliques*, de bryophytes et de lichens *épixyliques* sont associées au bois mort (Rheault, 2007). Il importe d'assurer le recrutement de bois mort en raison de l'association étroite existant entre le stade de décomposition du bois et certaines espèces ou groupes d'espèces (Dudley et Vallauri, 2004). Ces stades étant temporaires, la persistance des espèces qui en dépendent nécessite l'apport continu de bois mort. Parmi ces espèces, plusieurs ont une faible capacité de dispersion, notamment les bryophytes *épixyliques* (Rheault, 2007). Pour la rétention, il est donc recommandé de favoriser le maintien des arbres adultes vivants et des chicots en vue d'alimenter la banque de bois mort, plutôt que de laisser du bois mort au sol; en effet, ce dernier se fait généralement ensevelir et ne peut servir de substrat aux espèces *épixyliques* (Rheault, 2007). La rétention de hautes souches représente également une solution possible pour assurer le maintien d'un substrat convenant à ces espèces (Forest Stewardship Council, 2000 dans Rheault, 2007).

Dans le cadre d'un régime sylvicole régulier, les legs doivent être maintenus sur au moins la **totalité de la prochaine révolution**

(Mitchell et Beese, 2002; Franklin *et al.*, 2007). Dans le cadre des régimes irréguliers et jardinés, les niveaux cibles de rétention de nouvelles structures doivent être rencontrés à chaque rotation, tout en préservant les legs maintenus lors des interventions antérieures de façon à assurer la représentativité des différents stades de décomposition du bois mort.

Suggestions générales pour le bois mort

Dans un premier temps, on recommande une série de mesures visant à améliorer les pratiques pour tenir compte du bois mort (Comité scientifique sur les enjeux de biodiversité, 2007; B.C., Ministry of Forests and Range, 2000):

- Prévoir le recrutement de bois mort tout au long de la vie du peuplement.
- Pour la rétention, des arbres de fort diamètre (pour le site considéré) doivent être maintenus en priorité.
- Laisser certains arbres présentant des défauts ou sans valeur commerciale, ainsi que les chicots sur pied – incluant les secs et sains (Crête *et al.*, 2004).
- Favoriser la récolte par arbre tronçonné; dans le cas d'une récolte par arbres entiers, prévoir le transport pour retourner des débris ligneux sur l'aire récoltée.
- Conserver, dans chaque aire de coupe, du bois mort de toutes dimensions et présentant différents stades de décomposition en portant une attention particulière aux grosses pièces de bois mort qui doivent être dispersées sur le site.
- Éviter de briser les grosses pièces de bois mort avec la machinerie ou de les intégrer aux empilements (sauf en cas d'exigences fauniques spécifiques).

Approche préconisée à l'échelle du peuplement

De façon générale, la cible de rétention nécessaire augmente avec le taux de prélèvement. Les interventions n'impliquant pas le retrait du couvert forestier comportent implicitement le maintien de certains legs biologiques (ex. : arbres vivants, portions de sous-bois intacts, strates de végétation multiples, banque de semis, etc.) (Franklin *et al.*, 1997), tel qu'illustré à la figure 1. De plus, les interventions de ce type assurent le maintien de la continuité forestière, ce qui est favorable au recrutement de bois mort, alors qu'en régime régulier, la rétention d'arbres vivants doit faire l'objet de mesures spécifiques. Toutefois, certains attributs, tels que les arbres à valeur faunique, risquent d'être absents dans tous les cas si une attention spéciale ne leur est pas accordée (Franklin *et al.*, 2007).

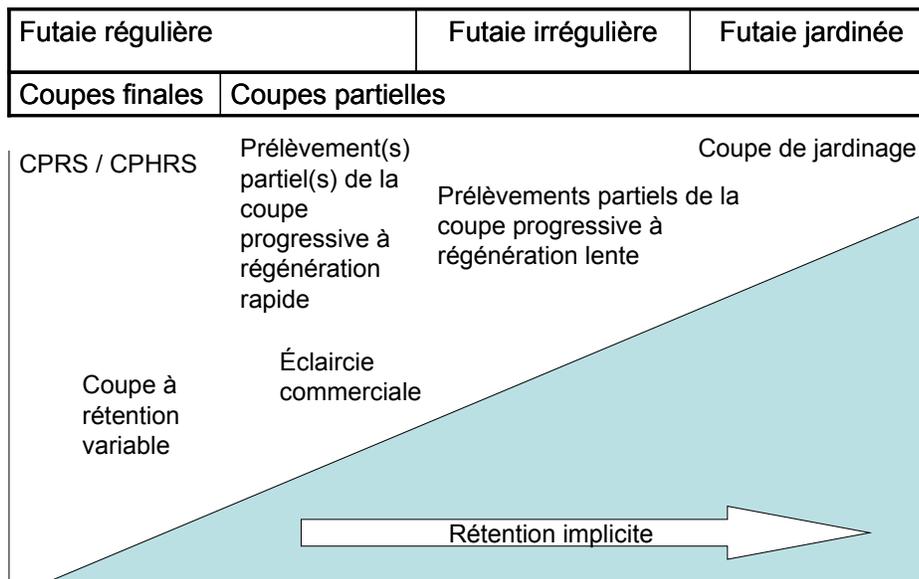


Figure 1 : Rétention implicite associée aux régimes et aux interventions sylvicoles.

La rétention associée à la coupe totale s'effectue sur la base des arbres vivants et des chicots et peut se faire selon deux patrons de distribution spatiale, regroupé ou dispersé (Franklin *et al.*, 1997; Franklin *et al.*, 2007), ce qui permet de rencontrer différents objectifs. La rétention regroupée permet d'intégrer des portions de sous-bois intactes, qui contribuent au maintien de l'habitat de certaines espèces à faible capacité de dispersion, ainsi que des strates de végétation multiples favorables à la diversification du microclimat (voir la fiche sur les coupes à rétention variable).

En principe, les cibles de rétention devraient être ajustées en fonction des besoins des espèces qui dépendent du bois mort pour compléter leur cycle de vie (pour les pics, voir Watt et Caceres,

1999). Toutefois, à défaut d'informations spécifiques, il convient d'adopter une approche qui relève du filtre brut permettant de garantir la présence minimale de legs, incluant le bois mort, dispersés sur l'ensemble du territoire. Dans ce contexte, les cibles de rétention doivent être établies en s'inspirant des legs produits par les perturbations naturelles agissant sur le territoire.

Approche préconisée à l'échelle du paysage

Le maintien de legs permet d'assurer une plus grande diversité de niches écologiques, qui peuvent faire office d'habitats-sources ou de refuges transitoires et ainsi contribuer à améliorer la connectivité entre les habitats (Sougavinski et Doyon, 2002).

Impacts sur les enjeux écosystémiques

ENJEU	SOLUTIONS : MODALITÉS / DISPOSITIONS	OBJECTIFS OU IMPACTS
Uniformisation des structures horizontale et verticale des peuplements	Appliquer la rétention d'arbres vivants lors des coupes totales Conserver des portions de sous-bois intactes	Induire une variabilité dans la structure verticale du peuplement
	Appliquer les deux patrons de rétention (arbres dispersés et par bouquets) Laisser des bosquets denses et des trouées lors des éclaircies	Induire une variabilité dans la structure horizontale du peuplement
	Promouvoir les régimes sylvicoles permettant le maintien d'un couvert forestier (jardiné et irrégulier)	Induire une variabilité pérenne des structures verticales à l'échelle du paysage

Raréfaction du bois mort dans les forêts aménagées	Allongement des révolutions (voir fiche correspondante)	<ul style="list-style-type: none"> • Maintien de l'habitat et des sources d'énergie pour les espèces <i>saprophyliques</i> • Permettre le recrutement de niveaux élevés de chicots
	Mise en œuvre des recommandations relatives au bois mort	<ul style="list-style-type: none"> • Maintien de l'habitat et des sources d'énergie pour les espèces <i>saprophyliques</i> • Maintien de la productivité des forêts • Maintien de lits de germination favorables à l'établissement de la régénération de certaines espèces (EPB, THO)
	Rétention de bouquets d'arbres vivants comportant quelques chicots dans les coupes totales	Permettre le recrutement de bois mort
	Associer le maintien d'attributs de vieilles forêts aux coupes partielles	Assurer la présence de bois mort dans les forêts aménagées, quel que soit le régime sylvicole retenu
	Soustraire une portion des superficies en bandes riveraines de l'exploitation forestière à perpétuité	<ul style="list-style-type: none"> • Conserver l'influence du bois mort sur les processus hydrogéologiques • Permettre le recrutement de niveaux maximaux de bois mort
Le garrot d'Islande	Dans les zones fréquentées par le garrot d'Islande : conserver des arbres à cavité et des chicots de diamètre ≥ 30 cm	Permettre la nidification de l'espèce
Raréfaction des forêts récemment perturbées laissées dans leur état naturel	À la suite de perturbations sévères majeures, assurer le maintien de superficies sans récupération qui soient représentatives du gradient écologique (voir la fiche correspondante)	<ul style="list-style-type: none"> • Conservation d'échantillons de niveaux maximaux de production de bois mort • Prévenir la disparition complète de la variabilité structurale résultant des perturbations sévères majeures
Raréfaction de l'épinette blanche	Rétention d'EPB, si possible de grosse dimension, éparées ou préférablement au sein de bouquets	<ul style="list-style-type: none"> • Production à terme de gros vétérans d'épinettes blanches analogues à ceux de la forêt préindustrielle, qui généreront de gros débris ligneux au sol • Maintien de sources de semences
	Protection de la régénération d'EPB existante	Assurer la présence de l'espèce dans le futur peuplement
	Rétention de débris ligneux de grosse dimension	Favoriser l'installation d'EPB en régénération
Raréfaction des attributs de composition de la sapinière à bouleau jaune : BOJ, THO, EPR, ERR, PRU, PIB, FRN, ORA	Rétention de semenciers d'essences en régression (dans l'écosystème no 1)	Maintien de sources de semences
	Protection de la régénération existante des espèces visées	Assurer la présence de l'espèce dans le futur peuplement
	Maintien d'un couvert comportant des semenciers (EPR)	Favoriser l'installation de la régénération d'EPR
	Rétention de débris ligneux de grosse dimension sous couvert (THO)	Favoriser l'installation de la régénération de THO
Raréfaction de l'EPN dans la sapinière à EPN et dans les pessières	Rétention d'EPN, si possible de grosse dimension, éparées ou préférablement au sein de bouquets	<ul style="list-style-type: none"> • Maintien de sources de semences • Production de vétérans qui deviendront de gros débris ligneux au sol
Maintien de la qualité de l'habitat aquatique / Maintien de l'intégrité des milieux humides riverains	Soustraire des portions de bandes riveraines de l'exploitation forestière de façon permanente	<ul style="list-style-type: none"> • Permet le maintien de la continuité forestière, incluant le recrutement de bois mort de grosse dimension • Favorise la chute de gros bois mort dans et au-dessus des cours d'eau, favorable à la diversification des microhabitats aquatiques (création de fosses et de zones d'ombre)
Régénération et succession naturelle des peuplements	Maintien d'arbres vivants	Maintien de sources de semences pouvant influencer le nombre de semis et la composition de la régénération
	Rétention de bois mort	Modifier les lits de germination, ce qui peut influencer la composition de la régénération
	Protection de la banque de semis	Permettre l'obtention d'une régénération naturelle
Productivité des forêts	Rétention de bois mort	Permettre le recyclage des éléments nutritifs en assurant la survie des organismes responsables de la décomposition du bois
	Maintien d'arbres vivants	Assurer le recrutement de bois mort de manière à assurer la survie des organismes inféodés aux divers stades de décomposition du bois (maintien des cycles de recyclage des éléments nutritifs)

Impacts sur la production ligneuse

- Le maintien d'arbres vivants diminue le volume récolté à l'hectare dans le régime de la futaie régulière.
- Dans le cadre des régimes irréguliers et jardinés, le maintien d'arbres à valeur faunique peut ralentir la croissance des arbres situés à proximité.
- En théorie, l'impact est proportionnel au pourcentage de rétention et à la proportion du territoire concernée, mais l'impact réel dépend de la structure de la forêt.

Impacts sur les coûts

- Le maintien de legs est susceptible d'entraîner des coûts supplémentaires associés à la planification et au suivi opérationnel.
- Les modalités proposées pour protéger le bois mort peuvent engendrer des coûts supplémentaires, mais elles ouvrent également des opportunités pour éviter certains coûts associés, notamment, à la récolte d'arbres à faible valeur commerciale (attention cependant au risque d'effets pernicieux mentionnés ci-après).

Risques et contraintes des solutions proposées

- **Risque de chablis** : La rétention d'arbres vivants comporte un risque de chablis qui requiert l'adaptation des méthodes d'intervention. Ce risque s'accroît avec l'intensité de prélèvement; il est donc plus important dans le cas de coupes finales avec rétention (voir la fiche sur les coupes à rétention variable), que dans le cas de coupes partielles (voir la fiche sur les coupes partielles).
- **Risque d'effets pernicieux** : Le maintien de legs biologiques peut comporter certains pièges s'il n'est pas fait correctement. Il importe de faire en sorte que les legs biologiques soient représentatifs du peuplement traité. À cet égard, il faut éviter que le maintien de legs devienne le prétexte pour laisser uniquement des arbres non désirés pour la transformation.

État des connaissances et expérience acquise

Au Québec, pour la période 2008-2013, les plans généraux d'aménagement forestier (PGAF) prévoient la réalisation de près de 20 000 ha/an de coupes à rétention variable*.

En Ontario, des essais réalisés dans la région de Pembroke indiquent que le maintien de 6 arbres à cavité de qualité par hectare a produit des différences significatives sur la communauté d'oiseaux chanteurs observée après coupe (OMNR, 2001). À titre indicatif, on recommande le maintien d'un total de 20 arbres/ha, préférablement des chicots ou des arbres dépérissants, sinon des arbres vivants. Les cibles à utiliser doivent cependant être adaptées aux conditions locales.

Besoin de connaissances

Legs biologiques : Caractériser et quantifier les legs en fonction du régime de perturbations naturelles de chaque « grand écosystème » afin de déterminer des cibles adaptées aux conditions régionales.

