

4.2 Composition végétale

La raréfaction ou l'envahissement de certaines essences peut représenter un enjeu important à l'échelle régionale. Aux fins du calcul des possibilités forestières, des scénarios sylvicoles particuliers sont prévus afin de diminuer, de maintenir ou d'augmenter l'abondance de ces essences. Des variables de suivi sont disponibles afin d'évaluer, dans le temps, l'effet de la stratégie d'aménagement sur l'abondance de celles-ci.



Crédit photo : Antoine Nappi

Préoccupation

La composition végétale¹ des forêts aménagées peut différer fortement de celle des forêts naturelles. Dans les paysages naturels, la composition végétale est essentiellement déterminée par le climat, les caractéristiques du milieu physique et les régimes de perturbations naturelles². L'exploitation forestière des derniers siècles a modifié la composition végétale à des degrés variables selon les régions³. Les coupes forestières ont généralement créé des conditions de régénération inadéquates pour certaines essences entraînant leur raréfaction. La modification du régime de perturbations naturelles (ex. : suppression des feux dans certaines régions) et la présence d'insectes ou de maladies exotiques ont également contribué à cette raréfaction⁴. Ces changements de composition influencent, entre autres, les conditions d'habitat pour la faune et la flore⁵, la dynamique des écosystèmes forestiers (ex. : cycle des nutriments) ainsi que la diversité et la qualité des produits forestiers ligneux. Les enjeux de composition végétale varient selon les régions (tableau 1)⁶.

Plusieurs essences longévives et tolérantes à l'ombre (pruche du Canada, thuya occidental, épinette rouge, épinette blanche) se sont raréfiées dans les forêts aménagées. Pour ces essences de fin de succession, l'établissement et la croissance des semis est lente et exige un couvert partiel. En forêt naturelle, les

perturbations légères créent de petites trouées adéquates pour leur régénération : présence de semenciers, de sol minéral, de gros débris ligneux, d'ombrage et d'humidité. La raréfaction de ces essences dans les peuplements aménagés est imputable en grande partie à une sylviculture mal adaptée à leurs exigences⁷ (ex. : trop forte ouverture du couvert, courte révolution). La pression du broutement par le cerf de Virginie nuit également à la régénération du thuya et de la pruche⁸. En Gaspésie, la

Tableau 1. Principaux enjeux de composition végétale et domaines bioclimatiques potentiellement touchés⁹.

Enjeux potentiels ^a	Domaine bioclimatique			
	Érablières	Sapinière à bouleau jaune	Sapinière à bouleau blanc	Pessière
Raréfaction de la pruche	✓	ouest		
Raréfaction du thuya	✓	✓	✓	✓
Raréfaction de l'épinette rouge	✓	✓	✓	
Raréfaction de l'épinette blanche	✓	✓	✓	✓
Raréfaction du pin blanc et pin rouge	✓	✓	est ^b	
Raréfaction du chêne rouge	✓	ouest		
Raréfaction des essences compagnes de l'érablière	✓	✓		
Diminution du bouleau jaune	✓	✓	✓	
Envahissement par le hêtre	✓	ouest		
Envahissement par le sapin baumier	✓	✓	✓	✓
Changement dans les proportions des types de couvert (enfeuillement, enrésinement, raréfaction des peuplements mixtes)	✓	✓	✓	✓

¹ La composition végétale fait référence à la richesse et à l'abondance de l'ensemble des espèces végétales (ex. : arbres, plantes de sous-bois). Ce fascicule traite particulièrement des enjeux de composition en essences commerciales.

² Bergeron (2000), Grondin et Cimon (2003), Duchesne et Ouimet (2008).

³ Grondin et Cimon (2003), Boucher et al. (2009a, b), Doyon et Bouffard (2009), Laquerre et al. (2009), Jetté et al. (2012a).

⁴ Se référer aux exemples dans Boulet et al. (2009).

⁵ Par exemple, des espèces végétales à statut précaire sont associées à des essences telles que la pruche, le thuya ou le pin blanc (Jetté et al. 2012a).

⁶ Se référer à Grondin et Cimon (2003), Doyon et Bouffard (2009) et Jetté et al. (2012a) pour une description plus détaillée des enjeux.

^a Les enjeux liés à l'ouverture du couvert et à la perte de productivité (envahissement par les éricacées, paludification ou expansion des milieux ouverts à lichens) ou à la plantation d'espèces exotiques ne sont pas traités dans ce fascicule.

^b Pour le pin blanc.

⁷ Grondin et Cimon (2003), Dumais et Prévost (2007), Jetté et al. (2012a).

⁸ Bédard et Majcen (2000).

⁹ Tiré de Grondin et Cimon (2003), Doyon et Bouffard (2009) et Jetté et al. (2012a).

raréfaction de l'épinette blanche a été amplifiée par deux épidémies d'insectes dans les années 1930¹⁰.

Les pins blanc¹¹ et rouge se sont raréfiés sous l'action combinée de la suppression des feux et de l'exploitation forestière¹². En forêt naturelle, le feu procure les conditions de régénération adéquates pour ces essences par l'exposition du sol minéral et l'élimination de la végétation concurrente. L'absence de feu et les coupes sélectives, répétées et menées sans égard aux conditions de régénération, ont favorisé certaines essences, telles que le sapin et les feuillus intolérants, au détriment des pins. La régénération des pinèdes blanches est également compromise par la rouille vésiculeuse du pin blanc et le charançon du pin blanc. L'abondance du chêne rouge est également influencée par le passage du feu¹³. En absence de feu, les chênaies sont fréquemment envahies par l'érable à sucre¹⁴.

L'aménagement en forêt feuillue tempérée a favorisé l'érable à sucre, au détriment des essences compagnes¹⁵. Que ce soit pour la production ligneuse ou acéricole, l'aménagement orienté en grande partie sur l'érable à sucre a entraîné une diminution de plusieurs essences telles que le bouleau jaune¹⁶, le chêne rouge, le frêne d'Amérique ainsi que des bouquets de conifères. D'autres essences (ex. : l'orme d'Amérique ou le noyer cendré) se sont raréfiées sous l'action d'agents pathogènes exotiques¹⁷. Les érablières sont également sujettes à un envahissement par le hêtre, lequel implique de nombreux facteurs tels que la fertilité des sols, les précipitations acides et les pratiques sylvicoles passées¹⁸.

L'envahissement du sapin baumier (ensapinage) dans les peuplements dominés par des conifères peut constituer une préoccupation importante dans certaines régions. L'ensapinage se produit au détriment d'essences en raréfaction telles que l'épinette rouge,

l'épinette blanche, le pin blanc, la pruche et le thuya¹⁹. Il constitue également un enjeu préoccupant pour les peuplements mélangés²⁰ d'épinette noire et de sapin en forêt boréale²¹ (figure 1). Lorsque la régénération préétablie de sapin est abondante, la coupe peut favoriser une augmentation de la proportion de sapin dans le couvert dominant. Les peuplements à forte proportion de sapin sont plus vulnérables à la tordeuse des bourgeons de l'épinette (TBE). Bien que la TBE puisse contribuer à réajuster la proportion relative de sapin dans les peuplements futurs, de nombreuses incertitudes demeurent quant à l'évolution de ces peuplements.

