

4.1 Structure d'âge

L'aménagement forestier peut entraîner une raréfaction des vieux peuplements et une surabondance de peuplements en régénération. Le maintien d'une structure d'âge des peuplements se rapprochant de celle des paysages naturels constitue un enjeu majeur en aménagement écosystémique. L'intégration de cet objectif dans le calcul des possibilités forestières se fait par le suivi de la proportion des principaux stades de développement des peuplements ainsi que par l'intégration de moyens d'aménagement tels que les coupes partielles.



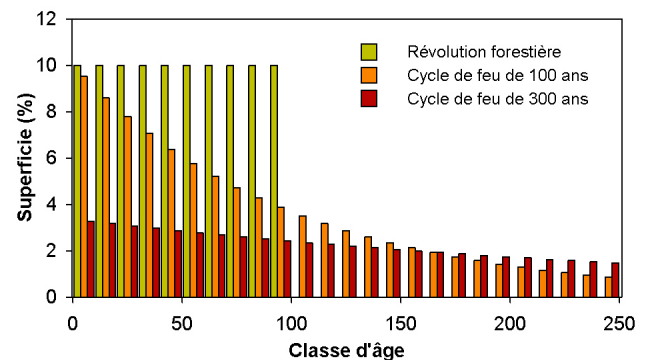
Crédit photo : Antoine Nappi

Préoccupation

L'aménagement forestier modifie la structure d'âge¹ des peuplements dans le paysage. Dans les paysages naturels, la structure d'âge est déterminée essentiellement par les régimes de perturbations naturelles (incendies de forêt, épidémies d'insectes, chablis). Dans la plupart des régions forestières du Québec, les perturbations naturelles sévères² sont relativement peu fréquentes³. Par exemple, les incendies de forêt touchent généralement moins de 0,2 % du territoire annuellement⁴. De plus, les perturbations naturelles ne touchent pas systématiquement les peuplements matures et vieux et sont variables quant à leur sévérité⁵. Ainsi, les vieilles forêts dominent généralement les paysages forestiers naturels⁶. En comparaison, la récolte touche annuellement près de 1 % de la forêt publique sous aménagement⁷ et la majorité des interventions consiste en la récolte totale du peuplement⁸. L'aménagement forestier entraîne ainsi un

rajeunissement de la matrice forestière et une raréfaction plus ou moins importante des vieilles forêts⁹ (figure 1).

Les vieilles forêts constituent un habitat critique pour le maintien de la biodiversité. Ces peuplements se distinguent par leur structure verticale et horizontale complexe, ainsi que par la présence de vieux arbres de gros diamètre, de chicots de fortes dimensions et de bois mort au sol¹⁰. Ce stade de développement débute lorsque



Source : Adapté de Cyr et al. (2009)

Figure 1. Pourcentage des classes d'âge des peuplements selon une révolution forestière de 100 ans et des cycles de feu de 100 et 300 ans (basé sur des modèles théoriques).

Pour une révolution ou un cycle de 100 ans, la proportion de vieux peuplements est plus élevée sous un régime de feu que sous un régime de coupe étant donné la nature aléatoire du feu (certains sites brûlent plus d'une fois alors que d'autres sites sont rarement touchés). Plus le cycle ou la révolution est longue, plus la proportion de vieux peuplements est élevée.

¹ La structure d'âge se définit comme la proportion relative des peuplements appartenant à différents stades de développement (classes d'âge), mesurée sur un territoire relativement vaste (centaines ou milliers de km²).
² La perturbation est dite sévère si le couvert forestier dominant est présent sur moins de 25 % de la superficie du peuplement à la suite de la perturbation.
³ Bergeron et al. (2006), Vaillancourt (2008), Boucher et al. (2011a).
⁴ Se référer au fascicule 1.5 – Perturbations naturelles.
⁵ Bergeron et al. (2002), Chabot et al. (2009).
⁶ Cyr et al. (2007), Bouchard et al. (2008), Chabot et al. (2009), Boucher et al. (2011a). Par exemple, dans la pessière à mousses de l'Est, où le cycle de feu est généralement long, les vieux peuplements peuvent occuper plus de 70 % du territoire.
⁷ En forêt publique, la superficie totale des aires de récolte par rapport à la superficie des forêts productives a varié annuellement entre 0,48 et 1,02 % pour les périodes de 2004-2005 à 2008-2009 (MRN – Statistiques forestières).
⁸ Pour l'année 2008-2009, par exemple, les coupes totales (ex. : coupe avec protection de la régénération et des sols) représentaient 83 % des traitements commerciaux réalisés en forêt publique (MRNF 2010a).

⁹ Jetté et al. (2008), Cyr et al. (2009), Doyon et Bouffard (2009). L'écart entre la structure d'âge de la forêt naturelle et celle de la forêt aménagée varie d'une région à l'autre, en fonction de la proportion naturelle de vieilles forêts et de l'histoire d'aménagement. Dans le cas de la forêt feuillue tempérée, les coupes partielles (ex. : coupes à diamètre limite) pratiquées au cours des dernières décennies peuvent avoir causé la raréfaction d'un ou de plusieurs attributs de vieux peuplements.
¹⁰ Kneeshaw et Burton (1998), Kneeshaw et Gauthier (2003).

la cohorte d'arbres installée à la suite d'une perturbation sévère commence à mourir et qu'elle est graduellement remplacée par les tiges du sous-étage¹¹. Ces peuplements sont touchés au fil du temps par des perturbations naturelles moins sévères (ex. : chablis partiel) qui entraînent une dynamique d'ouverture par trouées et qui favorisent la diversification de la composition et de la structure des peuplements, ainsi que le développement d'attributs de vieilles forêts¹². Les vieux peuplements abritent de nombreuses espèces de bryophytes, d'insectes et d'oiseaux, dont plusieurs dépendent du bois mort¹³. La persistance des populations de plusieurs espèces peut être compromise lorsque la proportion de vieilles forêts est en deçà de seuils critiques¹⁴.

La proportion de peuplements en régénération sur le territoire constitue un enjeu tant sur le plan de la biodiversité que sur les plans économique et social.

Dans certains territoires, la proportion de peuplements en régénération peut dépasser les limites de variabilité historique¹⁵. Plusieurs espèces fauniques qui requièrent des peuplements avec un couvert arborescent (ex. : 7 m et plus de hauteur), dont plusieurs d'intérêt socio-économique, évitent les peuplements récemment perturbés alors que d'autres sont sensibles à une concentration élevée de coupes récentes¹⁶. De plus, dans les territoires soumis à une forte récurrence du feu, une proportion élevée de secteurs en régénération augmente le risque d'accidents de régénération causés par des perturbations en rafale¹⁷. Une forte proportion de coupes récentes constitue également un enjeu d'acceptabilité sociale, notamment en ce qui concerne le maintien de la qualité visuelle des paysages¹⁸.

