



# Intégration des enjeux écologiques dans les plans d'aménagement forestier intégré de 2018-2023

Cahier 5.1

Enjeux liés aux attributs de structure interne  
des peuplements et au bois mort





Intégration des enjeux écologiques dans les plans  
d'aménagement forestier intégré de 2018-2023

### **Cahier 5.1**

**Enjeux liés aux attributs de structure interne  
des peuplements et au bois mort**



## Coordination

Marie-Andrée Vaillancourt, biol. M. Sc., Direction de l'aménagement et de l'environnement forestiers

## Rédaction

Marie-Andrée Vaillancourt, biol. M. Sc., Jean-Pierre Jetté, ing.f. et Marc Leblanc, ing.f., M. Sc., Direction de l'aménagement et de l'environnement forestiers, Stéphane Déry, biol., Direction de la gestion de la faune de la Capitale-Nationale et de la Chaudière-Appalaches

## Collaboration

Frédéric Bujold, Sylvie Delisle, Lyne Giasson, Nathalie Laurencelle, Sébastien Méthot, Josée Pâquet, Jérôme Rioux et Martin Seto

## Remerciements

Virginie Arielle Angers, Mathieu Bouchard, Yan Boucher, Steeve Coulombe, Sophie Dallaire, Jacques Gravel, François Guillemette, Paul-Émile Lafleur, Antoine Nappi et Greg St-Hilaire.

## Photos

Fred Bujold, Nathalie Lavoie, Marc Leblanc, Marie-Andrée Vaillancourt

## Production

Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction de l'aménagement et de l'environnement forestiers, Québec, juillet 2017

## Pour plus de renseignements

Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs  
Direction de l'aménagement et de l'environnement forestiers  
5700, 4<sup>e</sup> Avenue Ouest  
Québec (Québec) G1H 6R1  
Téléphone : 418 627-8650  
Télécopieur : 418 643-2368  
Courriel : daef@mffp.gouv.qc.ca

DAEF-0383

Cette publication, conçue pour une impression recto verso, est offerte en ligne à l'adresse suivante : [https://mffp.gouv.qc.ca/documents/forets/amenagement/cahier\\_5\\_1\\_structure\\_interne.pdf](https://mffp.gouv.qc.ca/documents/forets/amenagement/cahier_5_1_structure_interne.pdf)

**Référence :** Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (2017). *Intégration des enjeux écologiques dans les plans d'aménagement forestier intégré de 2018-2023, Cahier 5.1 – Enjeux liés aux attributs de structure interne des peuplements et au bois mort*, Direction de l'aménagement et de l'environnement forestiers, 66 p.

**Mots clés :** aménagement écosystémique, enjeu écologique, planification forestière, Québec

**Keywords:** ecological issue, ecosystem-based management, forest planning, Quebec.

Dépôt légal – Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2018

ISBN - 978-2-550-82714-6

© Gouvernement du Québec, 2017



## NOTE AU LECTEUR

La Loi sur l'aménagement durable du territoire forestier (RLRQ, chapitre A-18.1) accorde une place importante à l'aménagement écosystémique en tant qu'outil privilégié pour mettre en œuvre l'aménagement durable des forêts (article 1).

Pour consolider l'aménagement écosystémique dans les pratiques forestières, le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) a produit la publication *Intégration des enjeux écologiques dans les plans d'aménagement forestier intégré de 2018-2023*. Cette publication, constituée de plusieurs cahiers, s'adresse aux aménagistes chargés de la préparation des plans d'aménagement forestier intégré (PAFI) de même qu'aux personnes et aux différents groupes intéressés par l'aménagement forestier. Chaque cahier renferme l'information nécessaire à l'analyse de l'un des enjeux écologiques retenus par le Ministère et à l'élaboration de solutions pour y répondre. La publication s'organise comme ceci :

- Cahier 1.0** Concepts généraux liés à l'aménagement écosystémique des forêts
- Cahier 2.1** Enjeux liés à la structure d'âge des forêts
- Cahiers 3.1** Enjeux liés à l'organisation spatiale des forêts dans la pessière à mousses
- Cahiers 3.2** Enjeux liés à l'organisation spatiale des forêts dans la sapinière
- Cahier 3.3** Enjeux liés à l'organisation spatiale des forêts dans l'érablière
- Cahier 4.1** Enjeux liés à la composition végétale
- Cahier 5.1** Enjeux liés aux attributs de structure interne des peuplements et au bois mort
- Cahier 6.1** Enjeux liés aux milieux riverains
- Cahier 6.2** Enjeux liés aux milieux humides
- Cahier 7.1** Enjeux liés aux espèces menacées ou vulnérables
- Cahier 7.2** Enjeux liés aux espèces sensibles à l'aménagement