Des changements dans les proportions des types de couvert²² peuvent être observés à la suite d'un enfeuillage ou d'un enrésinement des peuplements. Bien que l'enfeuillage puisse être observé dans tous les domaines bioclimatiques, la sensibilité à l'enfeuillage varie selon les types de peuplements et les régions²³ (figure 2). Les espèces feuillues intolérantes à l'ombre – telles que les peupliers, le bouleau à papier, l'érable à épis ou l'aulne – possèdent la capacité d'envahir rapidement le parterre de coupe lorsqu'une forte ouverture du couvert est créée, que ces essences sont présentes avant traitement et que la densité de la régénération résineuse est déficiente²⁴. Un enrésinement à l'échelle du paysage peut, à l'inverse, être observé dans certaines régions où les plantations résineuses couvrent de grandes superficies²⁵. Enfin, l'aménagement des peuplements en vue d'une production exclusivement résineuse ou feuillue peut entraîner une diminution de la proportion des peuplements mixtes²⁶, lesquels représentent des habitats particuliers pour certaines espèces fauniques ou floristiques²⁷.

¹⁰ Le diprion européen de l'épinette aurait détruit près de 11 millions de m³ d'épinettes blanches (Boulet et al. 2009) et le dendroctone de l'épinette, 1 million de m³ d'épinettes (St-Germain et al. 2013).

¹¹ L'enjeu du pin blanc est traité plus spécifiquement au fascicule 4.3 – Pin blanc.

¹² Doyon et Bouffard (2009), Laflamme (2012).

¹³ L'enjeu relatif au chêne rouge peut différer selon les régions. En Outaouais, l'abondance du chêne rouge aurait augmenté sur les sites en haut de pente (végétations potentielles FC1 et FE6), à la suite des feux d'origine humaine lors de la colonisation (Laflamme 2012).

¹⁴ Majcen (2003).

¹⁵ Majcen (2003), Doyon et Bouffard (2009), Jetté et al. (2012a).

¹⁶ La diminution du bouleau jaune peut également être observée dans les peuplements mixtes de la sapinière à bouleau jaune, lorsque ces derniers ont été, par le passé, aménagés vers une production résineuse (Jetté et al. 2012a).

¹⁷ Maladie hollandaise de l'orme et chancre du noyer cendré.

¹⁸ Duchesne et al. (2003), Doyon et Bouffard (2009).

¹⁹ Grondin et Cimon (2003), Doyon et Bouffard (2009), Jetté et al. (2012a).

²⁰ Dans ce document, un peuplement « mélangé » réfère à un peuplement dont plusieurs essences codominent (en opposition à un peuplement pur).

²¹ Grondin et al. (2003b).

²² Les types de couvert sont définis en trois grands groupes : peuplements résineux, peuplements mixtes et peuplements feuillus. Les peuplements mixtes peuvent également être ventilés en deux sous-groupes selon leur dominance résineuse ou feuillue.

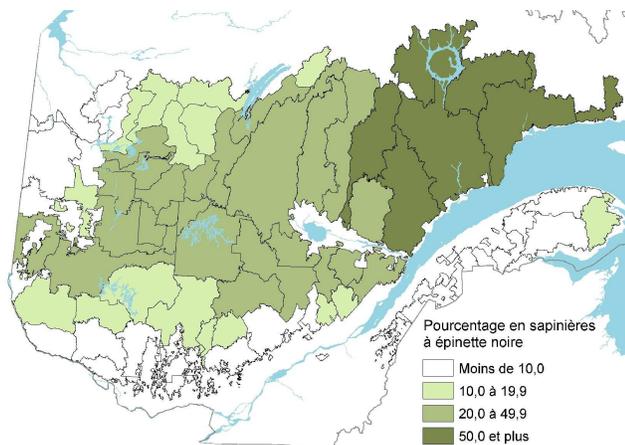
²³ Selon Grondin et al. (2003a), les peuplements les plus propices à l'enfeuillage sont 1) les sapinières à bouleau blanc, les sapinières à bouleau jaune et les bétulaies jaunes résineuses, 2) les pessières noires à sapin sur till de texture moyenne, 3) les pessières noires sur dépôts de texture fine avec peuplier faux-tremble (ME1) et 4) les pessières noires à aulne.

²⁴ Archambault et al. (1998), Grondin et al. (2003a).

²⁵ Par exemple, les vastes plantations d'épinettes dans le bassin versant de la rivière Rimouski qui ont suivi les coupes de récupération lors de la dernière épidémie de la tordeuse des bourgeons de l'épinette (Boucher al. 2009).

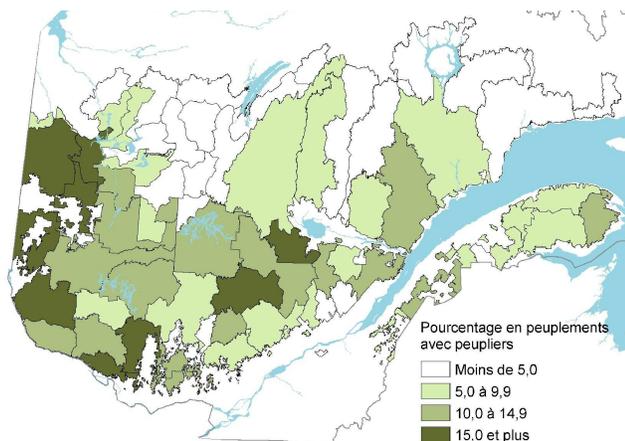
²⁶ Dans ce document, un peuplement « mixte » réfère à un peuplement composé d'essences feuillues et résineuses (en opposition à un peuplement résineux ou feuillu).

²⁷ Hobson et Bayne (2000), Girard et al. (2004).



Source : Compilation du Bureau du forestier en chef

Figure 1. Pourcentage des unités d'aménagement en sapinières à épinette noire (sur la base de la végétation potentielle RS2), lesquelles seraient susceptibles à l'ensapinage.



Source : Compilation du Bureau du forestier en chef

Figure 2. Pourcentage des unités d'aménagement en peuplements contenant du peuplier (sur la base du groupement d'essences). Bien qu'une portion de ces peuplements soit d'origine naturelle (ex. : issus de perturbations naturelles sévères telles que le feu), leur proportion aurait augmenté de façon plus ou moins importante selon les régions, à la suite d'interventions humaines. L'envahissement par le peuplier est notamment problématique sur les sols de texture fine en Abitibi, au Bas-Saint-Laurent et en Gaspésie²⁸.