Aménagement forestier

Objectif

L'objectif d'aménagement consiste à maintenir des forêts dont la structure d'âge se situe dans les limites de la variabilité naturelle (encadrés 1 et 2). Cette structure d'âge est définie par la proportion des différents stades de développement des peuplements. Bien que plusieurs

Encadré 1. Engagements gouvernementaux

Projet de Stratégie d'aménagement durable des forêts¹⁹

- Un des objectifs de la Stratégie est de faire en sorte que la structure d'âge de la forêt aménagée s'apparente à celle de la forêt naturelle.

Plans d'aménagement forestier intégré²⁰

- Pour la planification 2013-2018, le ministère des Ressources naturelles établit des cibles pour les stades de vieille forêt et de régénération. Ces cibles apparaissent aux plans d'aménagement forestier intégré et sont considérées dans le calcul des possibilités forestières. Ces cibles varient d'une région à l'autre et s'appliquent à des échelles différentes selon le domaine bioclimatique.
- Pour le stade de vieille forêt, la cible consiste à maintenir au moins 30 % de la moyenne historique de ces superficies.
- Pour le stade de régénération, la cible consiste à limiter les aires en régénération à moins de 30 ou 35 % du territoire, selon le domaine bioclimatique.
- Pour assurer une répartition spatiale adéquate de ces stades, chacune de ces cibles doit être atteinte sur au moins 80 % de la superficie de l'unité d'aménagement.
- Lorsque l'état actuel de la forêt ne permet pas le respect des cibles, un plan de restauration qui fixe un délai raisonnable pour atteindre les cibles est établi par le Ministère.

Futur règlement d'aménagement durable des forêts¹⁹

- Pour l'ensemble des domaines bioclimatiques, un minimum de 30 % de la superficie forestière productive en forêt résiduelle de 7 m et plus de hauteur doit être maintenu en tout temps dans une unité territoriale de référence où la récolte d'arbres est réalisée.
- Pour les territoires situés dans le domaine de la pessière à mousses et où les interventions forestières sont réalisées sur la base d'une approche comprenant des agglomérations de coupes et des massifs forestiers, un minimum de 30 % de la superficie forestière productive en peuplements forestiers résiduels de 7 m et plus de hauteur doit être maintenu en tout temps dans une agglomération de coupes où la récolte d'arbres est réalisée et cette superficie doit être bien répartie dans l'agglomération.

stades puissent être définis, l'analyse de l'enjeu de la structure d'âge repose généralement sur trois stades principaux²¹ :

- *stade régénération* – Ce stade regroupe les peuplements récemment perturbés (ex. : coupes totales, perturbations naturelles sévères). Il est caractérisé par des espèces pionnières ou associées aux milieux ouverts.

¹¹ Kneeshaw et Gauthier (2003). L'âge auquel débute cette mortalité varie selon l'essence, la productivité du site ainsi que la région (Boucher et al. 2006, Bouchard et al. 2008).

¹² De Grandpré et al. (2000), Kneeshaw et Gauthier (2003), Pham et al. (2004).

¹³ Imbeau et al. (1999, 2001), Boudreault et al. (2002), Drapeau et al. (2003), Paquin (2008), Rheault et al. (2009).

¹⁴ Drapeau et al. (2009), Rompré et al. (2010).

¹⁵ Cyr et al. (2009).

¹⁶ Imbeau et al. (1999), Potvin et al. (1999, 2000), Leboeuf (2004).

¹⁷ Se référer au fascicule 4.11 – Landes à lichens.

¹⁸ Se référer au fascicule 4.15 – Qualité visuelle des paysages.

¹⁹ MRNF (2010b).

²⁰ Jetté et al. (2012a, b).

²¹ Se référer à la section *Indicateurs forestiers* pour une description des critères quantitatifs.

- **stade 7 m et plus²²** – Ce stade correspond aux peuplements ayant atteint une hauteur adéquate pour plusieurs espèces fauniques ainsi que pour l'acceptabilité visuelle des coupes.
- **stade vieux** – Ce stade correspond aux peuplements qui sont suffisamment âgés pour présenter des attributs de vieille forêt.

Les objectifs spécifiques visent généralement à :

- maintenir la proportion de peuplements de 7 m et plus de hauteur et de vieux peuplements au-delà d'un seuil minimum;
- limiter la proportion de peuplements en régénération en deçà d'un seuil maximum.

Encadré 2. Aménagement écosystémique

- La fréquence et la nature des interventions sylvicoles diffèrent de celles des perturbations naturelles. Les révolutions forestières sont généralement plus courtes que les cycles des perturbations naturelles. De plus, la plupart des interventions sylvicoles reposent sur des coupes à fort prélèvement (ex. : coupes totales), alors que les perturbations naturelles varient en sévérité et laissent souvent une forte proportion d'arbres résiduels.
- En combinant les effets des coupes et des perturbations naturelles, la quantité de jeunes peuplements dans les paysages aménagés sera assurément plus élevée que dans des paysages naturels.
- L'aménagement écosystémique vise à réduire les écarts engendrés quant à la structure d'âge des forêts. Ceci peut se faire en maintenant une plus forte proportion de vieux peuplements dans le paysage et en adoptant des pratiques sylvicoles telles que les coupes partielles, qui permettent le maintien d'attributs de vieille forêt.

Moyens d'aménagement

Trois moyens d'aménagement peuvent contribuer à maintenir une quantité suffisante de peuplements de 7 m et plus de hauteur ou de vieux peuplements tout en limitant la quantité de peuplements en régénération.

Conservation permanente

La conservation permanente (ex. : aires protégées, territoires inaccessibles) contribue directement au maintien d'une certaine proportion de peuplements avec un couvert arborescent ou vieux. Les peuplements conservés seront de différents âges (incluant de très vieux peuplements) ainsi que de structure et de

²² Le stade 7 m et plus est utilisé dans les modalités du futur règlement d'aménagement durable des forêts. Jetté et al. (2012a) définissent le stade *intermédiaire*, lequel regroupe les peuplements dont l'âge se situe entre le stade *régénération* et le stade *vieux*. La somme des stades *intermédiaire* et *vieux* correspond approximativement à l'abondance des peuplements de 7 m et plus de hauteur.

composition variées. Ce moyen est le plus susceptible de maintenir la biodiversité associée aux vieilles forêts.