Bois mort : Il existe d'importantes lacunes quant aux connaissances relatives aux espèces *saprophytiques* dans la réserve faunique des Laurentides. Conséquemment, on ignore pour le moment quels niveaux proposer pour assurer l'atteinte des objectifs. Il est donc essentiel, d'une part, de poursuivre les études pour identifier les espèces en cause et évaluer leurs besoins. Il importe, d'autre part, d'inclure l'évaluation et le suivi du bois mort (chicots et débris ligneux au sol) dans les aires faisant l'objet de travaux sylvicoles, ainsi que dans les secteurs protégés qui demeureront dynamisés par les perturbations naturelles (vérifier l'effet de divers niveaux de rétention en tenant compte des caractéristiques des structures retenues). Ces suivis permettront d'ajuster les dispositions relatives au bois mort lorsque nécessaire, dans le cadre d'un aménagement adaptatif.

* Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de l'environnement et de la protection des forêts

Références

- B.C., Ministry of Forests and Range, 2000. A short-term strategy for coarse woody debris management in British Columbia's forests. March 2000. En ligne: <http://www.for.gov.bc.ca/hre/deadwood/DTgui3.htm>.
- Comité scientifique sur les enjeux de biodiversité, 2007. Enjeux de biodiversité de l'aménagement écosystémique dans la réserve faunique des Laurentides. Rapport préliminaire du comité scientifique, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec, Québec, viii + 118 p. + annexes.
- Côté, S., Y. Boucher et N. Thiffault, 2009. Le bois mort dans la sapinière à bouleau blanc : importance, caractéristiques et considérations pour l'aménagement écosystémique. *Le Naturaliste Canadien*, vol. 133, no 1 : 65-72.
- Crête, M., S. Brais, M. Campagna, M. Darveau, M. Desponts, S. Déry, P. Drapeau, B. Drolet, J.-P. Jetté, C. Maisonneuve, A. Nappi et P. Petitclerc, 2004. Pourquoi et comment maintenir du bois mort dans les forêts aménagées du Québec. Avis scientifique, Direction du développement de la faune, Société de la faune et des parcs du Québec et Direction de l'environnement forestier, ministère des Ressources naturelles du Québec, Québec, Québec, 35 p.
- Déry, S., L. Bélanger, S. Marchand et S. Côté, 2000. Succession après épidémie de la tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana*) dans les sapinières boréales pluviales de seconde venue. *Can. J. For. Res.*, 30 : 801-816.
- Dudley, N. et D. Vallauri, 2004. Dead wood – living forest. The importance of veteran trees and dead wood to biodiversity. WWF World Wide Fund for Nature, no 1471, 19 p.
- Franklin, J.F., D.R. Berg, D.A. Thornburgh et J.C. Tappeiner, 1997. Alternative Silvicultural Approaches to Timber Harvesting: Variable Retention Harvest Systems. Chap. 7, pp. 111-139. *Dans Creating a Forestry for the 21st Century: The Science of Ecosystem Management*. Kohm, K.A. et J.F. Franklin (éditeurs). Island Press, Washington, D.C., 475 p.
- Franklin, J. F., R.J. Mitchell et B.J. Palik, 2007. Natural disturbance and stand development principles for ecological forestry. General Technical Report NRS-19, Forest Service, Northern Research Station, USDA, Newton Square, PA, 44 p.
- Hunter, M.L. (éd.), 1999. *Maintaining Biodiversity in Forest Ecosystems*. Cambridge University Press, 698 p.
- MacLean, D.A., 1980. Vulnerability of Fir-Spruce stands during uncontrolled spruce budworm outbreaks: A review and discussion. *Forestry Chronicle*, Oct. 1980, pp. 213-221.
- Mitchell, S.J. et W.J. Beese, 2002. The retention system: reconciling variable retention with the principles of silvicultural systems. *Forestry Chronicle*, vol. 78, no 3, pp. 397-403.
- OMNR, 2001. *Forest management guide for natural disturbance pattern emulation*. Version 3.1, Ont. Min. Nat. Res., Queen's Printer for Ontario, Toronto, 40 p.
- Rheault, H., 2007. Contribution des vieilles pessières noires au maintien de la biodiversité. Thèse de doctorat, Département des sciences du bois et de la forêt, Faculté de foresterie et géomatique, Université Laval, Québec, Québec, 135 p.
- Sougavinski, S. et F. Doyon, 2002. La coupe avec rétention variable de la structure : résultats de recherche, expériences de mise en œuvre et questions opérationnelles. Institut québécois d'aménagement de la forêt feuillue, Québec, Québec, 50 p.
- Stevens, V., 1997. The ecological role of coarse woody debris: an overview of the ecological importance of CWD in BC forests. Working Paper 30/1997, British Columbia Ministry of Forests, Victoria, B.C., 26 p.
- Watt, W.R. et M.C. Caceres, 1999. Managing for snags in boreal forest of northeastern Ontario. NEST technical note TN-016, 19 p.

On peut citer ce document en tout ou en partie, en indiquant la référence suivante

Comité d'experts sur les solutions, 2009. *Projet de développement d'une approche d'aménagement écosystémique dans la réserve faunique des Laurentides. Fiches techniques - Maintien de legs biologiques*. Québec.

**Type de solution**

- Grand axe
- Régime/Scénario sylvicole
- Pratique/Intervention sylvicole
- ✓ Mesure ponctuelle dans le temps

Types d'enjeux concernés**Principaux :**

Bois mort

Complémentaires :

Structure des peuplements

Composition

Aménagement forstier

Filtre fin

Objectif

Assurer le **maintien de la représentativité des niveaux très élevés de legs biologiques résultant des perturbations sévères.**

Définition

- Consiste à identifier, au sein des secteurs gravement affectés, les parcelles de territoire qui seront exclues des coupes de récupération afin de maintenir les legs biologiques typiques des perturbations sévères. Ces legs se caractérisent, notamment, par un entremêlement de portions de peuplements vivants, mourants ou morts et une très grande quantité de chicots et de débris ligneux au sol.
- **Mesure ponctuelle** à prévoir à la suite des perturbations naturelles sévères de grande envergure.

Problématique

Les perturbations naturelles (feux, chablis ou épidémies d'insectes) sévères de grande envergure provoquent d'importantes quantités de bois mort sur une courte période de temps. Toutefois, à la suite de telles perturbations, les bois font généralement l'objet de coupes de récupération, privant l'écosystème, et les espèces qui en sont tributaires, de cet important apport de bois mort et des habitats qui en résultent.

Solution

- À la suite de perturbations sévères majeures, exclure une portion des secteurs affectés des plans de coupes de récupération.

Approche préconisée à l'échelle du peuplement

- Pas d'intervention (maintien dans l'état naturel).

Approche préconisée à l'échelle du paysage

- Sous réserve d'une analyse approfondie du portrait du territoire résultant de la perturbation sévère majeure, les secteurs exclus des plans de récupération devraient représenter une proportion de l'ordre du tiers de la superficie affectée par la perturbation sévère.
- Les secteurs exclus doivent être représentatifs du gradient écologique pour chacun des « grands écosystèmes » touchés et être bien distribués sur le territoire. Afin de limiter d'éventuels impacts, il convient de cibler prioritairement des secteurs présentant des contraintes à l'exploitation.

**Conditions d'application pour le maintien de superficies sans récupération
à la suite de perturbations sévères majeures**

CRITÈRE	CONDITIONS PROPICES
Structure du peuplement	Toutes
Types forestiers avant perturbation	Tous les secteurs retenus doivent être représentatifs du gradient écologique (le long de la sère physiographique) de chaque « grand écosystème »
Principaux agents de perturbation	Tous
CRITÈRE	CONDITIONS LIMITANTES
Conditions de site	Aucune

**complément
d'information**

Les perturbations forestières (feu, insectes, vent et maladies) sont à l'origine de la production de bois mort dans les forêts naturelles (Harmon *et al.*, 1986; Hély *et al.*, 2000; Hunter *et al.*, 1999; Arsenault *et al.*, 2007;

Franklin *et al.*, 2007). Lorsqu'elles sont sévères, ces perturbations initient le renouvellement du peuplement comportant souvent des arbres survivants issus du peuplement précédent. Ces perturbations produisent donc des entremêlements d'arbres morts ou mourants avec des survivants, incluant d'importantes quantités de bois mort, formant ainsi des habitats caractéristiques dont la présence est importante dans le cycle de vie de nombreuses espèces qui leurs sont associées (Comité scientifique sur les enjeux de biodiversité, 2007). Elles participent donc au maintien de la complexité écologique en diversifiant la structure, en permettant la survie de vétérans et en assurant un important recrutement de bois mort.

Les perturbations sévères (qui tuent plus de 75 % des arbres formant le couvert forestier) sont considérées comme majeures lorsqu'elles sont de grande ampleur. Leur passage génère d'importantes quantités de bois mort qui font généralement l'objet de plans spéciaux de récupération. Or, la récolte systématique de ces bois provoque la raréfaction d'une configuration caractérisée par ces combinaisons d'arbres de conditions diverses et par une grande abondance de bois mort. Cette configuration correspond à la portion supérieure de la variabilité naturelle (Landres *et al.*, 1999) des quantités de bois mort. La représentativité de cette portion du gradient doit faire l'objet d'une attention particulière, puisque la récolte et la récupération font généralement en sorte de faire disparaître ces niveaux maxima. Il importe donc de conserver des échantillons représentatifs de cet agencement particulier, lorsque les processus naturels les génèrent. Il s'agit, par conséquent, d'une **mesure ponctuelle dans le temps** qui ne concerne que les coupes de récupération dans les secteurs affectés par une perturbation sévère majeure.

Approche préconisée à l'échelle du paysage

Les conditions écologiques influencent la forêt en modulant, notamment, la composition et la croissance, ce qui se répercute sur les caractéristiques du bois mort (composition, densité, hauteur et quantité) résultant d'une perturbation sévère (Vaillancourt *et al.*, 2008). De plus, les conditions du milieu peuvent également avoir une incidence sur l'effet de la perturbation, comme c'est le cas, par exemple, pour les peuplements situés en conditions extrêmes de sécheresse ou d'humidité qui sont généralement plus vulnérables aux épidémies de tordeuse des bourgeons de l'épinette (Dupont *et al.*, 1991). Par conséquent, les configurations des combinaisons d'éléments morts, mourants et survivants pourront varier passablement selon le type de peuplement et les conditions écologiques. C'est pourquoi les secteurs à exclure des plans de récupération à la suite de perturbations sévères devraient être identifiés de façon à être représentatifs du gradient écologique (Côté *et al.*, 2009) (combinaison des groupements d'essences et des types écologiques par « grand écosystème »). Considérant un niveau minimal correspondant au seuil critique d'habitat évalué à 30 à 40 % de la représentation naturelle (Rompré *et al.*, 2008), la proportion de la superficie touchée sévèrement à soustraire des plans de récupération devrait être de l'ordre du tiers. On ignore cependant pour le moment si cette proportion est suffisante, sachant que plusieurs espèces associées au bois mort ont de faibles capacités de dispersion et requièrent, de ce fait, une proximité des structures qui leur servent d'habitat. La localisation de ces secteurs doit résulter d'une analyse approfondie du portrait postperturbation du territoire afin de permettre de répondre à un maximum d'enjeux.

Impacts sur les enjeux écosystémiques

ENJEU	IMPACTS DU MAINTIEN DE SECTEURS SANS RÉCUPÉRATION APRÈS PERTURBATIONS SÉVÈRES MAJEURES
Uniformisation des structures horizontale et verticale des peuplements	Le maintien de combinaisons variées d'éléments vivants et morts permet la diversification des structures
Raréfaction du bois mort dans les forêts aménagées	Maintien d'échantillons de production subite de bois mort qui correspondent aux niveaux maxima de la variabilité naturelle de la quantité de bois mort
Le garrot d'Islande	<u>Dans la mesure où ils ont la taille requise (chicots ≥ 30 cm) (Comité scientifique sur les enjeux de biodiversité, 2007), certains des chicots présents pourront être utilisés pour la nidification de l'espèce</u>
Raréfaction des forêts récemment perturbées laissées dans leur état naturel	<ul style="list-style-type: none"> • Maintien d'échantillons représentatifs des niveaux maxima de bois mort • Prévenir la disparition complète de la variabilité structurale résultant des perturbations sévères majeures
Raréfaction de l'épinette blanche dans les sapinières à bouleau blanc	Les coupes de récupération retirent souvent des épinettes blanches ayant un potentiel de survie, ce qui limite l'établissement de sa régénération alors que les conditions lui sont favorables (Vaillancourt <i>et al.</i> , 2008)
Régénération et succession naturelle des peuplements	Les secteurs sans récupération pourront être considérés comme des témoins de la succession naturelle après perturbation sévère

Impact sur la production ligneuse

- Les volumes présents dans les secteurs visés ne seront pas disponibles pour l'industrie. Toutefois, l'impact sur la possibilité forestière n'est pas direct et dépend de la structure de la forêt au moment de la perturbation.

Impacts sur les coûts

- Perte d'un volume supplémentaire non prévu. Lorsque ces volumes supplémentaires sont exceptionnellement élevés, ils peuvent engendrer une modification du tissu industriel ne s'inscrivant pas dans le cadre d'un développement durable.
- Peut permettre de sauver des coûts qui seraient associés à la récupération de secteurs plus difficilement accessibles ou présentant certaines contraintes.

Risques et contraintes des solutions proposées

- **Risques et contraintes pour les autres utilisateurs** : Des dangers reliés à la chute des arbres morts, ainsi que des difficultés de déplacement résultant de l'abondance de bois mort, peuvent prévaloir pendant quelques années dans les secteurs sans récupération.

Besoins de connaissances

Tester diverses proportions et divers patrons de distribution de secteurs sans récupération et en évaluer l'effet sur les communautés d'espèces associées aux habitats générés par les perturbations sévères afin de valider le niveau minimal requis et définir les méthodes permettant de maximiser les bienfaits de cette forme de rétention.