Aménagement forestier

Objectif

L'objectif d'aménagement vise à contrer les changements de composition végétale. Ces changements touchent aussi bien la raréfaction que l'envahissement des essences (définies comme « essences enjeux »). Compte tenu de la répartition naturelle des essences et de

l'historique d'aménagement de chaque région, les enjeux et les objectifs spécifiques varient d'une région à l'autre.

Plusieurs objectifs spécifiques à la composition végétale sont interreliés. Une même action sylvicole peut répondre à plus d'un objectif, comme le fait de conserver des semenciers d'une essence en raréfaction dans un procédé de régénération qui vise à limiter l'envahissement par les feuillus intolérants à l'ombre.

Les objectifs de composition végétale sont également liés à d'autres objectifs d'aménagement, entre autres ceux concernant la structure d'âge des forêts (ex. : composition représentative des vieilles forêts), le maintien de l'habitat d'espèces à statut précaire (ex. : paysage à dominance résineuse pour le caribou des bois) ou la vulnérabilité des forêts aux perturbations naturelles (ex. : vulnérabilité du sapin face à la TBE).

Encadré 1. Engagements gouvernementaux

Projet de Stratégie d'aménagement durable des forêts²⁹

- Un des objectifs de la Stratégie consiste à aménager les forêts de manière à conserver les principaux attributs des forêts naturelles.
- Les plans d'aménagement forestier intégré (PAFI) doivent répondre aux enjeux écologiques que pose l'aménagement forestier.
- Un des six principaux enjeux reconnus dans toutes les régions du Québec concerne la composition végétale.

Moyens d'aménagement

Par le passé, la raréfaction de certaines essences (et l'envahissement par d'autres) a été causée, dans bien des cas, par une sylviculture mal adaptée à leurs exigences écologiques. Trois types de moyens permettent de répondre aux enjeux de composition végétale :

- les traitements sylvicoles;
- l'allongement des révolutions;
- la conservation.

Traitements sylvicoles

Dans le cas des essences en raréfaction, les traitements sylvicoles doivent permettre de créer les conditions adéquates pour l'établissement et la croissance de la régénération (tableau 2). Les principaux facteurs impliqués sont :

- la présence de semenciers – L'ensemencement naturel dépend de la présence d'un nombre suffisant d'arbres semenciers, de préférence de fortes dimensions.

²⁸ Grondin et al. (2003a), Laquerre et al. (2009).

²⁹ MRNF (2010).

- des lits de germination adéquats – Les lits de germination adéquats de la plupart de ces essences incluent les gros débris ligneux, le sol minéral ou un mélange de sol minéral et organique.
- une ouverture adéquate du couvert forestier – L'intensité du prélèvement et le patron d'ouverture du couvert modifient les conditions d'ombrage, d'humidité et de température. Par exemple, une trop forte ouverture du couvert ne répond pas aux exigences des essences tolérantes à l'ombre (ex. : épinette rouge) dont la croissance des semis se fait sous couvert. De plus, cette forte ouverture favorise la végétation concurrente à laquelle ces essences sont sensibles.

Plusieurs traitements sylvicoles répondent aux critères précédents et peuvent être utilisés afin de favoriser la régénération des essences en raréfaction tout en contrant l'envahissement par le sapin ou les feuillus intolérants :

- coupes partielles – La coupe progressive régulière (CPR) ou irrégulière (à couvert permanent [CPI-CP] ou à régénération lente [CPI-RL]) peut répondre aux exigences des essences en raréfaction³⁰ (tableau 2). Elles visent l'installation d'une régénération abondante en essences désirées sous un couvert protecteur, tout en limitant l'envahissement par la végétation concurrente³¹. Les modalités de récolte (intensité du prélèvement, délai entre la coupe d'ensemencement et la coupe finale) sont adaptées à chaque essence. Les coupes de jardinage avec gestion par arbre peuvent s'appliquer aux essences plus tolérantes à l'ombre³² (ex. : épinette rouge, pruche, thuya), alors que les coupes de jardinage avec cohortes juxtaposées sont tout indiquées pour le bouleau jaune, une essence semi-tolérante à l'ombre³³.
- éclaircie commerciale – L'application d'une ou de plusieurs éclaircies commerciales (EC) permet un étalement de la récolte, ce qui comporte des avantages tant du point de vue sylvicole (ex. : maintien de semenciers), économique (ex. : augmentation de la valeur des bois) ou écologique (ex. : maintien des peuplements mûrs d'essences en raréfaction). Cette approche est utilisée pour certaines essences longévives telles que le pin blanc³⁴.
- préparation de terrain – Le scarifiage est souvent requis pour créer des lits de germination plus adéquats par l'exposition des sols minéraux ou le mélange des couches minérale et organique.
- reboisement – L'ensemencement ou la plantation d'enrichissement sont utilisés afin de pallier le manque de régénération naturelle en essences désirées. Le regarni et la plantation uniforme visent à augmenter l'espace de croissance par les essences désirées. La plantation uniforme est prévue lorsque des rendements supérieurs sont recherchés.

- éducation au stade gaulis – Les essences en raréfaction étant fortement sensibles à la végétation concurrente, les traitements d'éducation au stade gaulis (ex. : éclaircie précommerciale (EPC), nettoiement) sont souvent requis sur les stations où la concurrence est forte.

Allongement de la révolution

L'allongement de la révolution³⁵ favorise le développement et le maintien de semenciers et d'attributs de vieilles forêts (ex. : bois mort en décomposition) dont dépendent plusieurs essences en raréfaction. Cet allongement laisse également plus de temps pour l'installation d'une cohorte abondante de semis de ces essences dont l'établissement et la croissance sont généralement lents.

Conservation

Exclure de la récolte certains territoires (ex. : aires protégées, secteurs inaccessibles) peut contribuer au maintien d'essences en raréfaction. La conservation peut viser certaines forêts dont la composition végétale est rare (ex. : écosystèmes forestiers exceptionnels). De plus, la conservation permanente permet le maintien

Encadré 2. Aménagement écosystémique

- En forêt naturelle, la composition végétale est essentiellement déterminée par le climat, les caractéristiques du milieu physique et les régimes de perturbations naturelles. La nature, la fréquence et la sévérité des perturbations naturelles conditionnent l'établissement et la croissance de la végétation (ex. : ouverture du couvert, lits de germination).
- La fréquence et la nature des interventions sylvicoles diffèrent de celles des perturbations naturelles. Les interventions sylvicoles pratiquées par le passé ont souvent mené à l'expansion de certaines essences (ex. : feuillus intolérants, sapin baumier) au détriment d'autres (ex. : épinette blanche, pin blanc, pruche) ou à une homogénéisation de la composition des paysages. D'autres facteurs, tels que des modifications dans le régime de feu (ex. : suppression des feux, augmentation des feux d'abatis), les maladies et les épidémies d'insectes ont contribué aux changements de composition végétale.
- L'aménagement écosystémique vise à réduire les écarts entre la forêt naturelle et la forêt aménagée. La réduction des écarts quant à la composition végétale repose sur l'application de traitements sylvicoles dont les effets se rapprochent des conditions créées par les perturbations naturelles. Les procédés de régénération menant à la futaie irrégulière ou à la futaie jardinée offrent plus de souplesse pour adapter les prescriptions sylvicoles aux exigences de régénération des essences en raréfaction, tout en conservant plus longtemps les semenciers dans les peuplements.