Allongement des révolutions

Retarder la récolte du peuplement au-delà de l'âge d'exploitabilité favorise l'apparition d'attributs de vieille forêt. Les peuplements doivent être conservés suffisamment longtemps afin d'atteindre les critères minimaux définissant le stade *vieux*. Parce que les attributs de vieille forêt se développent avec le temps, la qualité des vieux peuplements est fonction de la durée de l'allongement de la révolution²³. Compte tenu de la récolte éventuelle de ces peuplements, cette approche est moins efficace que la conservation permanente pour maintenir les attributs de vieille forêt.

Coupes partielles

Les coupes partielles – l'éclaircie commerciale (EC), la coupe progressive régulière (CPR), la coupe progressive irrégulière (CPI) et les coupes de jardinage (CJ)²⁴ – conservent généralement plus de 50 % du couvert arborescent et, selon le traitement sylvicole, peuvent maintenir certains attributs de vieux peuplements. La contribution des peuplements traités aux différents stades de développement est fonction du type de coupe partielle et des caractéristiques des peuplements (tableau 1).

Tableau 1. Contribution générale des peuplements traités par coupe partielle aux stades 7 m et plus et vieux.

Traitement sylvicole ^a	7 m et +	Vieux
Éclaircie commerciale (EC)	✓	
Coupe progressive régulière (CPR)	✓	
Coupe progressive irrégulière (CPI)	✓	✓
Coupes de jardinage (CJ)	✓	✓

^a Les peuplements traités par chacun de ces traitements sylvicoles peuvent théoriquement être considérés comme vieux lorsque les critères définissant une vieille forêt (âge ou surface terrière) sont respectés.

Les peuplements traités par toute forme de coupe partielle conservent une partie significative du couvert arborescent et contribuent au stade 7 m et plus. Ce couvert sera conservé de façon temporaire (jusqu'à la coupe finale pour l'EC, la CPR et la CPI à régénération lente [CPI-RL]) ou permanente (pour la CPI à couvert permanent [CPI-CP] et les CJ).

Pour contribuer au stade *vieux*, les peuplements traités par coupe partielle doivent répondre aux critères d'âge ou

²³ Par exemple, un délai pour la récolte de l'ordre de 15 ans après l'âge de sénescence a été appliqué par le passé afin de maintenir les peuplements suffisamment longtemps pour qu'ils puissent jouer adéquatement leur rôle de vieilles forêts (Déry et Leblanc 2005).

²⁴ Se référer au chapitre 3 sur les traitements sylvicoles.

de surface terrière définissant une vieille forêt (se référer à la section *Indicateurs forestiers*). Généralement, la CPI et les CJ²⁵ sont plus susceptibles de maintenir des attributs de vieille forêt que l'EC et la CPR. Par exemple, pour les peuplements résineux et mixtes à feuillus intolérants, l'EC est généralement appliquée avant la maturité absolue²⁶ et est suivie d'une coupe totale effectuée avant l'atteinte du stade *vieux*²⁷. En ce qui concerne les coupes progressives, le délai entre la coupe d'ensemencement et la coupe finale est plus court pour une CPR que pour une CPI-RL; ainsi, les peuplements traités par la CPR répondront moins longtemps aux critères de vieille forêt²⁸.

Les coupes partielles s'apparentent aux perturbations naturelles qui entraînent une mortalité partielle des tiges (ex. : chablis partiel, épidémie légère ou feu de sévérité faible ou modérée)²⁹. Malgré leurs avantages sur le plan écologique, les coupes partielles ne conservent néanmoins qu'une partie du couvert ou des attributs des vieux peuplements et, par conséquent, ne peuvent garantir le maintien de l'ensemble de la biodiversité associée aux vieilles forêts³⁰.

Indicateurs forestiers

Les pourcentages qu'occupe chaque stade de développement à l'intérieur d'un territoire forestier sont utilisés comme indicateurs de la structure d'âge des forêts.

Description des indicateurs

Les critères quantitatifs pour définir les stades de développement correspondent à ceux utilisés dans le cadre de l'élaboration des plans d'aménagement forestier intégré³¹ et du futur règlement d'aménagement durable des forêts (futur RADF) :

- stade *régénération* – Ce stade regroupe les peuplements issus de coupes à fort prélèvement (ex. : coupes totales) ou de perturbations naturelles sévères dont l'âge est égal ou inférieur à 20 ans pour le domaine de la pessière, 15 ans pour les domaines de la sapinière ou 10 ans pour les domaines de l'érablière.
- stade *7 m et plus* – Ce stade regroupe les peuplements dont la hauteur du couvert dominant est d'au moins 7 m.
- stade *vieux* – Ce stade regroupe des peuplements dont l'âge est > 100 ans (classes d'âge 120 et VIN) pour le domaine de la pessière et les domaines de l'érablière ou > 80 ans (classes d'âge 90 ans, 120 ans et VIN) pour les domaines de la sapinière. En forêt décidue et mélangée, des seuils de surface terrière sont utilisés afin d'identifier les vieux peuplements de structure inéquienne. Ces seuils sont établis à 23 m²/ha pour les domaines de l'érablière et à 20 m²/ha pour le domaine de la sapinière à bouleau jaune³¹.

Échelles spatiales d'application

Les proportions de chaque stade de développement peuvent être calculées à l'échelle de l'unité d'aménagement³² ou à une échelle d'analyse inférieure à celle-ci afin d'assurer une répartition spatiale adéquate des différents types de peuplements³³.

Pour le stade *7 m et plus*, cette évaluation se fait à l'échelle de l'unité territoriale de référence (UTR) et du compartiment d'organisation spatiale (COS).

Pour les stades *régénération* et *vieux*, l'analyse se fait à l'échelle d'unités territoriales (UT) dont la taille maximale varie selon le domaine bioclimatique³³ (figure 2) :

- domaine de la pessière à mousses – Les UT sont d'une taille maximale de 2 500 km² et correspondent aux unités territoriales d'analyse (UTA). Chaque UTA est constituée d'un regroupement de 20 à 30 COS.
- domaine de la sapinière à bouleau blanc – L'UT est d'une taille maximale de 1 000 km² et correspond à une UTR ou un regroupement de plusieurs UTR (lorsqu'elles sont trop petites).
- domaines de la sapinière à bouleau jaune et de l'érablière – L'UT est d'une taille maximale de 500 km² et correspond à une UTR ou un regroupement de plusieurs UTR (lorsqu'elles sont trop petites).