Références

- Arsenault, D., É. Boucher et É. Bouchon, 2007. Asynchronous forest-stream coupling in a fire-prone boreal landscape: insights from woody debris. *Journal of Ecology*, 95: 789-801.
- Comité scientifique sur les enjeux de biodiversité, 2007. Enjeux de biodiversité de l'aménagement écosystémique dans la réserve faunique des Laurentides, Rapport préliminaire du comité scientifique, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec, Québec, viii + 118 p. + annexes.
- Côté, S., Y. Boucher et N. Thiffault, 2009. Le bois mort dans la sapinière à bouleau blanc : importance, caractéristiques et considérations pour l'aménagement écosystémique, *Le Naturaliste Canadien*, vol. 133, no 1, pp. 65-72.
- Dupont, A., L. Bélanger et J. Bousquet, 1991. Relationships between balsam fir vulnerability to spruce budworm and ecological site conditions of fir stands in central Quebec. *Can. J. For. Res.*, 21: 1752-1759.
- Franklin, J.F., R.J. Mitchell et B.J. Palik, 2007. Natural disturbance and stand development principles for ecological forestry. Forest Service, Northern Research Station, General Technical Report NRS-19, Newton Square, PA, USDA, 44 p.
- Harmon, M.E., J.F. Franklin, F.J. Swanson, P. Sollins, S.V. Gregory, J.D. Lattin, N.H. Anderson, S.P. Cline, N.G. Aumen, J.R. Sedell, G.W. Lienkaemper, K. Cromak et K.W. Cummins, 1986. Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems. *Advance in Ecological Research*, 15: 133-302.
- Hély, C., Y. Bergeron et M.D. Flannigan, 2000. Coarse woody debris in the southern Canadian boreal forest: composition and load variations in relation to stand replacement. *Canadian Journal of Forest Research*, 30: 674-687.
- Hunter, M.L. (éd.), 1999. *Maintaining biodiversity in forest ecosystems*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 698 p.
- Landres, P.B., P. Morgan et F.J. Swanson, 1999. Overview of the use of natural variability concepts in managing ecological systems. *Ecological Applications*, 9: 1179-1188.
- Rompré, G., Y. Boucher, L. Bélanger et W.D. Robinson, 2008. Proportion d'habitat nécessaire au maintien de la biodiversité à l'échelle du paysage : compréhension du seuil d'habitat critique. Avis scientifique présenté au projet pilote d'AE de la RFL, 22 p.
- Vaillancourt, M.A., P. Drapeau, S. Gauthier et M. Robert, 2008. Availability of standing trees for large cavity nesting birds in the eastern boreal forest of Quebec, Canada. *For. Ecol. Manage.*, vol. 255, no 7, pp. 2272-2285.

On peut citer ce document en tout ou en partie, en indiquant la référence suivante

Comité d'experts sur les solutions, 2009. *Projet de développement d'une approche d'aménagement écosystémique dans la réserve faunique des Laurentides. Fiches techniques - Maintien de superficies sans récupération après perturbations sévères majeures*. Québec.



Type de solution

√ Grand axe
Régime/Scénario sylvicole
Pratique/Intervention sylvicole

Types d'enjeux concernés

Principaux :
Composition
Aménagement forestier

Complémentaires :
Encadrement visuel
Milieux aquatiques

Objectif

Favoriser l'obtention d'une **régénération résineuse** préétablie **abondante et suffisamment développée**, s'approchant de celle résultant des processus naturels, avant que ne soit complétée la récolte des peuplements matures.

Définition

La politique de régénération acquise consiste à faire en sorte d'obtenir une **régénération rencontrant des standards rehaussés**.

Problématique

Dans le cadre des processus naturels de régénération des sapinières, la nature met en place des densités de semis très élevées, de l'ordre de 20 000 à 100 000 semis de toutes tailles/ha (Vézina et Roberge, 1981; Côté, 1989), pour obtenir, au terme du processus d'autoéclaircie ponctué de réductions plus importantes associées aux perturbations naturelles, des densités à maturité variant entre 500 et 2 500 tiges résineuse/ha. Or, sous les sapinières de seconde venue âgées de 45 ans, on constate, dans certains cas, des densités nettement inférieures à celles observées à la suite de la récolte de la forêt primaire (Côté, 1989; Marchand, 1991). D'autre part, les peuplements régénérés à la suite de processus naturels, comme une épidémie sévère de tordeuse des bourgeons de l'épinette dans la sapinière, sont différents par rapport à ceux résultant des pratiques courantes d'aménagement forestier, à savoir la CPRS suivie de l'EPC. Outre la rareté des legs biologiques, la régénération des peuplements aménagés comporte davantage de feuillus et moins de tiges de conifères (Belle-Isle et Kneeshaw, 2007).

Solution

- Favoriser autant que possible la constitution d'une banque de semis résineux préétablis densément pourvue, similaire à celle obtenue par les processus naturels et qui se concrétise par la formation d'un **tapis de régénération continu** formé de **semis développés**.

Approche préconisée à l'échelle du peuplement

- L'obtention d'une régénération rencontrant des standards rehaussés ne constitue pas une condition stricte à atteindre dans toutes les stations, mais bien un objectif vers lequel la réalisation de **traitements plus proches de la nature** permettra de converger.

Approche préconisée à l'échelle du paysage

- Permet de réduire le délai pendant lequel les coupes totales ont un effet négatif sur le paysage. La durée de ce délai dépend de la taille de la régénération libérée au moment de la coupe finale.

Conditions d'application pour la politique de régénération acquise

La station constitue un des facteurs ayant une influence importante sur la régénération. À titre indicatif, dans les sapinières, les standards de régénération rehaussés peuvent être atteints plus aisément dans les peuplements où le parterre forestier est dominé par les mousses. Dans les sapinières riches, l'abondance de litière feuillue au sol limite l'établissement des semis (Côté, 1989). Pour ce qui est des mousses, certaines études ont montré qu'un lit de mousses hypnacées épais ne convenait pas aux épinettes (Greene et Johnson, 1998). Cela dépendrait du type de mousses et de son épaisseur. Un épais tapis de *Pleurozium*, surtout sur les sites secs, peut limiter l'établissement des semis (Place, 1955; Greene et Johnson, 1998); par contre, certaines autres mousses, telles que les *Brachythecium*, forment un tapis moins épais et sont favorables à l'établissement des semis résineux (Côté, 1989).

Dans les sites où la régénération est plus difficile à obtenir, des mesures d'assistance à la régénération devront être envisagées (voir la fiche sur les mesures d'assistance à la régénération). Règle générale, plus le stade évolutif est éloigné du stade final (stades pionnier, d'essences de lumière, puis certains stades intermédiaires), plus l'obtention d'une régénération résineuse nécessitera d'efforts.

CRITÈRE	CONDITIONS PROPICES
Stades de développement	Mûr et vieux *
Stades évolutifs	Stades de fin de succession : Stable et faciès
Structure du peuplement	Toutes
Types forestiers	Sapinières à mousses, sapinières à mousses et herbacées
CRITÈRE	CONDITIONS LIMITANTES
Types forestiers	Sapinières riches à herbacées, sapinières à bouleau à papier à herbacées

* L'enjeu identifié initialement était la disparition des forêts « mûres et surannées ». L'évolution de la réflexion relative aux indicateurs de performance écosystémique a poussé à distinguer les forêts surannées qui sont maintenant désignées comme « vieilles forêts ».



S'inspirer de la dynamique naturelle

En conditions naturelles, les sapinières se régénèrent grâce à une banque de semis qui se constitue progressivement. L'arrivée d'une perturbation (totale ou partielle) provoque une mise en lumière qui permet aux semis d'amorcer leur croissance juvénile. En raison de ses cônes

semi-sérotineux, la régénération sexuée de l'épinette noire est principalement reliée au passage du feu. Cette essence peut également se reproduire par marcottage; ce mode de reproduction végétatif serait à l'origine de la majeure partie de la régénération préétablie d'épinette noire (Doucet, 1988 dans Pothier *et al.*, 1995; Archibald et Arnup, 1993). L'épinette noire peut cependant s'établir par graines sur les sols perturbés par le renversement d'arbres ou par le passage des machines forestières. Ces graines proviennent alors de la portion de la production semencière qui a pu se disperser sans le concours du feu.

Le succès de la régénération dépend de la qualité de site, de l'autoécologie des essences (qu'elles soient désirées, compagnes ou compétitrices), de la composition du couvert, des conditions phytosanitaires (présence de maladies ou d'insectes), du procédé de régénération (scénario sylvicole), de la méthode et de la saison de coupe, ainsi que de la disponibilité de lits de germination adéquats (OMNR, 2000). Les exigences à l'égard du lit de germination diffèrent selon la taille des graines : des espèces à petites graines, comme l'épinette noire ou l'épinette blanche, ont un succès d'établissement très faible sur un substrat organique non perturbé (en conditions mésiques), comparativement au sapin baumier, qui présente une graine plus massive, au pouvoir germinatif supérieur (Greene et Johnson, 1998).

La présence de semenciers constitue le prérequis essentiel au processus naturel de régénération par voie sexuée, principal mode de reproduction pour le sapin et l'épinette blanche. À titre indicatif, le sapin produit des semences de façon régulière à partir de l'âge de 20 ou 30 ans et connaît de bonnes années semencières tous les 2 à 4 ans. L'épinette blanche en milieu naturel fournit ses premières productions semencières en quantité à partir de 30 ans ou davantage et connaît une bonne année selon une périodicité pouvant aller de 2 à 12 ans, à l'échelle de l'Amérique du Nord (Burns et Honkala, 1990). Toutefois, la fréquence des bonnes années semencières, ainsi que la qualité des graines, diminuent à mesure que l'on progresse vers le nord. Par conséquent, cette essence pourrait éventuellement disparaître faute d'arbres sexuellement

matures, si le cycle de perturbations était de l'ordre de 40-50 ans (Nesom, 2000). L'épinette noire peut produire quelques cônes dès l'âge de 10 ans, mais la production semencière en quantité ne commence pas avant l'âge de 30 ans (Rook, 2006) pour devenir maximale entre l'âge de 100 et 200 ans (Nesom, 2004). En Ontario, les bonnes années semencières pour les épinettes noires et blanches surviendraient à tous les 4 ans (OMNR, 2000). Pour la sapinière, aussi bien que la pessière, la densité de régénération est positivement corrélée avec l'âge du peuplement (Arnup, 1996; Côté, 1989). Ainsi, le maintien de peuplements, au-delà de l'âge fixé pour déterminer l'âge d'exploitabilité associé à un diamètre de 9,1 cm et plus, représente une solution pour favoriser l'obtention d'une banque de régénération préétablie mieux pourvue.

Dans un dispositif expérimental situé au sud de la réserve faunique des Laurentides et dans la Forêt Montmorency, Hatcher (1960) avait observé que, 17 ans après la coupe de la forêt primaire, les densités totales de semis et de gaules variaient entre 25 000 et 47 000 tiges/ha selon le type forestier, et étaient constituées à 80 % (79 % à 87 %) de tiges résineuses (il y avait entre 20 000 et 37 000 tiges résineuses/ha). Les sapins avaient un coefficient de distribution de l'ordre de 90 %. Un sous-échantillon de ces mêmes peuplements a fait l'objet d'une étude portant sur la régénération présente sous couvert, lorsque les peuplements étaient âgés de 45 ans. Ces évaluations ont permis de constater qu'en dépit de coefficients de distribution* du même ordre, les densités de semis résineux présentes étaient nettement plus basses dans certains cas, et correspondaient aux stations riches où l'on a enregistré des densités sous couvert de l'ordre de 9 000 et 11 500 semis de toutes tailles/ha (Côté, 1989). Les problèmes de régénération après coupe dans les sapinières de seconde venue concernent principalement les meilleurs sites, là où les risques d'enfeuillement sont plus importants.

Dans la pessière à mousses, au nord du Lac St-Jean, on a observé des densités de semis ($\leq 1,30$ m) de l'ordre de 15 000 tiges/ha dans des peuplements vierges de structure équiennne, et d'environ 24 000 et 33 000 tiges/ha dans les peuplements vierges irréguliers et bisétagés respectivement (Rheault, 2007). Ces peuplements comportaient également une bonne quantité de gaules (2 300 à 3 000 tiges/ha dans les peuplements équiennes et environ 4 000 dans les autres). La proportion de sapin était plus importante dans les peuplements irréguliers et bisétagés.

De façon générale, les processus naturels conduisent donc à l'établissement de grandes quantités de semis dont la distribution est excellente. Toutefois, la distribution ne permet pas à elle seule de présumer du devenir de cette régénération. Le coefficient de

* Proportion de quadrats de 4 m² occupée par au moins une tige en régénération

distribution est basé sur la densité observée à maturité dans les peuplements résineux (Candy, 1951) et revient à considérer que la présence d'un seul semis dans une superficie de 4 m² assure la présence d'un arbre une fois le peuplement rendu à maturité. Or, pour obtenir des densités à maturité variant entre 500 et 2 500 tiges résineuses/ha, la nature met en place des densités totales de l'ordre de 20 000 à 100 000 semis de toutes tailles/ha, soit 8 à 40 semis de toutes tailles par quadrat de 4 m² (Vézina et Roberge, 1981). Cette densité de régénération varie en fonction des conditions écologiques (Côté, 1989) et diminue graduellement à mesure que la cohorte de jeunes arbres se développe. L'utilisation du seul coefficient de distribution pour juger du succès de la régénération ne prend donc pas en compte le fait que la nature installe **plusieurs semis par unité de surface pour garantir la production d'un arbre mature** aux termes des processus naturels impliquant la compétition, l'autoéclaircie et l'action des perturbations naturelles.

Par ailleurs, pour présumer du devenir de la régénération, il faut tenir compte des dégâts d'abattage. Sur la base des 2 mesures habituellement utilisées pour caractériser la régénération, on devrait envisager l'obtention d'une distribution d'au moins 90 % avant coupe finale dans la grande majorité des sapinières; ceci correspond à une distribution, après CPRS, de l'ordre de 75 % avec abattage manuel (Canuel, 1987), 70-75 % avec abattage à la multi-fonctionnelle et 65-70 % avec abattage mécanisé et débusquage par câble ou grappin (Canuel, 1990; Fortin, 1997). Il convient donc de porter une attention particulière à la régénération des sentiers si l'on désire reconstituer une régénération dont la distribution s'approche de celle issue des processus naturels. D'autre part, pour être en mesure de compter sur la présence d'au moins un semis, 5 ans après la coupe finale, il faudrait disposer d'au moins 3 semis – de 30 cm et plus de hauteur – avant cette intervention (Ruel *et al.*, 1991). Cette densité s'avère toutefois minimale puisque la prise en compte de la dynamique naturelle militerait en faveur de l'obtention d'une densité plus importante à la suite de la coupe finale.