³⁰ Raymond et al. (2013 a et b).

³¹ Prévost et Dumais (2010).

³² Guillemette et al. (2013).

³³ Pin et al. (2013).

³⁴ Se référer au fascicule 4.3 – Pin blanc.

³⁵ Pour les peuplements soumis à une coupe finale (ex. : coupes totales, CPR), l'allongement de révolution consiste à faire vieillir le peuplement. Pour les peuplements où un couvert permanent est maintenu (CPI-CP, CJ), cet allongement se traduit par un temps de résidence plus grand des arbres dans la canopée.

Tableau 2. Principaux peuplements concernés par les enjeux de raréfaction ou d'envahissement ainsi que description sommaire des conditions de régénération^a.

Essence	Types de peuplement ^b et végétations potentielles ^c	Conditions de régénération
Raréfaction		
Pruche de l'Est (Pu)	La Pu forme des peuplements purs (RT1). Elle est également une essence compagne dans les peuplements de feuillus tolérants (FE, FO) ou dans les peuplements avec bouleau jaune (MJ).	Ces quatre essences sont tolérantes ou semi-tolérantes à l'ombre, longévives et ont des exigences écologiques similaires quant à leur régénération. L'établissement des semis requiert un couvert partiel et une humidité modérée à élevée. Les bons lits de germination correspondent généralement au bois mort en décomposition, au sol minéral ou au mélange de sol minéral et de matière organique. La croissance des semis est lente et requiert une ouverture progressive du couvert. Ces essences sont sensibles à la végétation concurrente (ex. : feuillus intolérants, sapin). La régénération de la Pu et du To est sensible à la pression de broutement exercée par le cerf de Virginie.
Thuya occidental (To)	Le To forme des peuplements purs sur stations mal (RC3) ou fortement drainées, ou des peuplements mélangés (ex. : RS, MJ, MS, FE).	
Épinette rouge (Eu)	L'Eu est une essence compagne de fin de succession, associée à des végétations potentielles de peuplements résineux (RS1, RS5), mixtes (MJ1, MJ2, MS1) ou feuillus (FE).	
Épinette blanche (Eb)	L'Eb est une essence compagne de fin de succession, associée à des végétations potentielles de peuplements résineux (RS1, RS2), mixtes (MJ1, MJ2, MS1, MS2) ou feuillus (FE3).	
Pin blanc (Pb)	Le Pb occupe une large gamme de stations, mais il est naturellement plus abondant sur les sols sableux, minces et relativement secs. Il forme des peuplements purs (RP1) ou mélangés (ex. : MJ et FE).	Le Pb est semi-tolérant à l'ombre et longévif. En forêt naturelle, sa présence est associée au passage du feu, lequel crée les conditions nécessaires à sa régénération (ex. : présence de semenciers, sols minéraux, élimination de la végétation concurrente). Sa croissance initiale est lente, ce qui le rend sensible à la végétation concurrente, en particulier sur les sites riches. Le pin blanc est vulnérable à la rouille vésiculeuse du pin blanc (surtout sur les sites riches) et aux attaques du charançon du pin blanc.
Pin rouge (Pr)	Le Pr forme des peuplements purs ou mélangés avec le pin blanc.	Le Pr est intolérant à l'ombre et moins longévif que le Pb. En forêt naturelle, sa présence est associée à un cycle de feu plus court que le Pb.
Chêne rouge (Cr)	Le Cr occupe principalement les stations xériques sur les sommets de collines. Il forme des peuplements purs de chênes (FC1) ou des peuplements d'érable à sucre et de chêne (FE6).	Le Cr est une essence semi-tolérante à l'ombre, dont les semis ont besoin d'ombre pour germer mais de lumière pour survivre. En forêt naturelle, sa présence est associée au passage du feu. En absence de feu, les chênaies sont envahies par l'érable à sucre, dont l'ombrage nuit à la régénération du chêne.
Bouleau jaune (Bj)	Le Bj est une essence compagne dans les érablières (FE) et les sapinières à bouleau jaune (MS1), alors qu'elle est généralement une essence principale dans les bétulaies jaunes à sapin (MJ1, MJ2).	Le Bj est une essence semi-tolérante à l'ombre. La régénération dépend de lits de germination adéquats (ex. : sol minéral ou mélange organique et minéral) et de l'absence de végétation concurrente. Les semis nécessitent plus de lumière que l'érable ou le hêtre, mais peuvent être supplantés par la végétation concurrente lorsque l'ouverture du couvert est trop forte. Le broutement par le cerf peut nuire à sa régénération.
Envahissement		
Hêtre à grandes feuilles (Hg)	Le Hg est associé aux érablières (FE). Il est plus abondant sur les sommets et les hauts de pente.	Le Hg est une essence très tolérante à l'ombre. Son envahissement implique différents facteurs tels que la fertilité des sols, les précipitations acides et les pratiques sylvicoles passées. Le jardinage par pied d'arbre pourrait favoriser son drageonnement et créer les conditions d'ombrage contribuant à son augmentation.
Sapin baumier (Sb)	En forêt boréale, l'ensapinage touche principalement les peuplements mélangés d'épinette noire et de sapin (RS2). L'ensapinage touche également les peuplements d'essences en raréfaction (ex. : Pb, Pu) dans l'ensemble des domaines bioclimatiques.	Les interventions sylvicoles doivent créer des conditions de régénération adéquates pour les essences désirées (ex. : ouverture adéquate du couvert) et contrôler le sapin qui est souvent très abondant dans la strate en régénération sous couvert.
Feuillus intolérants (Fi)	L'envahissement par les feuillus intolérants (ex. : bouleaux, peupliers) peut toucher tout type de peuplement (feuillus, résineux ou mixtes). L'enfeuillage par le peuplier est particulièrement problématique dans les peuplements mixtes d'épinettes noires et de peupliers sur dépôts de texture fine (ME1).	Le maintien d'un couvert partiel, le contrôle de la végétation concurrente et une régénération préétablie dense et bien distribuée en essences désirées (feuillus tolérants ou résineux) limitent l'envahissement par les feuillus intolérants.