Ces différents cahiers présentent les orientations ministérielles destinées à guider le travail des aménagistes dans la préparation des PAFI. Ces orientations concernent à la fois le processus d'analyse des enjeux, la détermination des objectifs et des cibles ainsi que le choix des solutions à adopter. Trois types d'approches ont été retenus par le MFFP pour mettre ces orientations en œuvre. Selon les enjeux, une ou plusieurs de ces approches seront appliquées.

**Les dispositions légales.** Elles prescrivent ou interdisent certaines pratiques forestières. Leur **application est obligatoire** et ne comporte **pas de marge de manœuvre**.

**Les lignes directrices.** Elles précisent les orientations que le MFFP entend mettre de l'avant dans la réponse aux enjeux écologiques. Leur **application est obligatoire**, mais les praticiens disposent d'une **certaine marge de manœuvre** pour en adapter les modalités à la réalité locale lorsque cela s'avère nécessaire.

**Les recommandations sur l'aménagement.** Elles constituent des **suggestions de bonnes pratiques** dont l'application n'est pas obligatoire.

Le présent cahier contient les recommandations sur l'aménagement qui permettront de répondre aux enjeux liés à la structure interne des peuplements et au bois mort (annexe A).



## AVANT-PROPOS

Le présent cahier reprend les orientations ministérielles qui avaient été formulées pour la préparation des PAFI de 2013-2018. Seuls quelques changements mineurs ont été apportés au traitement de l'enjeu. Le changement le plus notable concerne les analyses et les solutions pour l'enjeu lié à la structure interne de certaines strates forestières, dont celles associées aux feuillus tolérants. Ces analyses et solutions ont été intégrées aux enjeux liés à la structure d'âge des forêts (voir le Cahier 2.1 [Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, 2016a]).

Aborder l'enjeu de la structure interne sous l'angle de la complexité : une assurance pour l'adaptabilité des forêts dans un contexte de changements globaux.

Depuis plusieurs années déjà, il existe un certain consensus dans la communauté scientifique selon lequel maintenir ou augmenter la complexité des écosystèmes forestiers (sur le plan des structures, des fonctions écologiques ou de la biodiversité) est une façon de maintenir ou même de renforcer leur résilience et leur capacité d'adaptation. Ces caractéristiques apparaissent cruciales à un moment où nous faisons face à des changements globaux dont les effets sur les conditions biophysiques, les régimes de perturbations naturelles et les répercussions sur l'état des forêts sont difficiles à prévoir. En se penchant sur des enjeux écologiques, tels que ceux liés à la structure interne des peuplements à différentes échelles de perception (du peuplement au grand paysage), les aménagistes abordent un aspect significatif des écosystèmes en visant à maintenir ou à restaurer la complexité présente dans les forêts naturelles. La complexité de la structure est un aspect parmi beaucoup d'autres à prendre en considération dans la gestion d'un territoire, mais elle risque de gagner en importance à mesure que se développera une stratégie globale d'adaptation dans un contexte de changements globaux.