La constitution d'une banque de semis préétablis densément pourvue, similaire à celle obtenue sur la majorité des sites grâce aux processus naturels, favorise l'occupation rapide de tout l'espace disponible à la suite d'une ouverture du couvert, résultant d'une perturbation qui permet à la lumière de parvenir au sol. Les résineux se trouvent alors en position avantageuse sur le plan compétitif, car la quantité de niches propices à l'établissement des semis d'essences intolérantes est limitée réduisant, de ce fait, les problèmes potentiels d'enfeuillement. À partir d'une hauteur de 30 cm, le système racinaire des semis serait suffisamment développé pour pouvoir supporter le retrait complet du couvert (chap. 34 dans State of Wisconsin, 2006) et limiter la mortalité après la coupe (Ruel *et al.*, 1991). Toutefois, pendant leur phase juvénile, les semis de sapin peuvent bénéficier de la présence d'un couvert protecteur, qui peut être favorable à leur croissance, s'il n'est pas trop dense (Logan, 1969). Il peut parfois être préférable de différer la coupe finale pour laisser le temps à la régénération

d'atteindre une hauteur qui limiterait les risques de compétition. Les fortes densités en régénération assurent ensuite le maintien des processus naturels de sélection génétique au sein de la cohorte, favorisant ainsi l'émergence des meilleurs sujets. Les fortes densités initiales favorisent également l'obtention de tiges de meilleure forme et de bois de plus grande qualité (Janas et Brand, 1999 dans OMNR, 2003). Enfin, elles fournissent une marge de manœuvre propice à une certaine gestion du risque en regard des épidémies d'insectes et autres facteurs susceptibles d'engendrer la mortalité.

Les scénarios de coupes progressives permettent de reproduire cette dynamique naturelle. De plus, en favorisant une occupation sur l'ensemble de la surface régénérée, ces interventions concourent à l'obtention du plein boisement, ce qui permettrait de réduire les baisses de rendement, tout en limitant les efforts visant à contrer l'envahissement par la végétation compétitrice.

En présence de densités très élevées, il est toutefois essentiel de prévoir la réalisation subséquente d'éclaircies lorsque des retards de croissance commencent à être observés, afin de prévenir les risques de stagnation. Cette réduction de la densité doit cependant être réalisée à un stade suffisamment avancé pour empêcher la compétition de rattraper la régénération résineuse.

Approche préconisée à l'échelle du peuplement

Dans le cadre des processus naturels, les peuplements résineux peuvent se succéder. Ceci survient lorsque la régénération résineuse occupe tout l'espace disponible empêchant ainsi l'établissement de la végétation compétitrice. Pour que l'espace disponible soit occupé par la régénération résineuse, il faut compter sur un nombre de tiges inversement proportionnel à la taille des semis considérés, tel qu'illustré à la figure 1. Par exemple, dans le cas de semis de moins de 15 cm de hauteur, la densité requise pour occuper tout l'espace est de l'ordre de 40 semis par placette de 4 m²; pour des semis de 30 cm de hauteur, l'espace est occupé avec une densité de l'ordre de 8 semis par placette. Plus la densité de régénération s'éloigne de ces valeurs – correspondant à une occupation de l'espace apte à assurer l'obtention d'une tige résineuse par placette à maturité – plus le niveau d'efforts requis pour obtenir une tige résineuse à maturité sera important et plus les risques d'insuccès seront élevés.

Soulignons qu'il s'agit là de valeurs fournies à titre indicatif et qui équivalent aux densités pouvant être enregistrées dans le cadre des processus naturels. Ces valeurs ne constituent pas un objectif strict; elles permettent cependant d'évaluer les risques d'insuccès associés à l'espace vacant retrouvé au sein d'une banque de semis incomplète. Elles font également ressortir la nécessité de s'interroger sur la pertinence de certaines données pour prévoir le résultat que l'on obtiendra dans plus de 50 ans ou 60 ans; on constate, en effet, que l'utilisation d'un coefficient de distribution évalué sur les semis de 15 cm peut fournir un portrait qui s'éloigne considérablement des processus naturels de régénération.

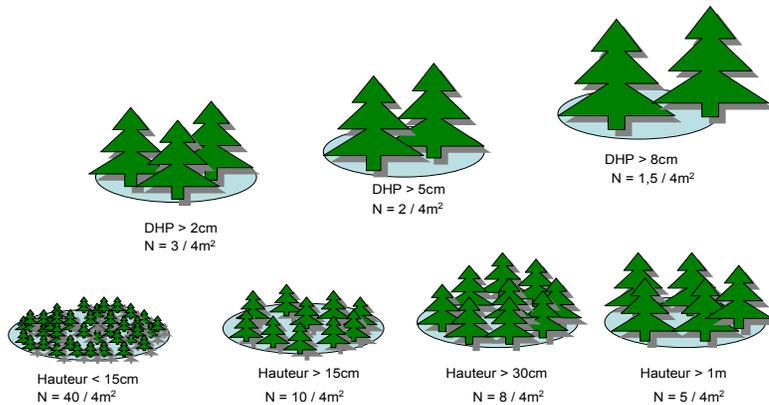


Figure 1 : Schéma du modèle indiquant le nombre de semis (N) correspondant à une occupation complète de l'espace disponible, en fonction de leur taille (adapté de Vézina et Roberge, 1981)

D'autre part, la densité à elle seule ne suffit pas, il faut également tenir compte du niveau de développement des semis. Bref, pour éviter les dénombrements, on peut considérer que l'objectif de régénération acquise est pleinement rencontré lorsque la **régénération résineuse forme un tapis continu dont la hauteur dépasse les 30 cm**. L'idée est de faire en sorte de favoriser le plus possible l'occupation de tout l'espace disponible par la régénération désirée. Dans le sous-domaine de la sapinière à bouleau blanc, l'obtention de cet objectif peut être envisagé dans la majeure partie des stations, à condition que l'ouverture du couvert soit bien dosée par rapport au stade de développement de la banque de régénération. Toutefois, les conditions naturelles font en sorte qu'il est impossible d'espérer obtenir, sur tous les sites, des densités de l'ordre de 5 à 8 semis de 30 cm de hauteur/quadrat de 4 m² (qui équivaldraient à des densités à maturité de 2 000 à 2 500 tiges/ha). De plus, la présence de 3 semis de 30 cm de hauteur par quadrat avant coupe ne permet d'escompter le maintien que d'un seul semis après coupe, en raison des dégâts causés par l'abattage (Ruel *et al.*, 1991), ce qui ne permet pas d'occuper tout l'espace et accroît les risques de compétition. Selon le modèle évoqué ci-dessus, la densité anticipée à maturité résultant des processus naturels avec un seul semis de 30 cm de haut par quadrat de 4 m² serait alors de l'ordre de 300 tiges/ha. Des difficultés peuvent donc surgir dans les peuplements mélangés et les sites à érable à épis, où les densités naturelles relativement plus faibles de semis résineux conjuguées à la présence d'essences compétitrices posent davantage de défis sur le plan sylvicole (voir fiche sur l'assistance à la régénération). En pareils cas, un scénario sylvicole assurant le maintien du couvert forestier et comportant des interventions légères pourrait être favorable à une meilleure régénération (voir la fiche sur le jardinage et celle sur la coupe progressive à régénération lente).

Un diagnostic de la régénération préétablie doit être posé avant d'entreprendre l'ouverture du couvert. Il faut alors considérer l'ensemble de la régénération préétablie : les plus grands qui correspondent à ceux qui ont le plus de chances de former le prochain couvert, les autres en dessous qui représentent une assurance de remplacement, et la totalité qui forme la cohorte pouvant entraver l'envahissement par la compétition. **Plus les densités observées sont faibles, plus il y a d'espace vacant et plus on s'éloigne de la régénération acquise désirée; par conséquent, il faudra prévoir plus d'efforts pour assister l'établissement de la régénération et contrôler la végétation compétitrice.**

L'obtention d'une régénération acquise peut permettre d'envisager un gain de temps pour la prochaine révolution (Pothier *et al.*, 1995). Elle favorise de plus un retour à une composition résineuse caractéristique des forêts préindustrielles de la réserve faunique des Laurentides, alors que ce type de peuplement couvrait 75 à 94 % de la superficie, selon les secteurs (Leblanc et Bélanger, 2000).

Pour les sites plus problématiques, des mesures d'assistance à la régénération doivent être envisagées (voir fiche correspondante). Parmi celles-ci, la préparation de terrain représente un moyen pour contribuer à l'établissement de la régénération résineuse, particulièrement celle en épinette blanche, surtout lorsqu'elle est réalisée lors d'une bonne année semencière (Raymond *et al.*, 2000; Zarnovican, 2003). La représentation de l'épinette blanche au sein de la régénération peut être améliorée grâce à l'ensemencement artificiel (Raymond *et al.*, 2000). Toutefois, la préparation de terrain peut aussi favoriser le bouleau à papier : elle doit donc être accompagnée d'un dosage adéquat de l'ouverture visant à avantager les résineux au détriment du bouleau et ainsi perpétuer la dominance résineuse historique.

Impacts sur les enjeux écosystémiques

ENJEU	IMPACTS D'UNE RÉGÉNÉRATION À STANDARDS REHAUSSÉS
Enfeuillage	L'occupation du parterre forestier par une régénération préétablie résineuse dense limite les niches disponibles pour l'installation des feuillus intolérants
Raréfaction de l'épinette blanche dans les sapinières à bouleau blanc et de l'épinette noire dans les sapinières à épinette noire et les pessières	<u>Dans la mesure où les dispositions visant à régénérer les épinettes sont prises (maintien des semenciers, présence de lits de germination favorables : mélange d'humus et de sol minéral ou bois pourri en conditions sous couvert) : l'adoption d'une stratégie de régénération acquise pourrait être favorable à une amélioration de la représentativité des épinettes au sein de la régénération</u>
Conversion des sapinières et peuplements mélangés en plantations d'épinettes noires et blanches	L'obtention d'une régénération acquise limite le besoin d'avoir recours au reboisement artificiel
Régénération et succession naturelle des peuplements	L'émulation des processus naturels de régénération permettant de rencontrer les standards rehaussés assure la régénération et la succession naturelle des peuplements
Approvisionnement en quantité	Permet d'atteindre le plein boisement et éviter ainsi les baisses de rendement
Coûts d'approvisionnement de la matière ligneuse	<ul style="list-style-type: none"> Le fait de réduire l'enfeuillage (par des feuillus de mauvaise qualité, comme c'est généralement le cas dans la réserve faunique des Laurentides) permet de réduire les coûts d'approvisionnement L'obtention d'une régénération à standards rehaussés limite le besoin d'avoir recours aux mesures d'assistance à la régénération, ce qui peut entraîner une diminution des coûts à moyen terme
Sous-boisement (baisse de stocking résineux)	Favorise l'obtention du plein boisement
Qualité visuelle des paysages	Réduit la durée de la période pendant laquelle la dominance du stade de régénération affecte la qualité du paysage

Impacts sur la production ligneuse

- Favorise l'obtention du plein boisement qui pourrait améliorer les rendements.
- Peut permettre un gain de temps sur la rotation suivante grâce au meilleur état de développement de la régénération résineuse (Arnup, 1996; Pothier *et al.*, 1995), surtout lorsqu'il y a abondance de gaules lors de la coupe finale (Lussier *et al.*, 2002). Toutefois, selon le scénario sylvicole envisagé et les niveaux de régénération obtenus, la révolution du peuplement peut s'en trouver allongée. L'impact sur la possibilité dépend de la structure d'âge de la forêt. Par ailleurs, l'impact sur la production ligneuse dépasse le seul impact sur la possibilité, puisque le bois des arbres croissant en cohorte relativement dense a des propriétés différentes.

Impacts sur les coûts

- Nécessite soit la réalisation de traitements visant à installer cette régénération, soit l'adoption d'une révolution allongée (ou les deux).
- Permet l'obtention d'un peuplement résineux à moindre coût, en évitant les dégagements successifs nécessaires à la suppression des feuillus intolérants.
- Favorise l'obtention d'un peuplement pleinement stocké en essences résineuses à maturité.

Risques et contraintes des solutions proposées

- Vulnérabilité à la tordeuse des bourgeons de l'épinette :**

L'obtention de retours résineux contribue à l'accroissement de la vulnérabilité à la tordeuse des bourgeons de l'épinette. Le niveau de pertes attribuable à la tordeuse des bourgeons de l'épinette peut cependant être limité au moyen d'un mélange de compositions et de classes d'âge diverses; il faut éviter de faire en sorte de produire de grands massifs mûrs résineux à quel que moment que ce soit.

- Risque de stagnation :** Pour éviter les risques de stagnation associés aux peuplements trop denses, il importe de prévoir un dépressage lorsque la régénération aura atteint une taille suffisante pour empêcher les feuillus intolérants de la rattraper.

État des connaissances et expérience acquise

Des études permettant de faire le lien entre la régénération et les conditions de sites, du type de celles réalisées à la Forêt Montmorency (Côté, 1989; Marchand, 1991), permettent d'identifier plus aisément les sites potentiellement problématiques et de mieux orienter les choix sylvicoles. De telles études devraient être faites dans chaque « grand écosystème » de la réserve faunique des Laurentides.

Besoins de connaissances

Réaliser des essais en peuplements mélangés afin de déterminer l'intensité d'ouverture – en fonction de la station, de la composition du couvert et de son stade de développement – qui permettra d'obtenir de bonnes densités de régénération résineuse.