^a Information tirée de Grondin et Cimon (2003), Doucet et al. (2009) et Jetté et al. (2012 a et b). Se référer au Guide sylvicole du Québec (MRN 2013) pour une description complète des exigences écologiques des essences et des traitements sylvicoles à favoriser.

^b Peuplement « mélangé » : peuplement dont plusieurs essences codominent (en opposition à un peuplement pur); peuplement « mixte » : peuplement composé d'essences feuillues et résineuses (en opposition à un peuplement résineux ou feuillu).

^c Végétations potentielles : FC1 : chênaie rouge; FE : érablières; FE3 : érablière à bouleau jaune; FE6 : érablière à chêne rouge; FO1 : ormaie à frêne noir; ME1 : pessière noire à peuplier faux-tremble; MJ1 : bétulaie jaune à sapin et à érable à sucre; MJ2 : bétulaie jaune à sapin; MS1 : sapinière à bouleau jaune; MS2 : sapinière à bouleau blanc; RC3 : cédrière tourbeuse à sapin; RP1 : pinède blanche ou pinède rouge; RS1 : sapinière à thuya; RS2 : sapinière à épinette noire; RS5 : sapinière à épinette rouge; RT1 : prucheraie.

ou le développement de vieilles forêts dont les attributs favorisent habituellement le renouvellement d'essences en raréfaction (ex. : bois mort).

Indicateurs forestiers

Trois types d'indicateurs relatifs aux enjeux de composition peuvent être utilisés :

- volume sur pied, admissible à la récolte ou récolté par essence ou groupe d'essences – Cette information sert à évaluer l'abondance et le potentiel de récolte de chaque essence enjeu ainsi que la quantité récoltée.
- superficie forestière des peuplements composés d'essences enjeu – Ce type d'indicateur sert à dresser le portrait des superficies des différents types de peuplements sur un territoire. Il peut être ventilé en fonction de l'abondance relative de l'essence enjeu et des essences compagnes dans le peuplement (ex. : peuplements purs, peuplements mélangés), de l'âge du peuplement ou de sa structure (ex. : régulière ou irrégulière).
- superficie traitée par scénario sylvicole – Ce type d'indicateur dresse le portrait de la stratégie sylvicole appliquée pour l'aménagement de chaque essence ou groupe d'essences (ex. : superficie des chênaies rouges traitée en CPR).

Des analyses d'écart entre l'abondance historique et actuelle des essences (ex. : volume en pins) ou des peuplements (ex. : superficie en pinèdes) doivent être effectuées afin d'identifier les enjeux à l'échelle locale et d'établir les cibles à atteindre à l'échelle de l'unité d'aménagement³⁶. Par exemple, des cibles quant aux proportions des types de couvert peuvent être établies sur la base des portraits des forêts naturelles³⁷.

Intégration au calcul

La capacité à tenir compte des enjeux de composition dans le calcul des possibilités forestières varie selon l'abondance de chaque essence dans l'unité d'aménagement. Lorsqu'une essence est suffisamment abondante pour former un type de forêt³⁸, des scénarios sylvicoles particuliers sont prévus afin de maintenir ou d'augmenter sa proportion (essences en raréfaction) ou de la diminuer (essences envahissantes). Lorsqu'une

essence est plus rare, sa faible abondance limite la capacité à former des types de forêt particuliers³⁹ et diminue la fiabilité des données évolutives relatives à cette essence. Ainsi, la gestion des essences enjeu est plus difficile à capter au calcul lorsque celles-ci représentent, en général, moins de 25 % de la surface terrière de la strate.

La prise en considération des objectifs liés aux enjeux de composition dans le 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

Stratégie sylvicole

La stratégie sylvicole prévoit la formation de groupes de strates relatifs à l'essence enjeu sur lesquels sont appliqués des scénarios sylvicoles permettant de favoriser (cas de raréfaction) ou contrôler (cas d'envahissement) l'essence.

Formation des groupes de strates

Lors de la formation des groupes de strates, un classement par type de forêt est effectué selon la surface terrière des essences. À cette étape, une attention particulière est portée à certaines essences enjeu afin d'éviter qu'elles ne soient assimilées dans un autre type de forêt. Ainsi, les strates dont la surface terrière est occupée par au moins 25 % d'une des essences enjeu sont regroupées dès le départ⁴⁰. Trois essences ou groupes d'essence enjeu sont ainsi traitées :

- les pins (blanc et rouge);
- les chênes;
- l'épinette rouge.

Les types de forêt relatifs aux autres essences sont attribués selon la méthode standard de regroupement⁴¹. Généralement, un type de forêt pur (ex. : prucheraie),

³⁶ Des analyses plus précises peuvent être menées, par exemple sur la base des végétations potentielles, afin de mieux documenter les changements d'abondance et de définir plus précisément les enjeux locaux (ex. : Laflamme 2012).

³⁷ Par exemple, le ministère des Ressources naturelles collige les données relatives à la forêt naturelle dans un registre des états de référence (Boucher et al. 2011). Ce registre présente, par unité homogène, la proportion moyenne des grands types de couvert (résineux, mixtes et feuillus) dans les paysages naturels.

³⁸ Aux fins du calcul, un « type de forêt » désigne un groupe de strates relativement homogène du point de vue de sa composition (ex. : cédrières à sapin). Se référer au fascicule 2.3 – Stratégie sylvicole.

³⁹ Pour former une strate d'aménagement, l'essence doit être en quantité suffisante pour être nommée dans l'attribut de l'appellation cartographique et la strate d'aménagement doit couvrir suffisamment de superficie à l'échelle de l'unité d'aménagement pour être conservée et ne pas être affectée à une autre strate (se référer au fascicule 2.2 – Strates d'aménagement). La surface terrière qu'occupe l'essence est également un critère déterminant lors de la formation des groupes de strates (se référer au fascicule 2.3 – Stratégie sylvicole).

⁴⁰ Dans certaines régions où le pin blanc est moins abondant, un seuil de 12,5 % a été utilisé.

⁴¹ Se référer au fascicule 2.3 – Stratégie sylvicole.

comprend les strates dont l'essence dominante occupe au moins 56 % de la surface terrière. Pour un type de forêt mélangé (ex. : prucheraie à résineux), ce pourcentage est d'au moins 30 % de la surface terrière⁴². Des critères liés à la composition (strates pures ou mélangées), à la structure actuelle (régulière, irrégulière et jardinée) ou à la végétation potentielle finalisent la formation des groupes de strates.

Élaboration des séries d'aménagement

Le tableau 3 résume les principaux scénarios sylvicoles utilisés dans le calcul pour répondre aux enjeux de composition. La sélection du scénario dépend, dans un premier temps, de la composition actuelle et de l'essence principale objectif et, dans un deuxième temps, de la structure actuelle et désirée.