## TABLE DES MATIÈRES

|   |           |
|---|-----------|
| La structure interne des peuplements et le bois mort en bref.....   | 1         |
| <b>Chapitre 1 Facteurs et processus associés à la structure interne et au bois mort</b> .....   | <b>5</b>  |
| 1.1 Structure interne des peuplements.....  | 5         |
| 1.2 Dynamique naturelle.....  | 7         |
| 1.3 Régime sylvicole et principaux enjeux .....   | 8         |
| 1.4 Bois mort.....  | 9         |
| <b>Chapitre 2 Simplification de la structure interne des peuplements liée aux interventions de coupes partielles dans les peuplements inéquiennes</b> ..... | <b>11</b> |
| 2.1 Enjeux spécifiques liés à la structure interne des peuplements aménagés.....  | 11        |
| 2.1.1 Modification de la structure diamétrale : rareté des arbres de gros diamètre .....  | 11        |
| 2.1.2 Raréfaction des peuplements denses et réduction de la biomasse forestière .....   | 12        |
| 2.1.3 Diminution de la densité de bois mort de gros calibre.....  | 13        |
| 2.2 Solutions à l'enjeu .....   | 14        |
| 2.2.1 Maintien d'attributs structuraux clés dans la matrice forestière en intégrant des modalités aux traitements sylvicoles de coupes partielles .....     | 14        |
| 2.2.2 Cibles de rétention dans le PAFI .....  | 15        |
| <b>Chapitre 3 Raréfaction des peuplements à structure complexe dans la forêt boréale</b> .....  | <b>17</b> |
| 3.1 Analyse de l'enjeu .....  | 17        |
| 3.1.1 État de référence .....   | 17        |
| 3.1.2 Quantification des peuplements à structure complexe.....  | 18        |
| 3.1.3 Diagnostic .....  | 21        |
| 3.2 Solutions à l'enjeu .....   | 23        |
| 3.2.1 Échelle de l'UTA .....  | 23        |
| 3.2.2 Échelle de l'unité d'aménagement.....   | 25        |
| 3.2.3 Cibles visées et lien avec les actions clés.....  | 25        |
| <b>Chapitre 4 Carences en legs biologiques dans les coupes totales</b> .....  | <b>27</b> |
| 4.1 Analyse de l'enjeu.....   | 28        |
| 4.1.1 Échelle spatiale visée pour aborder l'enjeu .....   | 28        |
| 4.1.2 Legs biologiques dans les perturbations graves .....  | 28        |
| 4.1.3 Efficacité des legs biologiques dans un contexte sylvicole .....  | 29        |
| 4.2 Solutions à l'enjeu .....   | 29        |
| 4.2.1 Cibles locales de rétention.....  | 30        |
| 4.2.2 Analyse de la carence en legs biologiques .....   | 31        |
| <b>Chapitre 5 Simplification et uniformisation de la forêt de seconde venue</b> .....   | <b>35</b> |
| 5.1 Analyse de l'enjeu.....   | 35        |
| 5.2 Solutions à l'enjeu.....  | 37        |

|   |    |
|---|----|
| <b>Chapitre 6 Raréfaction des attributs des forêts naturellement perturbées dans le contexte des plans d'aménagement spéciaux</b> ..... | 39 |
| 6.1 Analyse de l'enjeu et solutions .....   | 40 |
| 6.1.1 Orientations à l'échelle du grand paysage .....   | 40 |
| 6.1.2 Orientations pour l'échelle de la perturbation naturelle .....  | 41 |
| Annexe A Approches retenues pour répondre aux enjeux liés à la structure interne des peuplements et au bois mort.....                   | 45 |
| Annexe B Références utiles concernant les enjeux liés à la structure interne des peuplements et au bois mort.....                       | 47 |
| Annexe C Méthode d'analyse des carences en legs biologiques .....   | 50 |
| Annexe D Déploiement des coupes à rétention variable .....  | 58 |
| Bibliographie .....   | 63 |

## LISTE DES TABLEAUX

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| Tableau 1 | Classes de proportion du territoire couvert par les peuplements à structure complexe dans la forêt naturelle.....   | 18 |
| Tableau 2 | Critères d'interprétation des peuplements à structure complexe pour la forêt boréale .....  | 19 |
| Tableau 3 | Critères cartographiques (4 <sup>e</sup> décennal) permettant de quantifier la proportion de peuplements à structure irrégulière et les recrues potentielles de peuplements à structure irrégulière .....   | 19 |
| Tableau 4 | Exemple de la proportion des strates de vieux peuplements à structure régulière et à structure complexe et leur superficie respective.....  | 20 |
| Tableau 5 | Synthèse des informations permettant d'effectuer le diagnostic sur l'enjeu de la structure interne pour une unité d'aménagement (UA) située dans la forêt boréale et dont la proportion de peuplements à structure complexe est jugée « fréquente » (25 à 50 % du territoire) dans la forêt naturelle ..... | 21 |
| Tableau 6 | Degrés de rétention observés dans les conditions usuelles d'opération des coupes totales.....   | 32 |
| Tableau 7 | Exemple de calcul de la proportion des UTR ou des COS maximales touchées par des traitements d'éducation.....   | 36 |
| Tableau 8 | Classes de rétention associées aux legs opérationnels dispersés (tiges éparses).....  | 54 |