²⁵ Les coupes de jardinage peuvent maintenir certains attributs de vieille forêt tels que la structure irrégulière et des arbres de fortes dimensions. Toutefois, ces coupes visent la production de tiges sans défauts et de grande valeur sur de courtes rotations. Après quelques rotations, les attributs de vieille forêt tels que le bois mort devraient se raréfier.

²⁶ L'âge auquel le peuplement donne le plus grand accroissement annuel moyen en volume, calculé avec un diamètre à hauteur de poitrine de référence de plus de 9 cm.

²⁷ Se référer au fascicule 3.5 – Éclaircie commerciale. Pour d'autres types de forêts, les surfaces terrières après une EC sont, pendant une certaine période de temps, généralement inférieures aux critères de vieille forêt.

²⁸ Se référer aux fascicules 3.6 – Coupe progressive régulière et 3.7 – Coupe progressive irrégulière.

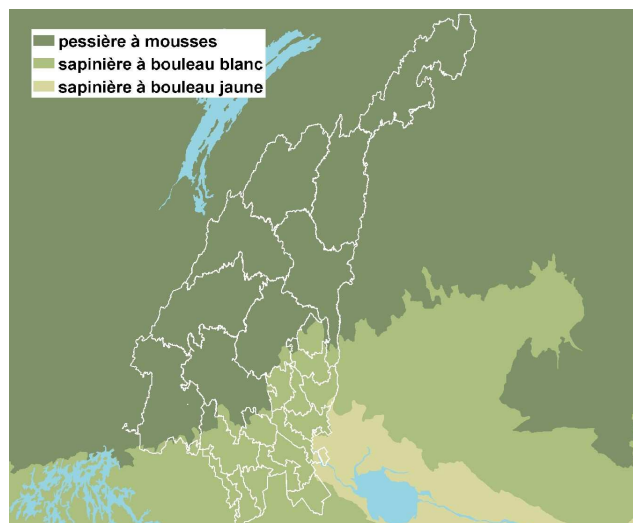
²⁹ Harvey et al. (2002).

³⁰ Fenton et al. (2009), Vanderwel et al. (2009), Lycke et al. (2011).

³¹ Jetté et al. (2012a).

³² Cette échelle d'analyse est nécessaire, entre autres, pour répondre à la norme de certification FSC (FSC Canada 2004).

³³ Jetté et al. (2012a). L'échelle spatiale d'analyse varie selon le domaine bioclimatique de manière à tenir compte des différences dans la taille moyenne des perturbations naturelles.



Source : Bureau du forestier en chef

Figure 2. Exemple d'unités territoriales utilisées pour évaluer la proportion des stades de développement (UTA en pessière, UTR ou regroupement d'UTR en sapinière).

Seuils et cibles

Pour les stades *régénération* et *vieux*, un degré d'altération *actuel* est déterminé pour chaque UT. Trois degrés d'altération peuvent être définis : faible, moyen et élevé (tableau 2). Pour le stade *vieux*, le degré d'altération est basé sur une analyse d'écart entre la proportion actuelle et celle des paysages naturels³⁴. Pour le stade *régénération*, le degré d'altération est basé sur un pourcentage du territoire.

Tableau 2. Degrés d'altération et leurs seuils pour les stades *régénération* et *vieux*.

Degré d'altération	Régénération (% absolu, seuil maximal)		Vieux (% de la proportion naturelle, seuil minimal)
	Pessière	Sapinières et érablières	
Faible	< 25 %	< 20 %	≥ 50 %
Moyen	25-34 %	20-29 %	30-49 %
Élevé	≥ 35 %	≥ 30 %	< 30 %

Un degré d'altération *cible* est ensuite déterminé pour chaque UT en considérant, entre autres, la structure d'âge actuelle, l'utilisation du territoire (ex. : aires protégées) ainsi que la présence d'espèces sensibles à l'aménagement forestier (ex. : caribou forestier)³⁵. Pour ces stades de développement, la somme de la superficie des UT ayant un degré d'altération faible ou moyen doit

³⁴ Le ministère des Ressources naturelles collige les données relatives à la forêt naturelle dans un registre des états de référence (Boucher et al. 2011a). Ce registre présente, par unité homogène, la proportion moyenne des différents stades de développement dans les paysages naturels. Ces proportions sont rapportées aux unités territoriales (Jetté et al. 2012a).

³⁵ Ces cibles sont déterminées par le ministère des Ressources naturelles pour chaque unité d'aménagement (Jetté et al. 2012b).

représenter au moins 80 % de la superficie de l'unité d'aménagement (encadré 1). La stratégie d'aménagement doit permettre de respecter ces degrés d'altération *cibles* ou de le faire dans un délai raisonnable (cas de restauration³⁶). Le délai pour atteindre ces cibles est établi en fonction de l'évolution naturelle théorique de la forêt³⁷ ainsi que des conséquences écologiques, économiques et sociales³⁸.

Pour les peuplements de 7 m et plus de hauteur, le futur RADF prévoit que ceux-ci doivent représenter au moins 30 % de la superficie forestière productive de chaque UTR (pour tous les domaines bioclimatiques) et de chaque COS (pour le domaine de la pessière).

Autres indicateurs et analyses

Plusieurs facteurs influencent la qualité des vieilles forêts et peuvent faire l'objet d'indicateurs et d'analyses additionnels :

- coupes partielles – Compte tenu que les effets des coupes partielles sont peu documentés, une évaluation du pourcentage de vieux peuplements issus de coupes partielles (« vieux imité ») permet de s'assurer que les vieilles forêts sont maintenues par différentes stratégies (allongement des révolutions, coupes partielles, conservation permanente) et de limiter, lorsque nécessaire, la proportion de vieux peuplements issus de coupes partielles.
- vieux peuplements à structure complexe – Les attributs de vieilles forêts se développent avec le temps. Le pourcentage de très vieux peuplements peut être évalué en modifiant les critères définissant le stade *vieux* (ex. : peuplements dont l'âge est ≥ 120 ans, \geq âge de sénescence³⁹). D'autres analyses peuvent être menées afin d'identifier les vieux peuplements à structure complexe en forêt décidue⁴⁰.

³⁶ Pour les vieilles forêts, un plan de restauration est préparé afin d'éviter d'aggraver la situation actuelle et d'intervenir de manière à favoriser le recrutement de vieux peuplements. Par exemple, la CPI ou l'allongement de la révolution appliqué sur des peuplements longévifs est un moyen approprié pour assurer le maintien de vieilles forêts dans les territoires où une forte cohorte de peuplements atteindront le stade *vieux* au cours des prochaines années.

³⁷ L'évolution naturelle théorique de la forêt correspond à un scénario où aucune coupe n'est réalisée, ce qui permet de déterminer le délai minimal requis pour que le seuil soit respecté.