Les scénarios sylvicoles (séquence de traitements sylvicoles) varient selon les régions concernées par l'enjeu. Généralement, les scénarios incluent un scarifiage lorsque le sol le permet (code de milieu physique différent de « 0 »). Un dégagement s'applique lorsque la station est fertile et que le risque d'envahissement par les feuillus intolérants est élevé. Enfin, certains types de peuplements difficiles à régénérer (ex. : cédrière, prucheraie) peuvent être exclus de la récolte.

Évolution des strates

Pour les prucheraies, les cédrières, les pinèdes et les strates de feuillus tolérants⁴³, les courbes *effets de traitement* sont généralement produites à l'aide du modèle de prélèvement de ARTÉMIS-2009. Pour les autres résineux et les mixtes à feuillus intolérants, le choix de la courbe *effets de traitement* repose sur les prédictions du modèle de succession forestière SUCCÈS-2009, des données de suivi des interventions forestières et d'autres informations dont dispose l'analyste. Les volumes par essence de la courbe *effets de traitement*, par rapport à ceux de la courbe *actuelle d'évolution*, déterminent l'augmentation, le maintien ou la diminution du volume d'une essence à l'échelle de la strate d'aménagement.

⁴² Toutefois, une bétulaie jaune à résineux peut contenir aussi peu que 12,5 % de sa surface terrière en bouleau jaune si aucune autre essence occupe plus de 20 % de la surface terrière.

⁴³ Également quelques pessières rouges.

Variables de suivi

Deux types d'indicateurs peuvent être utilisés afin d'obtenir un portrait évolutif du potentiel de récolte des essences enjeux :

- volume sur pied, admissible à la récolte et récolté d'une essence (ex. : pruche, thuya) ou d'un groupe d'essences enjeux (ex. : feuillus intolérants)⁴⁴;
- superficie des strates d'une essence ou d'un groupe d'essences enjeux – Par exemple, ce type d'indicateur est utilisé pour faire le portrait de l'évolution des types de couvert (figure 3).

Ces portraits peuvent être précisés par groupe de strates afin de documenter de façon plus précise l'enjeu ou pour tenir compte de la fiabilité des résultats. Par exemple, le volume en thuya peut être comptabilisé par type de forêt afin d'identifier le volume qui provient des groupes de strates aménagés pour cette essence.

Enfin, les superficies traitées selon chaque scénario sylvicole peuvent être utilisées afin de dresser le portrait de la stratégie sylvicole appliquée pour l'aménagement de chaque essence ou groupe d'essences⁴⁵ (ex. : superficie des chênaies rouges traitée en CPR).

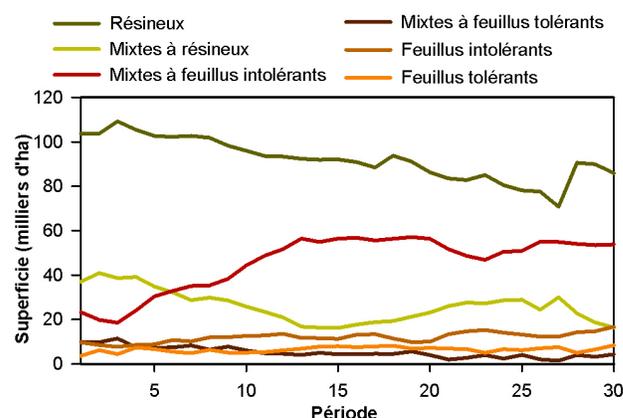


Figure 3. Exemple d'évolution de la superficie des différents types de couvert dans une unité d'aménagement.

⁴⁴ La fiabilité des données évolutives diminue en fonction du temps et est plus élevée pour les groupements d'essences que pour les essences individuelles. Pour une essence individuelle, cette fiabilité est fonction de son importance relative dans le groupe d'essences utilisé lors de la création des courbes d'évolution (ex. : volume de thuya par rapport au volume de résineux tolérants). Règle générale, les données d'une essence sont plus fiables lorsqu'elles proviennent des types de forêts relatives à l'essence (ex. : volume de thuya provenant des cédrières).

⁴⁵ Bien que plusieurs scénarios sylvicoles soient prévus pour certains groupes de strates, l'optimisation permet d'identifier les superficies à traiter selon chaque scénario de façon à maximiser la possibilité forestière tout en tenant compte des contraintes à l'optimisation (ex. : limite budgétaire).

Tableau 3. Description des principaux scénarios sylvicoles appliqués aux fins du calcul selon le type de forêt et effets généraux sur l'abondance de l'essence enjeu.

Essence	Type de forêt ^a	Principaux scénarios sylvicoles ^b	Effets du traitement
Raréfaction			
Pruche	Prucheraies (Pu ^c)	CPI-CP ou exclusion à la récolte Les scénarios incluent un scarifiage.	Maintien
Thuya	Cédrières (To, ToFx, ToSb, ToEpx, ToRx)	CPI-RL ou CPI-CP ou exclusion à la récolte Les scénarios incluent un scarifiage.	Maintien
	Autres types de forêt (SbTo, EpxTo)	CPI-CP Les scénarios incluent un scarifiage. Scénarios extensifs (ex. : CPRS)	Maintien Diminution
Épinette rouge	Pessières rouges (EuRx, EuFx) ou Sapinières (SbEu)	CPI-RL ou CPI-CP Les scénarios incluent un scarifiage.	Maintien
Épinette blanche	Sapinières (Sb, SbEb, SbFi, SbEpx) ou Pessières (EpxEb, EpxFi, EpxSb) ou Mixtes à résineux (BpRx)	CPRS CPI-RL ou CPI-CP ou CPR ou EC + CPRS Les scénarios incluent un scarifiage et en présence de feuillus intolérants, un dégagement et/ou un regarni.	Diminution Maintien ou augmentation
	Bétulaies jaunes (BjRx)	CPI-CP ou CPR Les scénarios incluent un scarifiage ainsi qu'un dégagement lorsque nécessaire.	Maintien
	Autres types de forêt (ex. : Mixtes à feuillus ou Résineux à feuillus)	REG ^d ou PL Les scénarios incluent tous les traitements d'éducation nécessaires.	Augmentation
Pins blanc et rouge	Pinèdes blanches (Pb, PbFi, PbFt, PbRx)	CPR ou CPI-RL Les scénarios incluent généralement un scarifiage, un regarni ^d , un dégagement, un élagage et dans certains cas, une éclaircie précommerciale. Dans le cas de la CPR, les scénarios peuvent inclure une à deux éclaircies commerciales.	Maintien
Chêne rouge	Chênaies (Ch)	CPR ou CPI-RL Dans le cas de la CPR, les scénarios peuvent inclure une à deux éclaircies commerciales. Un scarifiage et un ensemencement sont généralement inclus.	Maintien
Bouleau jaune	Bétulaies jaunes (Bj, BjFi, BjFt, BjRx) ou Érablières (EsBj)	CPI-CP ou CPI-RL ou CPR ou CRS Les scénarios incluent généralement un scarifiage. Une éclaircie précommerciale et une éclaircie commerciale peuvent s'ajouter. La CRS est privilégiée dans les strates appauvries afin de les réhabiliter.	Maintien ou augmentation
	Sapinières (SbBj)	CPI-CP ou CPI-RL ou CPR Les scénarios incluent un scarifiage.	Maintien ou augmentation
	Autres types de forêt (SbBp, BpRx)	CPR Les scénarios incluent un scarifiage.	Augmentation
Envahissement^e			
Sapin	Pessières noires à sapin ou Sapinières à épinette noire	Scénarios extensifs (ex. : CPRS)	Maintien ou augmentation
		Scénarios de base (ex. : SCA + REG + CPRS)	Maintien
		Scénarios intensifs (ex. : SCA + PL + DEG + EPC + EC + CPRS)	Diminution
Feuillus intolérants	Pessières (En, EnFi) ou Peupleraies (Pe, PeRx) ou Sapinières (Sb, SbPe)	Scénarios extensifs (ex. : CPRS)	Maintien ou augmentation
		CPR ou CPRS Les scénarios incluent les traitements d'éducation nécessaires tels que le scarifiage, le regarni, le dégagement, le nettoyage ou l'éclaircie précommerciale.	Maintien ou diminution
		PL	Diminution