Références

- Archibald, D.J. et R.W. Arnup, 1993. The management of black spruce advance growth in northeastern Ontario. Northeast Sci. and Technol., Ont. Min. Nat. Resour., Timmins, Ont. Tech. Rep. 008, VMAP Tech. Rep. no 93-05, 32 p.
- Arnup, R.W., 1996. Site and stand factors influencing the abundance and distribution of coniferous advance growth in northeastern Ontario. Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Great Lakes Forestry Center. NODA note no 26, 5 p.
- Belle-Isle, J. et D. Kneeshaw, 2007. A stand and landscape comparison of the effects of a spruce budworm (*Choristoneura fumiferana* (Clem.)) outbreak to the combined effects of harvesting and thinning on forest structure. For. Ecol. Manage., 246: 163-174.
- Burns, R.M., et B.H. Honkala, tech. coords., 1990. Silvics of North America: 1. Conifers; 2. Hardwoods. Agriculture Handbook 654, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Washington, D.C. vol. 2, 877 p.
- Candy, R.H., 1951. Reproduction on cut-over and burned-over land in Canada. Can. Dep. Res. And Developm., For. Res. Div., Silv. Res., note no 92, 224 p.
- Canuel, B., 1987. Guide d'utilisation de la coupe avec protection de la régénération (abattage manuel). Ministère de l'Énergie et des Ressources, publication no 3506, ISBN 2550-20316-X, 21 p.
- Canuel, B., 1990. Guide d'utilisation de la coupe avec protection de la régénération (abattage mécanisé). Ministère de l'Énergie et des Ressources, ISBN 2-550-21309-2, 33 p.
- Côté, S., 1989. Caractérisation de la régénération préétablie dans les sapinières boréales en fonction de leur situation écologique. Mémoire de maîtrise, Université Laval, Québec, Québec, 83 p.
- Fortin, A., 1997. La coupe en sentier fantôme et ses effets sur la régénération. Mémoire de fin d'études. Faculté de Foresterie et de géomatique, Université Laval, Québec, Québec, 55 p.
- Greene, D.F., et E.A. Johnson, 1998. Seed mass and early survivorship of tree species in upland clearings and shelterwoods. Can. J. For. Res., 28: 1307-1316.
- Hatcher, R.J., 1960. Croissance du sapin baumier après coupe rase dans le Québec. Canada, ministère du Nord canadien et des Ressources Naturelles, Div. Rech. sylv., Mém. tech. no 87, 24 p.
- Leblanc M. et L. Bélanger, 2000. La sapinière vierge de la Forêt Montmorency et de sa région : une forêt boréale distincte. Mémoire de recherche no 136, Direction de la recherche forestière, ministère des Ressources naturelles, Québec (Québec), 91 p.
- Logan, K.T., 1969. Growth of tree seedlings as affected by light intensity. IV. Black Spruce, White Spruce, Balsam Fir, and Eastern White Cedar. Can. For. Serv., Dept. of fish. and for., pub. no 1256, 12 p.
- Lussier, J.M., H. Morin, et R. Gagnon, 2002. Évolution de la structure diamétrale et production ligneuse des pessières noires issues de coupe et de feu. Canadian Journal of Forest Research 32(3) : 526-538.
- Marchand, S., 1991. Dynamique de la régénération naturelle de jeunes sapinières boréales du centre du Québec. Mémoire de maîtrise, Université Laval, Québec, Québec, 79 p.
- Nesom, G. 2000. White spruce. Plant guide. USDA, NSCR. 3p.
En ligne : http://plants.usda.gov/plantguide/pdf/pg_pigl.pdf
- Nesom, G. 2004. Black spruce. Plant guide. USDA, NSCR. 3p.
En ligne: http://plants.usda.gov/plantguide/doc/pg_pima.doc

OMNR, 2000. Boreal mixedwood notes. Min. Rich. Nat. de l'Ont.

En ligne (09/2008) : http://www.mnr.gov.on.ca/en/Business/Forests/Publication/MNR_E000352P.html

OMNR, 2003. Silviculture guide to managing spruce, fir, birch, and aspen mixedwoods in Ontario's boreal forest. Version 1.0. Min. Rich. Nat. de l'Ont.

En ligne (09/2008): <http://www.web2.mnr.gov.on.ca/mnr/forests/public/guide/boreal%20mixedwood%20notes/toc.pdf>

Place, I.C.M., 1955. The influence of seed bed conditions on the regeneration of spruce and balsam fir. Canada Department of Northern Affairs and Natural Resources, Forestry Branch, Bulletin no 177, 87 p.

Pothier, D., R. Doucet et J. Boily, 1995. The effect of advance regeneration height on future yield of black spruce stands. Can. J. For. Res., 25: 536-544.

Raymond, P., J.-C. Ruel et M. Pineau, 2000. Effet d'une coupe d'ensemencement et du milieu de germination sur la régénération des sapinières boréales riches de seconde venue du Québec. Forestry Chronicle, vol. 76, no 4, p. 643-652.

Rheault, H., 2007. Contribution des vieilles pessières noires au maintien de la biodiversité. Thèse de doctorat, Département des sciences du bois et de la forêt, Faculté de foresterie et géomatique, Université Laval, Québec, Québec, 135 p.

Rook, E.J.S., 2006. Black Spruce. Flora, fauna, earth and sky. The natural history of the Northwoods.

En ligne: <http://www.rook.org/earl/bwca/nature/trees/piceamar.html>

Ruel, J.-C., R. Doucet et J. Boily, 1991. Étude de la mortalité initiale de la régénération préétablie de sapin et d'épinette noire après une coupe avec protection de la régénération. Note de recherche forestière no 44, Ministère des forêts du Québec, Québec.

State of Wisconsin, 2006. Forestry silviculture and aesthetics handbook. Department of natural resources, pub. no HB2431-5.

En ligne: <http://www.dnr.state.wi.us/forestry/Publications/HBandForms.htm>

Vézina, P.-É. et M. Roberge, 1981. Comment aménager nos forêts. Les presses de l'Université Laval, 273 p.

Zarnovican, R., 2003. Effet de la production semencière et de la scarification du sol sur la régénération naturelle d'une sapinière de seconde venue du Bas-Saint-Laurent. Serv. can. for., Cent. for. Laurentides, Québec, Québec, rapport d'information LAU-X-127.

On peut citer ce document en tout ou en partie, en indiquant la référence suivante

Comité d'experts sur les solutions, 2009. *Projet de développement d'une approche d'aménagement écosystémique dans la réserve faunique des Laurentides. Fiches techniques - Régénération acquise*. Québec.

**Type de solution**

Grand axe
Régime/Scénario sylvicole
✓ Pratique/Intervention sylvicole
Mesure ponctuelle dans le temps

Types d'enjeux concernés

Principaux :
Composition
Aménagement forestier
Filtre fin

Complémentaires :
Structure des peuplements

Objectif

Favoriser la **croissance de la régénération** (afin d'obtenir des tiges de plus gros diamètre et de meilleure qualité pour la production de bois de sciage) tout **en conservant des attributs structuraux et compositionnels** nécessaires au maintien des processus écologiques.

Définition

- Ensemble des interventions sylvicoles visant à assurer la survie ou le développement de la régénération naturelle ou artificielle désirée, du stade de développement de semis à celui de perchis.
- Interventions qui permettent de contrer un envahissement par les feuillus intolérants et les feuillus non commerciaux (dégagement).
- Certaines de ces interventions visent également à régulariser l'espacement entre les tiges (dépressage).

Problématique

Les traitements d'éducation permettent de répondre à plusieurs enjeux d'aménagement forestier : approvisionnement en quantité, en évitant de générer des peuplements peu productifs en raison de leur densité, et approvisionnement en qualité, grâce à l'obtention d'un plus grand nombre de tiges de dimension intéressante pour le sciage. Cependant, la pratique actuelle des traitements d'éducation, axés essentiellement sur la réalisation massive d'éclaircie précommerciale, est à l'origine de certains problèmes affectant la biodiversité, tels que : la raréfaction des jeunes peuplements denses (de stade gaulis), l'appauvrissement du couvert d'abri, la réduction de l'obstruction visuelle latérale, la raréfaction marquée à court terme de la nourriture disponible, une perte de l'hétérogénéité sur de grandes surfaces, ainsi que la désertion des paysages traités par plusieurs espèces animales.

Solution

- Pour répondre aux besoins de production ligneuse tout en réduisant les effets néfastes potentiels pour la biodiversité, il convient d'adapter les traitements d'éducation de façon à maintenir certains attributs d'habitats en faisant en sorte de :
 - permettre une variabilité dans la structure des peuplements en incorporant la réalisation de quelques trouées et le maintien de bouquets denses de conifères non traités pouvant servir d'abri, pour offrir une gamme plus large de conditions (lumière, température et humidité), créant ainsi une diversité de microhabitats susceptibles de convenir à davantage d'espèces fauniques et floristiques;
 - permettre une variabilité dans la composition des peuplements en assurant le maintien de tiges feuillues pouvant servir de source de nourriture pour la faune;
 - combiner diverses approches pour réduire la perte de couvert d'abri par l'utilisation d'une densité cible un peu plus élevée que celle actuellement utilisée, par la modification des méthodes d'intervention et par la réalisation plus tardive de l'intervention;
 - assurer la conservation de gaulis denses et la répartition des superficies traitées sur le territoire.

Traitements préconisés à l'échelle du peuplement

- Trois traitements sont retenus : le dégagement, l'éclaircie précommerciale (EPC) et l'éclaircie intermédiaire* (ECI).
- Trois variantes d'éclaircies sont considérées : par puits de lumière, systématique modifiée et d'hiver.

Approche préconisée à l'échelle du paysage

- Prévoir le maintien de peuplements présentant une densité naturelle élevée (sans traitements d'éducation). Ceux-ci devraient être bien distribués sur le plan spatial et être représentatifs du gradient écologique. À titre indicatif, les lignes directrices visant à encadrer la pratique de l'EPC proposent de limiter cette pratique aux deux tiers des superficies admissibles (Cimon et Labbé, 2006).
- Lorsque les jeunes peuplements à traiter couvrent de grandes superficies agglomérées, prévoir la réalisation du traitement sur de plus **petites surfaces, traitées de façon décalée dans le temps** (Cimon et Labbé, 2006).
- **Diversifier les méthodes** d'EPC retenues en appliquant le bon traitement au bon endroit.

* Aussi appelée EPC tardive

Conditions d'application pour le dégagement

Dans le cadre de l'aménagement écosystémique, le dégagement est une mesure correctrice s'appliquant aux cas où la régénération acquise n'a pas permis de contrer un envahissement par la végétation compétitrice.

Attention : intervention à adapter dans le domaine de la sapinière à bouleau jaune pour éviter de retirer, lors du dégagement, les essences feuillues de ce domaine qui sont en régression.

CRITÈRE	CONDITIONS PROPICES
Structure du peuplement	Régulière
Stades évolutifs	Faciès ou intermédiaire; présence d'une régénération comportant une bonne représentation des essences de fin de succession, mais qui est en voie d'être supplantée par la végétation compétitrice
Stades de développement	Régénération; hauteur moyenne de la régénération résineuse < 1,5 m
Compétition	Hauteur des essences compétitrices dépasse celle des essences désirées
Conditions de site	Qualité de station bonne à moyenne
CRITÈRE	CONDITIONS LIMITANTES
Dépôts	Dépôts minces et organiques (faible potentiel forestier) Dépôts grossiers à drainage imparfait (faible potentiel forestier)
Drainage	Sites mal drainés (faible potentiel forestier et risque potentiel de remontée de la nappe phréatique)

Conditions d'application pour l'EPC (et l'ECI)

Les règles pour le choix des tiges à conserver devraient accorder la **priorité aux essences en régression** : PIB, BOJ, EPR, THO, ORA, FRN, PRU et ERR dans la sapinière à bouleau jaune (sans égard à la production prioritaire identifiée pour le site), ainsi que l'EPB et l'EPN pour la totalité du territoire de la réserve faunique des Laurentides. L'ordre de priorité doit être adapté aux conditions de la station.

CRITÈRE	CONDITIONS PROPICES
Structure du peuplement	Régulière ou jardinée par juxtaposition de micropeuplements
Stades évolutifs	Tous
Stades de développement	EPC : Jeune (plus précisément : gaulis); hauteur d'au moins 1 m pour les résineux et 1,6 m pour les feuillus ECI : Lorsque les hauteurs maximales prévues pour l'EPC ont été dépassées
Conditions de site	Qualité de station bonne à moyenne
CRITÈRE	CONDITIONS LIMITANTES
Dépôts	Dépôts minces et organiques (faible potentiel forestier) Dépôts grossiers à drainage imparfait (faible potentiel forestier)
Drainage	Sites mal drainés (faible potentiel forestier et risque potentiel de remontée de la nappe phréatique)



Plusieurs études ont été réalisées afin de déterminer les impacts à court terme de l'EPC sur la faune et son habitat (Griffin et Mills, 2007; Bujold, 2004; Homyack *et al.*, 2004; Blanchette *et al.*, 2003; de Bellefeuille *et al.*, 2001; Sansregret *et al.*, 2000; Bélanger, 2000 et Lavoie, 2004).

Les résultats de ces études ont démontré clairement que l'EPC avait des impacts négatifs à court terme sur la faune, en particulier sur le lièvre d'Amérique, les assemblages d'espèces de passereaux nicheurs, la gélinotte huppée et le tétras du Canada, mais aussi indirectement sur leurs prédateurs (lynx, martre et oiseaux de proie, par exemple). Le traitement d'EPC entraîne à court et à moyen termes une perte de densité et d'hétérogénéité en ce qui a trait aux essences et à l'âge (Parizeau, en préparation). La perte de densité apporte une réduction de l'obstruction visuelle latérale et du couvert horizontal, ce qui diminue le couvert d'abri. Quant à la perte de l'hétérogénéité relative aux essences et à l'âge, elle est observée à court terme et se traduit par une diminution sévère des tiges feuillues au-dessus du couvert nival entraînant un manque de disponibilité de nourriture tout au long de l'hiver. L'application de l'EPC sur de grandes surfaces crée une raréfaction des jeunes peuplements denses, ce qui, à court terme, entraîne une baisse marquée des populations de plusieurs espèces animales au sein des paysages traités. Dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est, ces impacts sur le lièvre se font toujours sentir, mais dans une moindre mesure, jusqu'à la fin du stade gaulis et sont perceptibles surtout en hiver, alors que la densité de résineux est souvent insuffisante pour fournir un abri adéquat (Parizeau, en préparation).

L'EPC a aussi un impact sur la grive de Bicknell (*Catharus bicknelli*). Cette espèce est considérée comme hautement prioritaire puisque sa distribution est limitée. Plusieurs mentions d'occurrence proviennent de la réserve faunique des Laurentides. Elle est associée directement aux sapinières de haute altitude (plus de 700 m). L'habitat favorable à sa nidification correspond aux peuplements en régénération de forte densité (plus de 10 000 ti/ha) ou aux peuplements matures de densité A et B (Rioux *et al.*, 2009).

S'inspirer des processus naturels

L'éclaircie précommerciale (EPC) ainsi que l'éclaircie intermédiaire (ECI), qui correspond à une EPC tardive, visent à se substituer aux processus naturels d'autoéclaircie prévalant dans les jeunes peuplements équiennes non perturbés. Ces interventions intègrent

le nettoyage (répression de la végétation indésirable) et le dépressage (réduction du nombre de tiges d'essences désirées). Dans le cadre de l'aménagement écosystémique, l'éclaircie intermédiaire devrait être privilégiée puisqu'elle s'approche davantage des processus naturels et permet d'atténuer les effets négatifs sur la faune, en allongeant la période de disponibilité de nourriture et d'abri offerts par les gaulis denses naturels.

Pour ce qui est des autres traitements d'éducation possibles, le dégagement représente plutôt une mesure correctrice visant à remédier rapidement à l'envahissement par la végétation compétitrice susceptible de résulter d'une régénération ne rencontrant pas les standards rehaussés (voir la fiche sur la régénération acquise).