³⁸ Le choix pour chaque UT du degré d'altération visé et du délai pour son application fait l'objet d'une démarche entre le ministère des Ressources naturelles et le Bureau du forestier en chef (Complément d'information pour la préparation des stratégies d'aménagement en fonction de l'enjeu de la structure d'âge – Processus d'optimisation des cibles, Jetté et al. 2012b).

³⁹ Théoriquement, le stade « vieux » débute lorsque la cohorte d'arbres installée à la suite d'une perturbation sévère commence à mourir et qu'elle est graduellement remplacée par les tiges du sous-étage (Kneeshaw et Gauthier 2003). Techniquement, le début de ce stade correspond généralement à l'âge de sénescence, soit le moment, sur la courbe d'évolution, où le peuplement atteint le volume maximum. Cet âge est généralement supérieur au seuil minimum de 80 ou 100 ans retenu comme critère du stade *vieux*.

⁴⁰ Des critères de surface terrière totale, en essences longévives et en gros bois, peuvent être utilisés afin d'identifier les vieux peuplements d'essences tolérantes à l'ombre et longévives (Guillemette et McCullough 2011, Jetté et al. 2012a).

- **productivité** – Les vieux peuplements localisés sur des sites à bon potentiel de croissance acquièrent des attributs de vieille forêt plus rapidement et présentent des caractéristiques différentes des vieux peuplements sur des sites pauvres (ex. : peuplements ouverts par la paludification). Une évaluation du pourcentage de vieux peuplements ventilé selon leur productivité permet de s'assurer qu'une quantité significative de vieilles forêts productives est conservée.
- **composition** – Les vieilles forêts sont théoriquement composées majoritairement d'essences de fin de succession. Une évaluation de la composition des vieux peuplements (ex. : types de couvert, essences) permet de s'assurer qu'ils sont représentatifs de ceux présents dans les paysages naturels. La composition peut également être examinée de manière à tenir compte de la vulnérabilité des peuplements aux épidémies de la tordeuse des bourgeons de l'épinette (ex. : pourcentage des vieilles forêts en sapinière).
- **configuration** – Les vieilles forêts de faible superficie et isolées (ex. : lisières boisées riveraines) ont peu de forêts d'intérieur et contribuent moins efficacement au maintien de la biodiversité associée aux vieilles forêts⁴¹. Une évaluation du pourcentage des vieux peuplements localisés dans les massifs forestiers permet de s'assurer que ces peuplements seront en quantité suffisante afin de maintenir les espèces sensibles à la fragmentation.

Intégration au calcul

L'intégration de cet objectif dans le calcul des possibilités forestières se fait essentiellement par le suivi de la proportion de chaque stade de développement. Ces proportions sont évaluées pour l'ensemble de l'unité d'aménagement ou à l'échelle d'unités territoriales (ex. : UTA, UTR) tout au long de l'horizon du calcul. La conservation permanente, l'allongement de la révolution et l'utilisation des coupes partielles sont considérés au calcul afin de répondre aux objectifs de structure d'âge.

L'intégration de cet objectif au calcul des possibilités forestières se fait aux étapes suivantes :

✓	Cartographie
	Strates d'aménagement
✓	Stratégie sylvicole
	Évolution des strates
✓	Variables de suivi
✓	Optimisation
	Spatialisation avec STANLEY

Cartographie

Les UT utilisées pour l'analyse de la structure d'âge sont basées sur les UTR ou les COS présents dans la carte CFET-BFEC⁴².

Toutes les superficies forestières productives sont retenues pour évaluer les proportions de chaque stade de développement. Ainsi, même les superficies de l'unité d'aménagement exclues du calcul des possibilités forestières (ex. : aires protégées, peuplements inaccessibles) sont considérées.

Stratégie sylvicole

La stratégie sylvicole prévoit l'application de coupes partielles sur les strates appropriées. Les coupes partielles intégrées au calcul sont l'EC, la CPR, la CPI et les CJ⁴³. Les strates traitées par coupe partielle contribuent au stade *7 m et plus* ou *vieux*, à condition que celles-ci répondent aux critères (hauteur, âge ou surface terrière) définissant les stades de développement⁴⁴.

Variables de suivi

Trois indicateurs de la structure d'âge sont intégrés au calcul comme variables de suivi :

- stade *régénération*;
- stade *7 m et plus*;
- stade *vieux*.

Les critères pour définir ces stades de développement sont basés sur l'âge, la hauteur ou la surface terrière (tableau 3). Pour identifier les strates de stade *vieux*, l'âge⁴⁵ est généralement utilisé pour les types de forêt constitués de conifères (ex. : pessières, sapinières, pinèdes grises) ou de feuillus intolérants à l'ombre (ex. : bétulaies blanches, peupleraies)⁴⁶, tandis que la surface terrière est utilisée pour les types de forêt de feuillus tolérants à l'ombre (ex. : bétulaies jaunes, chênaies,

⁴¹ Boucher et al. (2011b).

⁴² Les COS utilisés dans le cadre de la planification opérationnelle peuvent différer de ceux contenus dans la carte. Dans de tels cas, une correspondance a été réalisée afin de former des UTA dont les délimitations sont similaires.

⁴³ Se référer au chapitre 3 pour une description des traitements sylvicoles intégrés au calcul.

⁴⁴ Par exemple, une strate « pessière » qui a subi la coupe d'ensemencement de la CPI-RL est considérée comme vieille si l'âge est ≥ 100 ans.

⁴⁵ Dans le cadre du calcul, l'âge est établi sur la base des données dendrométriques (âge des arbres sondés). Ceci peut générer des écarts avec l'âge établi sur la base de l'information cartographique.

⁴⁶ Ces types de forêt évoluent à l'aide du modèle NATURA-2009. Ce modèle de croissance à l'échelle du peuplement fait évoluer les variables en fonction de l'âge des arbres études dominants et co-dominants des placettes. Se référer au fascicule 2.4 – Évolution des strates.

éablières) ou de résineux longévifs (ex. : pinèdes blanches, prucheraies, cédrières)⁴⁷.

Tableau 3. Critères utilisés dans le calcul des possibilités forestières pour définir chaque stade de développement.

Domaine bioclimatique	Régénération	7 m et +	Vieux
Pessière	< 20 ans	≥ 7 m ^a	≥ 100 ans
Sapinière à bouleau blanc	< 15 ans		≥ 80 ans
Sapinière à bouleau jaune			≥ 80 ans ou ≥ 20 m ² /ha
Érablières	< 10 ans		≥ 100 ans ou ≥ 23 m ² /ha

^a Réfère à la hauteur dominante. Aux fins du calcul, l'âge requis pour atteindre 7 m de hauteur est utilisé dans la modélisation.