^a Les acronymes utilisés pour les types de forêt sont expliqués au tableau 1 du fascicule 2.3 – Stratégie sylvicole.

^b Les abréviations des différents traitements sylvicoles sont : SCA : Scarifiage; PL : Plantation; REG : Regarni; DEG : Dégagement; EPC : éclaircie précommerciale; EC : éclaircie commerciale; CPRS : Coupe avec protection de la régénération et des sols; CRS : Coupe avec réserve de semenciers; CPR : Coupe progressive régulière; CPI-CP : Coupe progressive irrégulière à couvert permanent; CPI-RL : Coupe progressive irrégulière à régénération lente.

^c Le type de forêt « Pu » peut contenir les prucheraies à résineux et les prucheraies à feuillus ainsi que les strates de résineux indéterminés ou mixtes indéterminés présentant une surface terrière relativement importante de pruche.

^d Aux fins du calcul, les effets du regarni permettent de répondre aux objectifs de la plantation d'enrichissement.

^e Pour la période 2013-2018, aucun scénario sylvicole particulier n'a été élaboré pour contrôler l'envahissement par le hêtre à grandes feuilles.

État des connaissances

De nombreuses études menées dans différentes régions du Québec ont permis de documenter des changements réels de composition dans les paysages forestiers aménagés⁴⁶. Cependant, ces études montrent également une forte variabilité dans l'ampleur des changements observés, ce qui s'explique par la diversité des conditions rencontrées, par l'historique de l'aménagement forestier ainsi que par la complexité des facteurs impliqués dans les phénomènes de raréfaction et d'envahissement des essences. D'autres études seront nécessaires afin de mieux 1) documenter l'ampleur des écarts entre la composition des paysages naturels et celle des paysages aménagés pour chaque région, 2) comprendre les facteurs impliqués dans la raréfaction ou l'envahissement de certaines essences et 3) prédire l'évolution à long terme des peuplements touchés.

Différents traitements sylvicoles, tels que les coupes progressives (ex. : CPI) et les traitements d'éducation (ex. : EPC), ont été proposés afin de répondre aux enjeux de composition⁴⁷. Certains traitements tels que la CPI ont été peu expérimentés et leurs effets à long terme sont peu documentés. Pour d'autres traitements (ex. : CPR), les scénarios sylvicoles favorables aux essences enjeux peuvent différer de ceux appliqués par le passé⁴⁸. Ainsi, un suivi à long terme des effets de ces traitements permettra d'évaluer l'atteinte des objectifs visés et de valider les effets de traitement attribués aux fins du calcul.

Références

Référence citées

Archambault, L., J. Morissette et M. Bernier-Cardou. 1998. Forest succession over a 20-year period following clearcutting in balsam fir-yellow birch ecosystems of eastern Québec, Canada. *Forest Ecology and Management*, 102 : 61-74.

Bédard, S. et Z. Majcen. 2000. Accroissement et régénération des prucheraies dix ans après une coupe de jardinage dans une aire d'hivernage de cerf de Virginie. Note de recherche n° 103. Ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière, Québec, Qc, 14 p.

Bergeron, Y. 2000. Species and stand dynamics in the mixed woods of Quebec's southern boreal forest. *Ecology*, 81(6) : 1500-1516.

Boucher, Y., D. Arseneault et L. Sirois. 2009a. La forêt préindustrielle du Bas-Saint-Laurent et sa transformation (1820-2000) : implications pour l'aménagement écosystémique. *Naturaliste canadien*, 133(2) : 60-69.

Boucher, Y., D. Arseneault, L. Sirois et L. Blais. 2009b. Logging pattern and landscape changes over the last century at the boreal and deciduous forest transition in Eastern Canada. *Landscape Ecology*, 24 : 171-184.

Boucher, Y., M. Bouchard, P. Grondin et P. Tardif. 2011. 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, Direction de la recherche forestière, 21 p.

Boulet, B., M. Chabot, L. Dorais, A. Dupont, R. Gagnon et L. Morneau. 2009. Entomologie forestière. *Dans* Ordre des ingénieurs forestiers du Québec. Manuel de foresterie. 2^e édition, ouvrage collectif, Éditions Multimondes, Québec, Qc, pp. 981-1012.

Doucet, R., J.-C. Ruel, S. Jutras, G. Lessard, M. Pineau, G. Prigent et N. Thiffault. 2009. Sylviculture appliquée. *Dans* Ordre des ingénieurs forestiers du Québec. Manuel de foresterie. 2^e édition, ouvrage collectif, Éditions Multimondes, Québec, Qc, pp. 1147-1186.

Doyon, F. et D. Bouffard. 2009. Enjeux écologiques de la forêt feuillue tempérée québécoise, Québec. Préparé pour le ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de l'environnement et de la protection des forêts, Québec, Qc, 63 p.

Duchesne, L. et R. Ouimet. 2008. Population dynamics of tree species in southern Quebec, Canada : 1970-2005. *Forest Ecology and Management*, 255 : 3001-3012.

Duchesne, L., R. Ouimet, J.-D. Moore et R. Paquin. 2003. Diminution de l'abondance de l'érable à sucre au profit du hêtre à grandes feuilles. *Dans* Grondin, P. et A. Cimon (éditeurs). Les enjeux de biodiversité relatifs à la composition forestière. Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, Québec, Qc, pp. 191-200.

Dumais, D. et M. Prévost. 2007. Management for red spruce conservation in Québec: The importance of some physiological and ecological characteristics – A review. *Forestry Chronicle*, 83 : 378-392.