La régénération résultant des processus naturels influencés de façon prépondérante par les épidémies de tordeuse des bourgeons de l'épinette est généralement caractérisée par des densités de tiges feuillues moins élevées par rapport à celle résultant d'une CPRS, même si celle-ci est suivie d'une EPC (Belle-Isle et Kneeshaw, 2007). Des dispositions prises en amont, grâce à la réalisation de coupes de régénération s'approchant davantage de l'ouverture graduelle du couvert résultant des épidémies (voir fiches sur les coupes progressives à régénération rapide et lente), devraient favoriser l'obtention d'une régénération acquise (voir fiche correspondante) et limiter le besoin de recourir aux dégagements et nettoyements. Cependant, les densités de tiges résineuses plus élevées pourront, dans certains cas, faire en sorte de maintenir la nécessité d'un dépressage pour éviter la stagnation.

Traitements préconisés à l'échelle du peuplement

Les traitements de dégagement, ainsi que d'éclaircies précommerciale et intermédiaire, ont été retenus. Précisons que l'éclaircie intermédiaire génère aussi des bois de dimension non commerciale, elle est donc regroupée avec l'éclaircie précommerciale. Pour les éclaircies, trois variantes sont proposées : l'éclaircie par puits de lumière, l'éclaircie systématique modifiée et l'éclaircie d'hiver. Chacune de ces variantes peut être classée selon un gradient de rétention d'éléments écologiques qui s'établit de manière inversement proportionnelle à la productivité ligneuse pouvant être escomptée par arbre (figure 1). Dans le cadre de l'aménagement écosystémique, afin de limiter les effets indésirables pour la faune tout en maintenant une production ligneuse adéquate, les éclaircies précommerciales devraient viser une densité supérieure à la densité finale prévue*. L'utilisation d'objectifs de densité plus élevés s'inscrit aussi dans le cadre d'une saine gestion du risque, considérant notamment les éventuelles

* À titre indicatif, une densité cible 3 125 tiges/ha, correspondant à la limite supérieure autorisée, a été utilisée à cet effet, à la Forêt Montmorency.

épidémies de tordeuse des bourgeons de l'épinette. De plus, la densité initiale du peuplement devrait influencer le choix de l'intensité du traitement, lorsque la production à l'échelle du peuplement est à maximiser (Schneider, 2001). Afin de limiter les impacts de l'éclaircie sur la faune, tout arbuste qui produit des fruits devrait être conservé, car les fruits sont souvent des ressources disponibles de façon très ponctuelle dans le temps (donc ressource limitante). Ils sont prisés, car ils sont riches en lipides et permettent d'accumuler rapidement des réserves de graisses avant l'hiver. Le sureau et le sorbier seraient les plus importants, mais les autres arbustes fruitiers ne sont pas à négliger non plus. Les arbres fruitiers conservés bénéficieront de la réduction de la compétition pour la lumière et les éléments nutritifs du sol, ce qui stimulerait leur production de fruits. Les arbres fruitiers coupés se rétablissent habituellement rapidement; par contre, immédiatement après le traitement la quantité de fruits est réduite (Major, en préparation).

Aussi, on cherchera à assurer le maintien d'arbres fruitiers et à éviter les règles conduisant à la liquidation d'espèces. À cet effet, il est également recommandé de conserver des tiges feuillues commerciales selon la proportion retrouvée dans le type écologique et de ne pas intervenir dans la strate arbustive basse pour conserver une certaine quantité de nourriture et accélérer sa mise en disponibilité au-dessus de la couche de neige.

De façon générale, les interventions devraient être pratiquées de manière à laisser quelques bouquets denses et microtrouées. Les microtrouées devraient être disposées de façon à libérer de la végétation de sous-bois afin de favoriser un certain développement de la structure verticale (Franklin *et al.*, 1997). Quant aux bouquets denses, ils offrent l'obstruction visuelle procurant une protection contre les prédateurs (Bujold *et al.*, 2004), permettant à certaines espèces associées à des milieux forestiers plus denses, comme

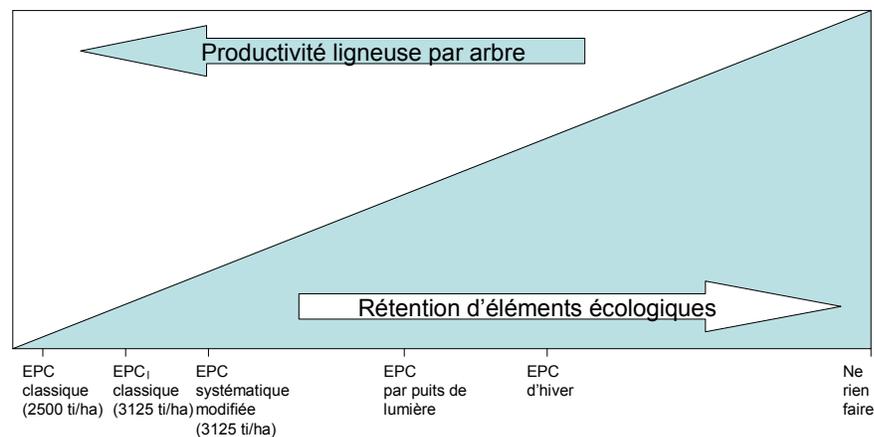


Figure 1 : Gradients de rétention d'éléments écologiques et de productivité ligneuse par arbre, pouvant être associés aux différentes variantes de traitements d'éclaircie précommerciale.

Éclaircie précommerciale par puits de lumière : Cette technique, adaptée aux essences résineuses, permet de conserver des tiges de bourrage entre les tiges d'avenir, minimisant ainsi les désavantages associés à une réduction massive de la densité, tant sur le plan faunique que sur celui de la qualité des bois produits (Schneider, 2001). Cette méthode s'approche davantage des processus naturels qui provoquent une réduction graduelle du nombre de tiges, ce qui permettrait, de plus, une meilleure gestion du risque favorable à l'obtention du plein boisement. Ce type de traitement s'applique bien à un peuplement où des hauteurs sont différenciées afin d'aider les tiges d'avenir à croître.

Éclaircie précommerciale systématique modifiée : Afin d'adapter cette pratique conventionnelle, on recommande de viser une densité cible supérieure à celle traditionnellement admise, de manière à réduire l'impact sur l'obstruction visuelle.

la paruline à tête cendrée, d'utiliser les peuplements récemment traités (Sansregret *et al.*, 2000). Ces bouquets constituent, de plus, une source de recrutement de bois mort (à courte persistance), ce qui contribue au développement d'une certaine structure verticale favorable à diverses espèces; il est donc avantageux de les disperser dans l'aire traitée. Il est également judicieux de les disposer de façon à y incorporer des arbres fruitiers, ou encore de les associer à la présence d'arbres vivants et de chicots, qu'il s'agisse de rémanents ou de la rétention pratiquée lors de la coupe du peuplement précédent. À titre indicatif, il est recommandé d'ajouter la rétention de bandes ou de bouquets sur au moins 10 % de la superficie traitée (Cimon et Labbé, 2006), pour conserver plusieurs massifs de conifères.

Éclaircie précommerciale d'hiver : Éclaircie précommerciale systématique conventionnelle pratiquée à la fin de l'hiver, lorsque

la neige porte bien et que son épaisseur est supérieure à 70 cm, de façon à obtenir une hauteur de coupe d'environ 1 m. Les portions de tiges sous la neige demeurent vivantes, ce qui réduit les effets indésirables pour la faune, en préservant un couvert d'abri pour la petite faune, dont le lièvre, tout en conservant des sources de nourriture, notamment pour le lièvre et l'original (Lavoie, 2004). Les peuplements visés ont une hauteur d'au moins 4 m (Bouliane *et al.*, 2001) et l'avantage compétitif pour les arbres éclaircis dépend du différentiel de hauteur créé par l'intervention. Le gain de croissance diamétrale résultant de ce traitement est toutefois moindre par rapport à celui résultant d'une EPC conventionnelle (Schneider *et al.*, 2001).

Cette méthode présente certains avantages; elle permet une baisse appréciable des coûts d'opération en raison d'une augmentation de la productivité. Elle permet aussi d'intervenir dans des peuplements sévèrement perturbés (par exemple, par la tordeuse des bourgeons de l'épinette) où une éclaircie conventionnelle n'est pas envisageable pour des raisons de sécurité (Schneider

et al., 2001). Toutefois, la période propice à la réalisation de cette intervention est courte et fortement dépendante de la température, ce qui pose d'importantes contraintes pour sa réalisation. De plus, elle peut entrer en conflit avec d'autres usages, compte tenu des dangers que représentent les tiges coupées et des difficultés de déplacement qu'elles engendrent.

Dégagement : Le dégagement est souvent utilisé pour contrer un envahissement par les feuillus intolérants et/ou les feuillus non commerciaux. Toutefois, dans le cadre de l'aménagement écosystémique, certains des grands axes proposés devraient limiter la nécessité d'avoir à recourir à cette intervention. En effet, la diversification des régimes sylvicoles, l'adoption de méthodes de régénération des peuplements réalisée dans le cadre d'une démarche diagnostique visant à garantir que le système sylvicole retenu convienne bien au site et, finalement, l'objectif d'établissement d'une régénération dite acquise constituent autant de mesures qui concourent à la prévention de l'envahissement par la végétation compétitrice.

Impacts sur les enjeux écosystémiques

ENJEU	IMPACTS DE L'ÉCLAIRCIE PRÉCOMMERCIALE
Uniformisation des structures horizontale et verticale des peuplements	DANGER : la régularisation de l'espacement pouvant résulter de l'EPC contribue à l'uniformisation des structures; <u>pour limiter ces problèmes, le traitement ne devrait pas être généralisé, il devrait être modifié de manière à assurer la présence de microtrouées et de bouquets denses et diverses variantes devraient être utilisées</u>
La grive de Bicknell	DANGER : cet oiseau est associé aux jeunes peuplements denses des sapinières montagnardes (sapinières à épinettes de haute altitude); il importe <u>d'éviter la réalisation systématique de l'EPC dans les jeunes peuplements de ce « grand écosystème » et d'assurer une dispersion des aires traitées au sein des jeunes peuplements (mélange de peuplements traités et non traités)</u>
Enfeuillage	Le dégagement et l'EPC peuvent représenter des méthodes pour limiter les problèmes d'enfeuillage, mais dans ce contexte, cela peut impliquer une récurrence des interventions. Il serait plus judicieux d'aborder ces problèmes au moment de la coupe et d'identifier une méthode de régénération appropriée (ex. : coupe progressive)
Raréfaction des attributs de composition de la sapinière à bouleau jaune : essences visées PIB, BOJ, EPR, THO, ORA, FRN, PRU et ERR	<u>Dans la mesure où ces essences sont présentes et maintenues sur pied en priorité,</u> permet de favoriser leur survie et d'améliorer leur ratio par rapport aux autres essences
Raréfaction de l'épinette blanche dans les sapinières à bouleau blanc et de l'épinette noire dans la sapinière à épinette noire et dans les pessières	<u>Dans la mesure où les épinettes sont présentes et maintenues sur pied en priorité,</u> permet de favoriser leur survie et d'améliorer leur ratio par rapport au sapin

Maintien des sapinières à épinette blanche et épinette noire de haute altitude	<u>Dans la mesure où les épinettes sont présentes et maintenues sur pied en priorité</u> , permet de favoriser leur survie et d'améliorer leur ratio par rapport au sapin
Régénération et succession naturelle des peuplements	Peut favoriser la succession naturelle, <u>dans la mesure où les règles pour l'identification des tiges d'avenir permettent d'assurer l'obtention d'une composition adéquate à cet effet</u>
Approvisionnement en quantité	<ul style="list-style-type: none"> • Favorise une bonne croissance diamétrale • Permet d'éviter la stagnation
Approvisionnement en qualité	<p>DANGER : la fixation d'objectifs qui tendent vers un nombre minimal de tiges peut se faire au détriment de la qualité du bois produit. Si l'EPC engendre l'obtention d'un volume donné par tige qui justifierait la récolte des arbres à un âge plus jeune, cela indique qu'il y aurait un impact négatif sur la qualité en raison de la proportion de bois juvénile plus importante (Achim, 2004). Il convient donc de viser une densité supérieure à la densité finale prévue.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les méthodes d'EPC par puits de lumière et d'hiver permettent le maintien d'un étage inférieur de végétation dense favorable à l'élagage naturel des branches, ce qui peut réduire l'importance des nœuds et ainsi permettre l'obtention de bois de meilleure qualité (Bouliane <i>et al.</i>, 2001) • L'EPC favorise l'obtention de bois de forte dimension prisé pour le sciage (Schneider, 2001)
Coûts d'approvisionnement de la matière ligneuse	Les traitements d'éducation occasionnent des coûts qui doivent être intégrés au coût du scénario sylvicole prévu
Problématique des forêts denses et peu productives	L'EPC et l'ECI permettent de répondre à cette problématique
Vulnérabilité de la sapinière à la TBE	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Dans la mesure où les règles pour le choix des tiges d'avenir favorisent le maintien des autres espèces au détriment du sapin</u>, permet de réduire la vulnérabilité du peuplement à la TBE • <u>Dans la mesure où l'intervention n'est pas réalisée en période épidémique, ou dans un délai inférieur à 3 ans avant la date prévue de l'épidémie</u>, l'éclaircie précommerciale favorise la vigueur des arbres, ce qui les rend moins vulnérables aux défoliations lorsque survient une épidémie <p>ATTENTION : Une saine gestion du risque associé à la TBE commande de fixer les objectifs de densité pour les EPC à un niveau supérieur à la densité finale désirée</p>
Impacts négatifs de l'EPC sur l'habitat faunique	<p>DANGER : la modification de la composition et la simplification de la structure constituent les principaux impacts négatifs potentiels reliés à l'EPC; <u>pour limiter les problèmes de composition, les règles pour le choix des arbres d'avenir doivent être articulées de façon à éviter la liquidation d'essences et assurer une diversité d'espèces similaire à celle offerte par les forêts préindustrielles. De plus, la réalisation du traitement doit comporter des dispositions visant le maintien de la strate arbustive basse et d'arbres fruitiers. Pour contenir la simplification de la structure, il convient d'incorporer une variabilité dans l'espacement entre les arbres (présence de trouées et de bouquets denses) et de prévoir la rétention des attributs structuraux du peuplement précédent ayant été préservés, le cas échéant</u></p>

Impacts sur la production ligneuse

- L'EPC permet d'éviter la stagnation, d'ajuster la composition, d'accroître le diamètre des arbres, de sélectionner les tiges d'avenir et de contrôler la végétation compétitrice.
- Dans le cas de l'EPC systématique conventionnelle, on pose traditionnellement l'hypothèse que le rendement correspondra à celui obtenu pour un indice de densité relative élevée, pour un même indice de qualité de station (IQS). En plus de vérifier cette hypothèse, il sera aussi nécessaire d'évaluer l'impact de l'introduction d'une certaine variabilité dans la structure horizontale (bouquets denses et microtrouées) sur la production ligneuse. Selon l'étude en cours de Parizeau, l'introduction de variantes telles que la conservation de la strate arbustive basse < 1,5 m, d'une tige commerciale feuillue par arbre d'avenir et d'arbres fruitiers n'aurait pas d'impacts significatifs sur le diamètre à hauteur de poitrine (DHP) des tiges.
- Les EPC modifiées (par puits de lumière et d'hiver) favorisent l'élagage naturel des branches inférieures des arbres

dégagés, ce qui permet de réduire l'importance des nœuds et conduit à l'obtention de bois de meilleure qualité (Bouliane *et al.*, 2001). Si le différentiel de hauteur entre les arbres coupés et ceux dégagés n'est pas suffisant, il y a un danger que des arbres coupés de très piètre qualité puissent se retrouver dans le peuplement, d'où la pertinence d'une intervention tardive (Schneider *et al.* 2001).