Le pourcentage de strates de stade *7 m et plus* est évalué pour chaque UTR (pour les domaines de l'érablière et de la sapinière) ou chaque COS (pour le domaine de la pessière). Selon le futur RADF, ce pourcentage doit être d'au moins 30 %⁴⁸.

Les pourcentages de strates de stades *régénération* et *vieux* sont calculés pour chaque UT⁴⁹. Ces pourcentages doivent respecter les seuils établis pour chaque UT, selon les degrés d'altération *cibles*. Par exemple, pour une UT dont le degré d'altération *cible* pour les vieilles forêts est faible, ceci signifie qu'elles doivent représenter au moins 50 % de la proportion naturelle (figure 3).

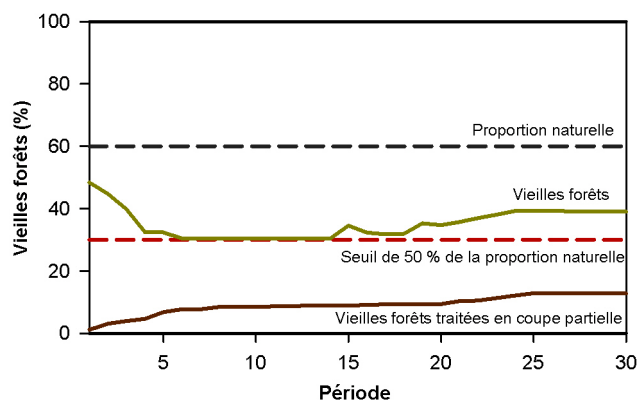


Figure 3. Exemple d'évolution du pourcentage de vieilles forêts dans une unité territoriale (UT) dont le degré d'altération *cible* est faible (≥ 50 % de la proportion naturelle).

⁴⁷ Ces types de forêt évoluent à l'aide du modèle ARTÉMIS-2009. Ce modèle de croissance à l'échelle de la tige fait évoluer les variables en fonction du temps et non de l'âge.

⁴⁸ Selon le futur RADF, ce pourcentage doit être respecté à la fois pour les UTR et les COS dans le domaine de la pessière. Aux fins du calcul cependant, ce pourcentage n'est évalué que pour les COS compte tenu que ceux-ci sont plus petits et que cette échelle d'analyse est plus contraignante que celle des UTR.

⁴⁹ Au besoin, le pourcentage de strates de stade *vieux* peut également être calculé pour l'ensemble de l'unité d'aménagement.

La somme de la superficie des UT ayant un degré d'altération faible, moyen ou élevé est compilée afin d'être comparée aux objectifs identifiés dans la stratégie d'aménagement. Selon le projet de la Stratégie d'aménagement durable des forêts, la somme de la superficie des UT ayant un degré d'altération faible ou moyen doit être égal ou supérieur à 80 % de la superficie de l'unité d'aménagement (figure 4).

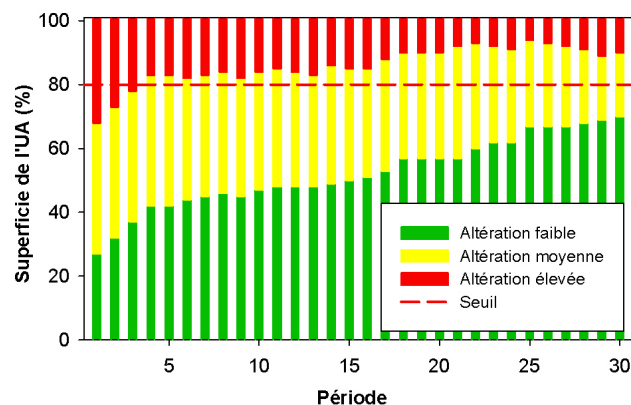


Figure 4. Exemple d'évolution du pourcentage de la superficie de l'unité d'aménagement (UA) en unités territoriales ayant un degré d'altération faible, moyen ou élevé pour le stade *vieux*, ainsi que le seuil minimal d'altération faible ou moyen de 80 % tel que défini par le projet de la Stratégie d'aménagement durable des forêts.

Selon le contexte de chaque unité d'aménagement, d'autres indicateurs peuvent être intégrés en variables de suivi afin d'évaluer la qualité des vieilles forêts (se référer à la section *Indicateurs forestiers*). Par exemple, les strates de stade *vieux* traitées en coupe partielle (vieux imité) peuvent être distinguées de celles sans coupe partielle (ex. : figure 3).

Optimisation

Afin de s'assurer que les seuils définis pour les stades de développement soient respectés, ceux-ci sont intégrés sous forme de *contraintes à l'optimisation*. Pour les stades *régénération* et *vieux*, ces contraintes sont appliquées de manière à respecter les degrés d'altération visés pour l'ensemble des UT. Pour les unités d'aménagement soumises à un plan de restauration, un délai pour l'application de la contrainte est appliqué pour les UT où le seuil ne peut être respecté au début de l'horizon de calcul.

Afin de respecter les seuils de vieille forêt, l'optimisation permet d'établir, en tenant compte de la *fonction objectif* et des *contraintes à l'optimisation* du modèle (ex. : limite budgétaire), s'il est plus approprié de faire vieillir des strates au-delà des critères d'exploitabilité (allongement

de la révolution) ou d'appliquer des coupes partielles. Des contraintes sur la superficie traitée en coupe partielle peuvent également être appliquées afin de refléter la capacité opérationnelle d'application de ce type de traitement sylvicole dans une unité d'aménagement.

État des connaissances

Les effets des coupes partielles sur le maintien de la biodiversité associée aux vieilles forêts sont relativement peu documentés et ont été évalués à court terme principalement. Cependant, ces travaux suggèrent que les peuplements traités ne peuvent maintenir l'ensemble des espèces animales et végétales associées aux vieilles forêts⁵⁰. La coupe partielle permet néanmoins de réduire l'écart entre les vieux peuplements naturels et ceux récoltés, un écart qui est fortement influencé par le taux de prélèvement.