Girard, C., M. Darveau, J.-P.L. Savard et J. Huot. 2004. Are temperate mixedwood forests perceived by birds as a distinct forest type? *Revue canadienne de recherche forestière*, 34 : 1895-1907.

Grondin, P. et A. Cimon. 2003. Les enjeux de biodiversité relatifs à la composition forestière. Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, Québec, Qc, 200 p.

Grondin, P., L. Bélanger, V. Roy, J. Noël et D. Hotte. 2003a. Envahissement des parterres de coupe par les feuillus de lumière (enfeuillage). *Dans* Grondin, P. et A. Cimon (éditeurs). Les enjeux de biodiversité relatifs à la composition forestière. Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, Québec, Qc, pp. 131-174.

Grondin, P., J. Noël et D. Hotte. 2003b. Envahissement des parterres de coupe par le sapin en forêt boréale. *Dans* Grondin, P. et A. Cimon (éditeurs). Les enjeux de biodiversité relatifs à la composition forestière. Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, Québec, Qc, pp. 15-44.

Guillemette, F., S. Bédard, D. Pin et D. Dumais. 2013. Les coupes de jardinage avec gestion par arbres. Chapitre 23. *Dans* ministère des Ressources naturelles. Le guide sylvicole du Québec. Tome 2 – Les concepts et l'application de la sylviculture. Ouvrage collectif sous la supervision de C. Larouche, F. Guillemette, P. Raymond et J.-P. Saucier, Les Publications du Québec, Québec, Qc, pp. 566-603.

Hobson, K.A. et E. Bayne. 2000. Breeding bird communities in boreal forest of western Canada: consequences of « unmixing » the mixedwoods. *Condor*, 102 : 759-769.

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, 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, Direction de l'aménagement et de l'environnement forestiers, Québec, Qc, 167 p.

Lafamme, J. 2012. Comparaisons des paysages forestiers préindustriels (1804-1864) et actuels (1982-2006) sur la base de la classification écologique dans la vallée de la rivière Gatineau, Québec, Canada. *Mémoire de maîtrise*, Université Laval, Québec, Qc, 85 p.

⁴⁶ Exemples : Grondin et Cimon (2003), Boucher et al. (2009b), Laffamme (2012).

⁴⁷ Grondin et Cimon (2003), Jetté et al. (2012b), ministère des Ressources naturelles (sous presse).

⁴⁸ Par exemple, les effets de la CPR sont souvent mitigés puisqu'elle a été exécutée sans égard aux conditions de réussite pour la régénération (ex. : contrôle de la végétation concurrente).

- Laquerre, S., A. Leduc et B. D. Harvey. 2009. Augmentation du couvert en peuplier faux-tremble dans les pessières noires du nord-ouest du Québec après coupe totale. *Écoscience*, 16(4) : 483-491.
- Majcen, Z. 2003. Raréfaction des espèces compagnes de l'érablière. *Dans* Grondin, P. et A. Cimon (éditeurs). Les enjeux de biodiversité relatifs à la composition forestière. Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, Québec, Qc, pp. 93-102.
- Ministère des Ressources naturelles. 2013. Le guide sylvicole du Québec. Tome 2 – Les concepts et l'application de la sylviculture, Ouvrage collectif sous la supervision de C. Larouche, F. Guillemette, P. Raymond et J.-P. Saucier, Les Publications du Québec, Québec, Qc, 744 p.
- 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)
- Pin, D., G. Lessard et F. Guillemette. 2013. Les coupes de jardinage avec cohortes juxtaposées. Chapitre 24. *Dans* ministère des Ressources naturelles. Le guide sylvicole du Québec. Tome 2 – Les concepts et l'application de la sylviculture. Ouvrage collectif sous la supervision de C. Larouche, F. Guillemette, P. Raymond et J.-P. Saucier, Les Publications du Québec, Québec, Qc, pp. 604-627.
- Prévost, M. et D. Dumais. 2010. La coupe partielle pour éviter l'enfeuillement et augmenter le volume des conifères. Avis de recherche forestière n° 25. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de la recherche forestière, Québec, Qc, 2 p.
- Raymond, P., I. Legault, L. Guay et C. Godbout. 2013a. La coupe progressive régulière. Chapitre 19. *Dans* ministère des Ressources naturelles. Le guide sylvicole du Québec. Tome 2 – Les concepts et l'application de la sylviculture. Ouvrage collectif sous la supervision de C. Larouche, F. Guillemette, P. Raymond et J.-P. Saucier, Les Publications du Québec, Québec, Qc, pp. 410-453.
- Raymond, P., C. Larouche, S. Bédard et S. Tremblay. 2013b. Coupe progressive irrégulière. Chapitre 20. *Dans* ministère des Ressources naturelles. Le guide sylvicole du Québec. Tome 2 – Les concepts et l'application de la sylviculture. Ouvrage collectif sous la supervision de C. Larouche, F. Guillemette, P. Raymond et J.-P. Saucier, Les Publications du Québec, Québec, Qc, pp. 456-515.
- Saint-Germain, M., L. Morneau et B. Boulet. 2013. Le dendroctone de l'épinette. *Dans* ministère des Ressources naturelles. Le guide sylvicole du Québec. Tome 1. Les fondements biologiques de la sylviculture. Les Publications du Québec, Québec, Qc, pp. 494-499.

Lectures suggérées

- Doyon, F. et D. Bouffard. 2009. Enjeux écologiques de la forêt feuillue tempérée québécoise, Québec. Préparé pour le ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de l'environnement et de la protection des forêts, Québec, Qc, 63 p.
- Grondin, P. et A. Cimon. 2003. Les enjeux de biodiversité relatifs à la composition forestière. Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, Québec, Qc, 200 p.
- 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, Direction de l'aménagement et de l'environnement forestiers, Québec, Qc, 159 p.



Rédaction : Antoine Nappi, biol., Ph.D. et Julie Poulin, biol., M.Sc.

Collaboration : David Baril, ing.f. (BFEC), Marie-Josée Blais, ing.f., M.Sc. (BFEC), Sylvain Chouinard, ing.f. (BFEC), Boris Dufour, biol., Ph.D. (UQAC), Geneviève Lejeune, ing.f. (BFEC), Philippe Marcotte, ing.f., M.Sc. (BFEC), Daniel Pin, ing.f., M.Sc. (BFEC), Anouk Pohu, ing.f. (BFEC) et Louis Prévost, ing.f., M.Sc. (BFEC).

Révision : Yan Boucher, biol. Ph.D. (MRN), Pierre Grondin, ing.f., M.Sc. (MRN) et Patricia Raymond, ing.f., Ph.D. (MRN).

Référence à citer : Nappi, A. et J. Poulin. 2013. Composition végétale. Fascicule 4.2. *Dans* Bureau du forestier en chef. Manuel de détermination des possibilités forestières 2013-2018. Gouvernement du Québec, Roberval, Qc, pp. 125-134.