Impacts sur les coûts

- Récurrence des interventions potentiellement nécessaire sur les sites riches; pour ces sites, il serait avantageux d'adopter un procédé de régénération qui soit susceptible de limiter le risque d'envahissement par la compétition (ex. : coupes progressives).
- Lors de la prise en compte des coûts pour orienter le choix parmi les différents scénarios sylvicoles possibles, il faut inclure l'ensemble des interventions nécessaires au succès de régénération, ce qui comprend les traitements d'éducation.

Risques et contraintes des solutions proposées

- **Risques de chablis** : Il est généralement reconnu que les peuplements ayant subi une éclaircie précommerciale seront plus résistants au chablis en raison de la diminution du ratio hauteur/diamètre. Par contre, les résultats de recherche montrent que cette différence pourrait être plutôt limitée puisque le meilleur ancrage des arbres est compensé par une meilleure pénétration du vent dans le peuplement, dont la charge s'applique aussi sur de plus grosses cimes (Achim *et al.*, 2005). Le maintien des meilleurs sujets peut contribuer à réduire ce risque.
- **Risques de dommages aux arbres résiduels** : La formation des débroussaillers permet de réduire ce risque.
- **Incertitude face à la TBE** : Les éclaircies favorisent une meilleure santé des arbres entre les épidémies, ce qui peut améliorer leur résistance face à une nouvelle attaque. Cette meilleure résistance résulterait d'une augmentation considérable de la production foliaire survenant 3 ans après l'intervention et toujours observable 5 ans après le traitement (Beauce *et al.*, 2001). Par contre, en période épidémique, les éclaircies ne devraient pas être pratiquées, car les populations d'insectes se concentreraient sur les arbres résiduels n'ayant pas encore bénéficié de la stimulation de la production foliaire et qui subiraient alors une défoliation plus importante. C'est pourquoi la réalisation d'EPC n'est pas recommandée si l'arrivée d'une nouvelle épidémie est prévue dans un délai de moins de 3 ans.

Toutefois, devant l'impossibilité de prévoir avec exactitude le déclenchement d'une nouvelle épidémie, plusieurs moyens peuvent être envisagés afin de limiter les pertes éventuelles

résultant de la TBE lorsqu'une épidémie est considérée comme imminente, tels que :

- localiser les EPC dans des secteurs situés en altitude (> 350 m), en respectant toutefois les conditions relatives à la dispersion des aires traitées découlant de la présence d'enjeux dans les sapinières à épinette blanche et épinette noire de haute altitude;
 - conserver davantage de tiges (par exemple, plus de 5 000 ti/ha) et diversifier les essences (au moins 10 % de bouleau à papier);
 - localiser les EPC dans des secteurs éligibles à la pulvérisation : superficie > 150 ha avec une proportion de sapin et épinette blanche \geq 38 % du volume;
 - localiser les EPC dans les secteurs dominés par l'épinette noire.
- **Risque d'homogénéisation des structures verticales et horizontales** : Dans le cadre de l'aménagement écosystémique, des dispositions spécifiques visant à favoriser une certaine variabilité structurale, par le maintien de la strate arbustive basse (hauteur < 1,5 m), des arbres fruitiers, ainsi que la création de quelques trouées et bouquets denses, doivent être incorporées aux règles encadrant la réalisation d'un traitement de type systématique.
 - **Risque de simplification de la composition** : Dans le cadre de l'aménagement écosystémique, il importe de prendre des dispositions visant le maintien d'une certaine variabilité dans la composition, du type de celle observée dans les forêts préindustrielles. Il est notamment essentiel d'éviter les règles conduisant à l'élimination des essences en régression (apporter une attention particulière au BOJ dans la sapinière à bouleau jaune).

État des connaissances et expérience acquise

Dans une étude réalisée au Nouveau-Brunswick, Pitt et Lanteigne (2008) ont comparé les résultats de trois intensités d'EPC, enregistrés après une période de 42 à 44 ans. En considérant trois niveaux de densité (6 727, 2 990 et 1 682 tiges/ha), ils ont constaté qu'une densité de 2 990 tiges/ha semblait offrir un quasi-équilibre optimal entre les tiges, puisqu'elle permet de maximiser à la fois la croissance individuelle et la production par hectare. Avec une densité de 1 582 tiges/ha, les arbres deviennent plus grands plus tôt, mais la production par hectare est légèrement réduite. De plus, une densité aussi faible favorise la formation de plus grosses branches, ce qui réduit la qualité des bois.

Un suivi de la croissance diamétrale réalisé après EPC à la Forêt Montmorency (Schneider *et al.*, 2001) indique que l'utilisation d'une densité cible légèrement plus élevée n'aurait pas d'impact significatif sur la croissance des tiges. En effet, neuf ans après l'intervention, l'accroissement annuel périodique en diamètre des arbres éclaircis à 2 500 tiges/ha ne présentait aucune différence

significative par rapport à celui enregistré chez des arbres éclaircis à 4 000 tiges/ha.

Un essai d'EPC par puits de lumière, réalisé en Gaspésie, comportant trois rayons de dégagement différents (0,9, 1,5 et 2,1 m) appliqués dans des peuplements présentant trois niveaux de densité initiale (< 11 000, 11 000-20 000 et > 20 000 tiges/ha) a permis de faire ressortir l'importance déterminante de la densité initiale sur la productivité du peuplement (Schneider, 2001). Lorsque la densité initiale est faible, seule l'éclaircie de forte intensité a un effet sur le diamètre de tiges, mais les résultats pour le peuplement montrent que le volume total serait supérieur avec des intensités d'éclaircies plus légères, en dépit de l'obtention d'une croissance diamétrale inférieure chez les tiges éclaircies par rapport au témoin dans ces cas, ce qui indique que les tiges laissées entre celles qui ont été éclaircies permettent d'obtenir le gain de volume. Ce constat pose la question de la pertinence du traitement lorsque les densités initiales sont faibles. En revanche, lorsque la densité initiale est élevée, les observations à l'échelle des tiges individuelles indiquent que la croissance en diamètre augmente avec l'intensité de l'intervention; le gain relatif de l'éclaircie forte par rapport au témoin, 28 ans après l'EPC, est de 15 % pour le volume marchand, toutes essences confondues. Au niveau de la tige, plus la densité initiale est élevée, moins une intervention intense est nécessaire pour se différencier des parcelles témoins. L'EPC par puits de lumière offre une alternative intéressante puisqu'elle affecte de manière moins sévère l'habitat faunique en réduisant les débris au sol et en assurant un couvert forestier plus continu, permettant ainsi le maintien d'une meilleure obstruction latérale par rapport aux éclaircies systématiques.

Le cassage des têtes (traduction de « leader clipping ») représente une autre méthode alternative d'EPC qui permet le maintien d'un sous-étage de végétation favorable à la production de bois de meilleure qualité (Bulley *et al.*, 1997) et à la faune, particulièrement pour le lièvre. À l'origine, cette méthode a été mise au point pour limiter les risques de chablis associés à l'EPC conventionnelle dans les peuplements côtiers humides des îles Britanniques. Elle consiste à casser manuellement (ou bien à l'aide d'une petite scie) les têtes des arbres non désirés à une hauteur d'environ 1 m du sol et à les rabattre vers le sol sans les détacher complètement de la tige, de manière à éviter le transfert de la dominance apicale vers une branche inférieure. Elle s'applique donc aux conifères. En Ontario, elle a été employée dans des peuplements présentant une

distribution par bouquets dont la densité très élevée augmentait les risques de dommages aux tiges dégagées lors d'une EPC conventionnelle. Dans la réserve faunique des Laurentides, un essai a été réalisé sur 6 ha dans le secteur du lac Ailloux, dans une sapinière à épinette noire (G. Massicotte*, comm. pers.) mais aucune donnée de suivi n'est disponible.

Besoin de connaissances

Tester diverses méthodes et intensités d'EPC, aussi bien conventionnelle que tardive, en fonction des conditions écologiques et évaluer l'effet du traitement sur la croissance des arbres, le rendement du peuplement et la qualité des bois produits, ainsi que sur la faune, de manière à établir des cibles adaptées aux conditions du milieu et permettant d'optimiser l'atteinte des différents objectifs.

Réaliser des études pour évaluer l'effet combiné des EPC et de la TBE en fonction des conditions écologiques, en vue de vérifier l'effet présumé de l'EPC sur la vigueur des arbres et son incidence sur la vulnérabilité à la TBE. Étant donné que les populations d'insectes atteignent déjà des niveaux épidémiques dans certaines régions, il serait urgent d'entreprendre de telles études. On ignore cependant s'il sera possible de vérifier la pertinence du délai de trois ans, avant le déclenchement d'une épidémie, proposé dans la littérature.

Développer des méthodes d'intervention convenant aux peuplements mixtes afin de favoriser le maintien des essences feuillues en régression dans le domaine de la sapinière à bouleau jaune.

* Gilbert Massicotte, ing.f., Produits forestiers Saguenay

Références

- Achim, A., 2004. Effets de l'éclaircie sur la résistance au chablis et la qualité du bois en sapinière, Université Laval, Québec, 120 p. + annexes.
- Achim, A., J.C. Ruel, et B.A. Gardiner, 2005. Evaluating the effect of precommercial thinning on the resistance of balsam fir to windthrow through experimentation, modelling, and development of simple indices. *Journal Canadien de la Recherche Forestière*, 35: 1844-1853.
- Beauce, E., N. Carisey et A. Dupont, 2001. Implication des relations alimentaires palte-insecte dans la lutte contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette, Colloque sur la tordeuse des bourgeons de l'épinette. Shawinigan, Québec, 5 p.
- Bélanger, G., 2000. Impacts des éclaircies précommerciales sur l'habitat d'élevage de la gélinotte huppée (*Bonasa umbellus*) et du tétras du Canada (*Dendragapus canadensis*). Fédération des groupements forestiers de la Gaspésie, Direction de l'aménagement de la faune de la Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine, Société de la faune et des parcs du Québec, Sainte-Anne-des-Monts, 33 p. + annexes.
- Belle-Isle, J. et D. Kneeshaw. 2007. A stand and landscape comparison of the effects of a spruce budworm (*Choristoneura fumiferana* (Clem.)) outbreak to the combined effects of harvesting and thinning on forest structure. *For. Ecol. Manage.*, 246: 163-174.
- Blanchette, P., S. Desjardins, M. Poirier, J. Legris et P. LaRue, 2003. Utilisation par le lièvre d'Amérique de peuplements traités par éclaircie précommerciale dans le domaine de l'érablière à bouleau jaune et de la pessière à mousses. Société de la faune et des parcs du Québec, Direction de la recherche sur la faune, 63 p.
- Bouliane, P., C. Dussault et H. Sansregret, 2001. L'éclaircie précommerciale d'hiver, un outil sylvicole pour l'aménagement des boisés jeunes à caractéristiques particulières dans la sapinière boréale de l'Est. Affiche de présentation du projet de recherche, Forêt Montmorency, Université Laval, Québec, Québec.
- Bujold, F., 2004. Impacts de l'éclaircie précommerciale sur le lièvre d'Amérique dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est, Université Laval, Québec, Québec, 53 p.
- Bujold, F., A. Cimon, P. Blanchette, M. Crête et J. Legris, 2004. Effets de l'éclaircie précommerciale sur la diversité biologique : document de support justifiant un objectif de protection et de mise en valeur des ressources du milieu forestier, 16 p. (non publié).
- Bulley, B., C. Bowling, et G. Niznowski, 1997. Jack Pine Leader Clipping Trial: fifth-year results. Ontario Ministry of Natural Resources, Northwest Science & Technology, Thunder Bay, Ontario, TR-106, 22 p.
- Cimon, A et P. Labbé, 2006. Lignes directrices visant à encadrer la pratique de l'éclaircie précommerciale afin d'assurer le maintien de la biodiversité, Québec, gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de l'environnement forestier, 13 p.
- En ligne : <http://www.mrnf.gouv.qc.ca/forets/consultation/consultation-objectifs.jsp>.
- de Bellefeuille, S., L. Bélanger, J. Huot et A. Cimon, 2001. Clear-cutting and regeneration practices in Quebec boreal balsam fir forest: effects on snowshoe hare. *Can. J. For. Res.*, 31: 41-51.
- Franklin, J.F., D.R. Berg, D.A. Thornburgh et J.C. Tappeiner, 1997. Alternative Silvicultural Approaches to Timber Harvesting: Variable Retention Harvest Systems. Chap. 7, p. 111-139, *Dans* Kohm, K.A. et Franklin, J.F. (éditeurs), *Creating a Forestry for the 21st Century: The Science of Ecosystem Management*, Island Press, Washington, D.C.
- Griffin, Paul. C. et L. Scott. Mills, 2007. Precommercial thinning reduces snowshoes hare abundance in short term. *Journal of wildlife management*, 71(2): 559-564.
- Homyack, J.A., D.J. Harrison et W.B. Krohn, 2004. Structural differences between precommercially thinned and unthinned conifer stands, *For. Ecol. Manage.*, 194: 131-143.