Les seuils de vieilles forêts permettant de maintenir les populations d'espèces sensibles à la perte de cet habitat sont également peu documentés. Les travaux récents indiquent qu'une proportion de 30 à 40 % de l'habitat d'origine serait nécessaire afin de maintenir les espèces sensibles à la perte d'habitat⁵¹. En forêt boréale québécoise, le seuil critique de vieilles forêts nécessaire à certaines espèces correspondrait dans certaines régions à la proportion minimale qu'auraient occupées les vieilles forêts sous un régime de perturbations naturelles (i.e. limite inférieure de variabilité naturelle)⁵². Par mesure de précaution, les pourcentages de vieilles forêts devraient être supérieurs à ces seuils critiques, de manière à assurer la persistance des espèces associées à cet habitat. Ceci permettrait également de s'assurer d'une certaine marge de manœuvre face aux effets des perturbations naturelles sur la quantité de vieilles forêts. Enfin, les caractéristiques des vieilles forêts résiduelles (ex. : composition, productivité, configuration) devraient être davantage documentées afin de s'assurer qu'elles contribuent adéquatement au maintien de la biodiversité.

Références

Références citées

Bergeron, Y., D. Cyr, C. R. Drever, M. Flannigan, S. Gauthier, D. Kneeshaw, E. Lauzon, A. Leduc, H. Le Goff, D. Lesieur et K. Logan. 2006. Past, current, and future fire frequencies in Quebec's commercial forests: implications for the cumulative effects of harvesting and fire on age-class structure and natural disturbance-based management. *Revue canadienne de recherche forestière*, 36 : 2737-2744.

- Bergeron, Y., A. Leduc, B. Harvey et S. Gauthier. 2002. Natural fire regime: a guide for sustainable management of the Canadian boreal forest. *Silva Fennica*, 36(1) : 81-95.
- Bouchard, M., D. Pothier et S. Gauthier. 2008. Fire return intervals and tree species succession in the North Shore region of eastern Quebec. *Revue canadienne de recherche forestière*, 38 : 1621-1633.
- Boucher, D., S. Gauthier et L. De Grandpré. 2006. Structural changes in coniferous stands along a chronosequence and a productivity gradient in the northeastern boreal forest of Québec. *Écoscience*, 13(2) : 172-180.
- Boucher, Y., M. Bouchard, P. Grondin et P. Tardif. 2011a. Le registre des états de référence : intégration des connaissances sur la structure, la composition et la dynamique des paysages forestiers naturels du Québec méridional. Mémoire de recherche forestière n° 161. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de la recherche forestière, Québec, Qc, 21 p.
- Boucher, Y., M.-H. St-Laurent et P. Grondin. 2011b. Logging-induced edge and configuration of old-growth forest remnants in the eastern North-American boreal forests. *Natural Areas Journal*, 31 : 300-306.
- Boudreault, C., Y. Bergeron, S. Gauthier et P. Drapeau. 2002. Bryophyte and lichen communities in mature to old-growth stands in eastern boreal forests of Canada. *Revue canadienne de recherche forestière*, 32 : 1080-1093.
- Chabot, M., P. Blanchet, P. Drapeau, J. Fortin, S. Gauthier, L. Imbeau, G. Lacasse, G. Lemaire, A. Nappi, R. Quenneville et É. Thiffault. 2009. Le feu en milieu forestier. *Dans* Ordre des ingénieurs forestiers du Québec. Manuel de foresterie. 2^e édition, Éditions Multimondes, Québec, Qc, pp. 1037-1090.
- Cyr, D., S. Gauthier et Y. Bergeron. 2007. Scale-dependent determinants of heterogeneity in fire frequency in a coniferous boreal forest of eastern Canada. *Landscape Ecology*, 22 : 1325-1339.
- Cyr, D., S. Gauthier, Y. Bergeron et C. Carcaillet. 2009. Forest management is driving the eastern North American boreal forest outside its natural range of variability. *Frontiers in Ecology and Environment*, 7(10) : 519-524.
- De Grandpré, L., J. Morissette et S. Gauthier. 2000. Long-term post-fire changes in the northeastern boreal forest of Quebec. *Journal of Vegetation Science*, 11 : 791-800.
- Déry, S. et M. Leblanc. 2005. Lignes directrices pour l'implantation des îlots de vieillissement rattachées à l'objectif sur le maintien de forêts mûres et surannées – Partie II : intégration à la planification forestière. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de l'environnement forestier, Québec, Qc, 11 p.
- Doyon, F. et D. Bouffard. 2009. Enjeux écologiques de la forêt feuillue tempérée québécoise. Produit pour le ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de l'environnement et de la protection des forêts, Ripon, Qc, 63 p.
- Drapeau, P., A. Leduc et Y. Bergeron. 2009. Bridging ecosystem and multiple species approaches for setting conservation targets in managed boreal landscapes. *Dans* Villard, M.-A. et B.G. Jonsson (éditeurs). *Setting conservation targets in managed forest landscapes*. Cambridge University Press, UK, pp. 129-160.
- Drapeau, P., A. Leduc, Y. Bergeron, S. Gauthier et J.-P. Savard. 2003. Les communautés d'oiseaux des vieilles forêts de la pessière à mousses de la ceinture d'argile : problèmes et solutions face à l'aménagement forestier. *Forestry Chronicle*, 79(3) : 531-540.
- Fenton, N., H. Bescond, L. Imbeau, C. Boudreault, P. Drapeau et Y. Bergeron. 2009. Silvicultural and ecological evaluation of partial harvest in the boreal forest on the clay belt, Québec. *Dans* Gauthier et al. (éditeurs). *Aménagement écosystémique en forêt boréale*. Presses de l'Université du Québec, Québec, Qc, pp. 373-393.
- FSC Canada. 2004. Norme boréale nationale. Groupe de travail du Canada, Canada, 211 p.
- Guillemette, F. et V. McCullough. 2011. Caractéristiques dendrométriques de vieux peuplements feuillus. Avis technique SSRF – 4. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de la recherche forestière, Québec, Qc, 12 p.
- Harvey, B.D., A. Leduc, S. Gauthier et Y. Bergeron. 2002. Stand-landscape integration in natural disturbance-based management of the southern boreal forest. *Forest Ecology and Management*, 155 : 369-385.
- Imbeau, L., M. Monkkonen et A. Desrochers. 2001. Long-term effects of forestry on birds of the eastern Canadian boreal forest: a comparison with Fennoscandia. *Conservation Biology*, 15(4) : 1151-1162.

⁵⁰ Fenton et al. (2009), Vanderwel et al. (2009).

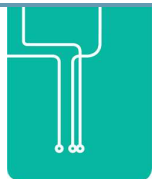
⁵¹ Drapeau et al. (2009), Rompré et al. (2010).

⁵² Drapeau et al. (2009).