- Lavoie, É., 2004. L'éclaircie précommerciale d'hiver dans la sapinière à bouleau blanc : effets sur l'habitat du lièvre d'Amérique (*Lepus americanus*) et de l'orignal (*Alces alces*) et sur la croissance du sapin baumier (*Abies balsamea*). Mémoire de maîtrise, Faculté des sciences et génie, Université Laval, Québec, Québec, 126 p.
- Major, M., en préparation. Precommercial thinning maintains the abundance and distribution of fruit shrubs in a boreal forest. Thèse de maîtrise, Université Laval, Québec, Québec.
- Parizeau, L., en préparation. Impacts à moyen terme de l'éclaircie précommerciale et de deux mesures d'atténuations sur le lièvre et les passereaux nicheurs dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est. Thèse de maîtrise, Université Laval, Québec, Québec.
- Pitt, D.G. et L.J. Lanteigne, 2008. Long-term outcome of precommercial thinning in northwestern New Brunswick: growth and yield of balsam fir and red spruce. *Can. J. For. Res.*, 38: 592-610.
- Rioux, J., J.-F. Poulin et B. Drolet, 2009. Portrait des enjeux d'oiseaux de l'aménagement écosystémique dans la réserve faunique des Laurentides, Étude réalisée par GENIVAR pour Environnement Canada dans le cadre du projet pilote du ministère des Ressources naturelles et de la Faune, 180 p. + annexes.
- Sansregret, H., J. Courtois, L. Bélanger et J. Huot, 2000. Effets de l'éclaircie précommerciale sur le lièvre d'Amérique, les oiseaux forestiers et les petits mammifères dans la sapinière à bouleau blanc. Université Laval, Québec, 29 p. + annexes.
- Schneider, R., 2001. Effet d'une éclaircie précommerciale 28 ans après traitement sur la productivité d'une sapinière en Gaspésie. Mémoire de maîtrise, Faculté de foresterie et géomatique, Université Laval, Québec, Québec, Québec, 29 p.
- Schneider, R., J. Bégin, P. Bouliane et C. Dussault, 2001. Résultats préliminaires sur l'effet de l'éclaircie précommerciale sur la croissance des tiges à la Forêt Montmorency, présenté au Conseil de la Nation huronne-wendat. Université Laval, Québec, Québec, 16 p.

Informations supplémentaires

- Hunter M. L. Jr ed., 1999. *Maintaining Biodiversity in Forest Ecosystems*. Cambridge University Press, 698 p.
- Mérette, C. et J. Martel, 1989. Éclaircie précommerciale dans un jeune peuplement de feuillus tolérants (érablière à bouleau jaune de 6 ans). Ministère de l'Énergie et des Ressources, 24 p.
- Tremblay, M., 2006. Effet d'éclaircies précommerciales et de la dernière épidémie de la tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana* (Clem.)) sur la croissance d'épinettes et de sapins dans la région du Saguenay–Lac-Saint-Jean. Université du Québec à Chicoutimi, Chicoutimi, 52 p.

On peut citer ce document en tout ou en partie, en indiquant la référence suivante

Comité d'experts sur les solutions, 2009. *Projet de développement d'une approche d'aménagement écosystémique dans la réserve faunique des Laurentides. Fiches techniques - Traitements d'éducation*. Québec.

DÉFINITIONS

Arbres à valeur faunique : Arbres de fort diamètre vivants ou présentant des parties mortes, qui servent de perchoir, de nichoir, de site d'élevage des petits, de sites de repos ou d'alimentation pour la faune (B.C., Ministry of Forests and Range, 2002). Ces arbres possèdent à cet effet au moins une des caractéristiques suivantes (Déry et Leblanc, 2005) :

- hauteur dépassant le couvert (perchoir);
- présence de cavités;
- cime développée;
- présence de grosses branches horizontales;
- présence de fissures;
- porteurs de fruits ou de noix utilisés par la faune;
- porteurs de traces d'utilisation par la faune.

Attributs de vieilles forêts : Attributs caractéristiques des vieilles forêts qui relèvent de la complexité structurale et de la spécificité des legs biologiques que l'on y retrouve. Ils correspondent plus particulièrement à (adapté de Braumandl et Holt, 2000) :

- une structure verticale développée, incluant la présence de vétérans; étagement de la végétation; présence de plusieurs cohortes d'arbres;
- une structure horizontale diversifiée, incluant la présence de trouées;
- la présence de gros arbres à valeur faunique;
- l'abondance de chicots (bois mort debout), incluant plusieurs chicots de gros gabarit;
- l'abondance de débris ligneux au sol, incluant plusieurs débris de grosse dimension;
- une microtopographie en buttes et creux, associée aux chablis;
- une végétation de sous-bois développée.

Cohorte d'arbres : Groupe d'arbres, généralement du même âge, qui se développent à la suite d'une perturbation.

Ectomycorhize : Mycorhize (association symbiotique entre le mycélium d'un champignon et les racines d'une plante) où les hyphes du champignon pénètrent entre les cellules de l'épiderme et du cortex des racines primaires, formant un réseau de Hartig et un manchon tissé serré qui couvre l'apex des racines (OIFQ, 2003).

Épixylique : Caractérise un thalle (appareil végétatif des végétaux inférieurs) qui se développe à la surface d'un morceau de bois. Remarque : l'adjectif lignicole, plus général, ne précise pas la position du thalle vis-à-vis de ce substrat (Gavériaux, J.-P., 2009).

Grand axe de solutions : Ensemble de dispositions permettant de répondre simultanément à plusieurs enjeux.

Legs biologiques : Structures issues du peuplement d'origine favorisant la recolonisation des sites après perturbation. Les legs biologiques correspondent à des arbres vivants incluant les arbres à valeur faunique (AVF), des chicots (bois mort debout), des grosses pièces de débris ligneux au sol, la banque de semis, des portions intactes de sous-bois (incluant plantes et sol), des strates de végétation multiples, des arbres déracinés et du sol minéral exposé (Franklin *et al.*, 1997; Franklin *et al.*, 2007).

Pratique/intervention sylvicole : Opérations sylvicoles visant un objectif particulier (ex. : coupe de régénération, élagage, éclaircie, préparation de terrain) et dont l'ensemble est agencé dans le cadre d'un régime ou scénario sylvicole.

Régime/scénario sylvicole : Séquence planifiée des interventions sylvicoles comprenant notamment les soins cultureux, la récolte et l'établissement d'un nouveau peuplement.

Saproxylique : Se dit d'une espèce qui dépend de la décomposition du bois pour au moins une étape de son cycle de développement (Observatoire régional de l'environnement Pitou-Charentes, 2009).

Stade évolutif : Étape de la chronoséquence végétale à laquelle un groupement est parvenu. Il est déterminé par les espèces qui composent le couvert principal et les étages inférieurs, ainsi que par la structure du peuplement et son évolution probable. Le « stade évolutif » ne doit pas être confondu avec le « stade de développement » du peuplement, qui est plutôt relié à l'âge moyen des arbres (MRNF, 1994). Outre la succession primaire, qui correspond à une communauté végétale présente sur un site jusque là dépourvu de végétation, on distingue 5 stades évolutifs de succession secondaire : pionnier, des essences de lumière, intermédiaire, faciès et stable qui se définissent comme suit (Robert et Saucier, 1990) :

- 1- **Stade pionnier** : Stade de végétation correspondant à une prairie ou une arbustaie caractérisé par l'absence de régénération naturelle en essences commerciales de plus de 1 m de hauteur. Il regroupe les sites perturbés (brûlis, chablis, bûchés et friches) envahis par les plantes herbacées, les framboisiers ou les arbustes et arbrisseaux indésirables.
- 2- **Stade des essences de lumière** : Réfère aux groupements de transition dont le couvert principal est composé presque exclusivement d'essences intolérantes ou semi-tolérantes à l'ombre, quelle que soit la classe d'âge du peuplement (peuplements de feuillus intolérants et pinèdes).
- 3- **Stade intermédiaire** : Réfère aux groupements de transition dont le couvert principal est composé d'essences intolérantes et où les essences tolérantes (ou semi-tolérantes) à l'ombre, des groupements finaux, forment un sous-étage continu, intermédiaire ou codominant, permettant de prévoir l'évolution future du groupement.
- 4- **Stade de faciès** : Réfère à des groupements dont le couvert principal est dominé par des essences de stade stable, accompagné d'une proportion variable d'essences intolérantes ou semi-tolérantes de transition, indiquant une perturbation passée. Généralement, les essences de transition sont présentes aux étages dominant et codominant et sont plus âgées (ou du même âge) que les essences des groupements finaux.
- 5- **Stade stable** : Réfère à des groupements composés presque exclusivement d'essences pouvant se régénérer sous couvert (essences tolérantes ou semi-tolérantes à l'ombre). Ces groupements sont en état d'équilibre avec le milieu et leur composition peut se perpétuer tant qu'il n'y a pas de perturbations majeures.

Structure d'un peuplement : Distribution horizontale et verticale des composantes d'un peuplement forestier, comme la hauteur, le diamètre, les classes de cime ainsi que les tiges d'arbres, d'arbustes, et d'herbacées en sous-étage, les chicots et les débris ligneux au sol (OIFQ, 2003). Il existe une infinité de structures possibles dont les définitions peuvent varier selon les auteurs (voir le rapport du Comité d'experts sur les solutions, 2009).

Le diamètre est souvent utilisé pour présumer de l'âge des arbres. Dans le rapport du Comité d'experts sur les solutions (2009), on distingue les trois types de structure d'âge suivants :

- **Équiennne ou régulière** : Les arbres du peuplement présentent seulement de petites différences d'âge; par convention, l'étendue des âges n'excède pas 20 % de la durée de la révolution (voir 1^{er} cas de la figure 1).
- **Jardinée** : Le peuplement est formé d'un mélange fin de petits groupes d'arbres équiennes d'âges divers et dont la distribution diamétrale présente la forme d'un J-inversé (Schütz, 1997) (voir 2^{ème} cas de la figure 1).
- **Irrégulière** : Il y a plusieurs classes d'âge dont la distribution diamétrale est irrégulière (voir 3^{ème} cas de la figure 1). On intègre la structure bi-étagée à cette catégorie.

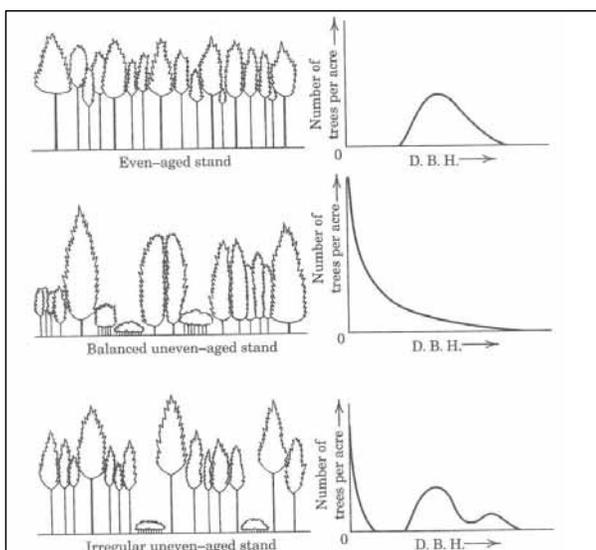


Figure 1. Étagement de la végétation et structure diamétrale (adapté de Smith et al. 1997).

Références

B.C., Ministry of Forests and Range, 2002. Stand level biodiversity. Web based training course.

En ligne : <http://www.for.gov.bc.ca/hfp/training/00001/module03/tree-mgt.htm>

Braumandl, T.F. and R.F. Holt. 2000. Refining definitions of old growth to aid in locating old-growth forest reserves. In Proceedings, From science to management and back: a science forum for southern interior ecosystems of British Columbia. C. Hollstedt, K. Sutherland, and T. Innes (editors). Southern Interior Forest Extension and Research Partnership, Kamloops, B.C., pp. 41-44.

Comité d'experts sur les solutions, 2009. Les solutions identifiées pour répondre aux enjeux posés par l'aménagement écosystémique de la réserve faunique des Laurentides. Québec. En préparation.

Déry, S. et M. Leblanc, 2005. Lignes directrices pour l'utilisation des pratiques sylvicoles adaptées dans le cadre de la mise en oeuvre de l'objectif 4, Québec, gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de l'environnement forestier, 13 p.

Franklin, J.F., Berg, D.R., Thornburgh, D.A. et Tappeiner, J.C. 1997. Alternative Silvicultural Approaches to Timber Harvesting: Variable Retention Harvest Systems. Chap. 7, p. 111-139. Dans Kohm, K.A. et Franklin, J.F. (éditeurs), Creating a Forestry for the 21st Century: The Science of Ecosystem Management. Island Press, Washington, D.C.

Franklin, J.F., Mitchell, R.J. et Palik, B.J. 2007. Natural disturbance and stand development principles for ecological forestry. Gen. Tech. Rep. NRS-19, Newton Square, PA: USDA, Forest Service, Northern Research Station, 44 p.

Gavériaux, J.-P., 2009. Lexique des principaux termes de lichénologie.

En ligne : http://www2.ac-lille.fr/myconord/telecharger/Lexiq/JPGAVERIAUX_LICH_E_01_09.pdf

MRNF, 1994. Le point d'observation écologique. Normes techniques. Service des inventaires forestiers, ministère des Ressources naturelles, code de diffusion : RN94-3078, 116 p.

Observatoire régional de l'environnement Pitou-Charentes, 2009.

En ligne : <http://www.observatoire-environnement.org/OBSERVATOIRE/tbe/tableau-de-bord-glossaire-672.html>

OIFQ, 2003. Dictionnaire de la foresterie. Presses de l'Université Laval, Québec, Québec, 744 p.

Robert, D. et J.-P. Saucier, 1990. Normes de prises de données et de vérification 1988 (révision 1990). Cadre écologique forestier, Service de l'inventaire forestier, MER Québec, 180 p.

Schütz J.-P., 1997. Sylviculture 2. La gestion des forêts irrégulières et mélangées. Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, Suisse, 178 p.

Smith, D.M., B.C. Larson, M.J. Kelty et P.M.S. Ashton, 1997. The practice of silviculture. Applied forest ecology, 9th ed., John Wiley & Sons, New York, NY, 537 p.

On peut citer ce document en tout ou en partie, en indiquant la référence suivante

Comité d'experts sur les solutions, 2009. *Projet de développement d'une approche d'aménagement écosystémique dans la réserve faunique des Laurentides. Définitions.* Québec.