- Imbeau, L., J.P.L. Savard et R. Gagnon. 1999. Comparing bird assemblages in successional black-spruce stands originating from fire and logging. *Revue canadienne de zoologie*, 77 : 1850-1860.
- Jetté, J.-P., M.-A. Vaillancourt, A. Leduc et S. Gauthier. 2008. Les enjeux écologiques de l'aménagement forestier. Dans Gauthier et al. (éditeurs). *Aménagement écosystémique en forêt boréale*. Presses de l'Université du Québec, Québec, Qc, pp. 1-10.
- Jetté, J.-P., M. Leblanc, M. Bouchard, S. Déry et N. Villeneuve. 2012a. Intégration des enjeux écologiques dans les plans d'aménagement forestier intégré. Partie I – Analyse des enjeux, version 1.1 (document de travail). Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de l'aménagement et de l'environnement forestiers, Québec, Qc, 159 p.
- Jetté, J.-P., M. Leblanc, M. Bouchard, S. Déry et N. Villeneuve. 2012b. Intégration des enjeux écologiques dans les plans d'aménagement forestier intégré. Partie II – Élaboration de solutions aux enjeux, version 1.2 (document de travail). Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de l'aménagement et de l'environnement forestiers, Québec, Qc, 167 p.
- Kneeshaw, D.D. et P.J. Burton. 1998. A functional assessment of old-growth status: case study in the sub-boreal spruce zone of British Columbia. *Natural Areas Journal*, 18 : 295-310.
- Kneeshaw, D. et S. Gauthier. 2003. Old growth in the boreal forest: a dynamic perspective at the stand and landscape level. *Environmental Review*, 11 : S99-S114.
- Leboeuf, M. 2004. Effets de la fragmentation générée par les coupes en pessière noire à mousses sur huit espèces d'oiseaux de forêt mature. Mémoire de maîtrise, Université du Québec à Montréal, Montréal, Qc, 111 p.
- Lycke, A., L. Imbeau et P. Drapeau. 2011. Effects of commercial thinning on site occupancy and habitat use by spruce grouse in boreal Quebec. *Revue canadienne de recherche forestière*, 41 : 501-508.
- MRN – Statistiques forestières
<http://www.mmf.gouv.qc.ca/forets/connaissances/connaissances-statistiques.jsp> (consulté le 29 juin 2012)
- MRNF. 2010a. Ressources et industries forestières. Portrait statistique, édition 2010. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction du développement de l'industrie des produits forestiers.
http://www.mrn.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/stat_editi_on_complete/complete2010.pdf (consulté le 29 juillet 2013)
- MRNF. 2010b. Consultation sur l'aménagement durable des forêts du Québec : document de consultation publique – Stratégie d'aménagement durable des forêts et modalités proposées pour le futur règlement sur l'aménagement durable des forêts. Gouvernement du Québec, Québec, Qc, 104 p.
<http://consultation-adf.mrn.gouv.qc.ca/pdf/document-consultation-adf.pdf> (consulté le 29 juillet 2013)
- Paquin, P. 2008. Carabid beetle (Coleoptera: Carabidae) diversity in the black spruce succession of eastern Canada. *Biological Conservation*, 141 : 261-275.
- Pham, A.T., L. De Grandpré, S. Gauthier et Y. Bergeron. 2004. Gap dynamics and replacement patterns in gaps of the northeastern boreal forest of Quebec. *Revue canadienne de recherche forestière*, 34 : 353-364.
- Potvin, F., R. Courtois et L. Bélanger. 1999. Short-term response of wildlife to clear-cutting in Quebec boreal forest: multiscale effects and management implications. *Revue canadienne de recherche forestière*, 29 : 1120-1127.
- Potvin, F., L. Bélanger et K. Lowell. 2000. Marten habitat selection in a clearcut boreal landscape. *Conservation Biology*, 14(3) : 844-857.
- Rheault, H., P. Grondin, R. Ouimet, C. Hébert et C. Dussault. 2009. Stand composition and structure as indicators of epixylic diversity in old-growth boreal forests. *Écoscience*, 16(2) : 183-196.
- Rompré, G., Y. Boucher, L. Bélanger, S. Côté et W.D. Robinson. 2010. Conserving biodiversity in managed forest landscapes: the use of critical threshold for habitat. *Forestry Chronicle* 86(5) : 589-596.
- Vaillancourt, M.-A. 2008. Effets des régimes de perturbation par le chablis sur la biodiversité et les implications pour la récupération. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction du développement socio-économique, des partenariats et de l'éducation et Service de la mise en valeur de la ressource et des territoires fauniques, Québec, Qc, 58 p.
www.mmf.gouv.qc.ca/publications/faune/effets-perturbations-chablis.pdf (consulté le 29 juillet 2013)
- 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. *Forestry Chronicle*, 85 : 91-104.

Lectures suggérées

- Jetté, J.-P., M. Leblanc, M. Bouchard, S. Déry et N. Villeneuve. 2012a. Intégration des enjeux écologiques dans les plans d'aménagement forestier intégré. Partie I – Analyse des enjeux, version 1.1 (document de travail). Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de l'aménagement et de l'environnement forestiers, Québec, Qc, 159 p.
- Jetté, J.-P., M. Leblanc, M. Bouchard, S. Déry et N. Villeneuve. 2012b. Intégration des enjeux écologiques dans les plans d'aménagement forestier intégré. Partie II – Élaboration de solutions aux enjeux, version 1.2 (document de travail). Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de l'aménagement et de l'environnement forestiers, Québec, Qc, 167 p.
- Cyr, D., S. Gauthier, Y. Bergeron et C. Carcaillet. 2009. Forest management is driving the eastern North American boreal forest outside its natural range of variability. *Frontiers in Ecology and Environment*, 7(10) : 519-524.
- 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. *Forestry Chronicle*, 85 : 91-104.



Rédaction : Antoine Nappi, biol., Ph.D.

Collaboration : Jérôme Garet, ing.f., M.Sc. (BFEC).

Révision : Mario Belletête, tech.f. (MRN), Marie-Josée Blais, ing.f., M.Sc. (BFEC), Marie-Hélène Bouchard, biol., M.Sc. (MRN), Claude Bourgeois, tech. de la faune (MDDEFP), Michel Caron, ing.f. (BFEC), Denis Chabot, ing.f. (retraité du BFEC), Dominic Cyr, biol., Ph.D. (ISFORT), Simon Guay, ing.f. (BFEC), Gaétan Laberge, ing.f. (DGR), Marc Leblanc, ing.f., M.Sc. (MRN) et Daniel Pin, ing.f., M.Sc. (BFEC).

Référence à citer : Nappi, A. 2013. Structure d'âge. Fascicule 4.1. Dans Bureau du forestier en chef. Manuel de détermination des possibilités forestières 2013-2018. Gouvernement du Québec, Roberval, Qc, pp. 115-123.