## LISTE DES FIGURES

|          |  |    |
|----------|--|----|
| Figure 1 | Comparaison des structures diamétrales d'une courbe de Liocourt et d'une courbe sigmoïde inversée (structure observée dans les vieux peuplements naturels..... | 12 |
| Figure 2 | Legs opérationnels regroupés (6,25 %) .....  | 52 |
| Figure 3 | Legs opérationnels regroupés (5,23 %) .....  | 52 |
| Figure 4 | Exemple d'une péninsule acceptée (cassé) .....   | 53 |
| Figure 5 | Exemple de deux péninsules acceptées (cassé) .....   | 53 |
| Figure 6 | Legs opérationnels regroupés acceptés.....   | 53 |
| Figure 7 | Legs opérationnels dispersés (de 1 à 5 %) .....  | 55 |
| Figure 8 | Legs opérationnels dispersés (de 1 à 5 %) .....  | 55 |



## LA STRUCTURE INTERNE DES PEUPEMENTS ET LE BOIS MORT EN BREF

### ENJEUX ET ACTIONS

#### **ENJEU : Simplification de la structure interne des peuplements liée aux interventions de coupes partielles dans les peuplements inéquiennes**

Les interventions sylvicoles effectuées dans les strates forestières à feuillus tolérants maintiennent généralement un couvert et assure la présence de vieux arbres dans les peuplements. Toutefois, à la fois les taux de prélèvement et les vitesses de rotation choisies pour optimiser les gains en matière ligneuse peuvent raréfier certaines composantes associées aux vieux peuplements naturels, tels que les arbres moribonds ou morts de gros diamètre, les arbres vétérans ou les conifères épars.

#### **ACTION : Intégrer des modalités qui visent à maintenir des attributs clés dans les coupes partielles, là où elles occupent une part importante de la stratégie sylvicole**

Pour assurer la présence d'attributs clés dans les forêts aménagées, il est recommandé d'intégrer des modalités de rétention d'attributs tels que des gros arbres morts ou moribonds, des gros arbres vivants, des conifères épars et des bouquets de structure complexe aux prescriptions sylvicoles de certains traitements de coupes partielles.

#### **ENJEU : Raréfaction des peuplements à structure complexe dans la forêt boréale**

La dynamique naturelle des peuplements de la forêt boréale fait en sorte que la structure interne des peuplements évolue avec le temps. Plus l'intervalle entre deux perturbations graves est long, plus le peuplement a des chances de développer une structure complexe. Les coupes totales engendrent la reconstitution d'une seule cohorte d'arbres qui formera un peuplement ayant une structure régulière. De plus, comme les révolutions forestières sont plus courtes que les cycles naturels de perturbation, les peuplements n'ont pas le temps de développer à nouveau une structure complexe. Ainsi, le rythme de coupe est susceptible de provoquer la raréfaction des peuplements à structure complexe à l'échelle du paysage. Cela constitue un écart par rapport à la forêt naturelle qui engendre une raréfaction d'attributs clé pour la biodiversité.

#### **ACTION : Augmenter ou, au minimum, maintenir la présence de peuplements à structure complexe**

Il est recommandé d'effectuer une analyse d'écart qualitative à partir des connaissances de la forêt naturelle afin de déterminer les unités territoriales qui sont ou seront en déficit de forêt à structure complexe. Ainsi, il sera possible de sélectionner des zones prioritaires pour le déploiement de scénarios sylvicoles qui visent le maintien ou la restauration de peuplements à structure complexe. En considérant les résultats de l'ensemble des enjeux écologiques présents sur le territoire, les enjeux de nature sylvicole, ceux liés à l'harmonisation sociale, ainsi que la capacité opérationnelle locale, il sera possible de déterminer une cible locale appropriée pour le déploiement de coupes associées au régime de la futaie irrégulière.

## ENJEUX ET ACTIONS (SUITE)

### ENJEU : Simplification et uniformisation de la forêt de seconde venue

À la suite de coupes de régénération, il est fréquent que des traitements d'éducation soient appliqués et ceux-ci peuvent toucher de grandes zones forestières. Le déploiement à grande échelle de ces traitements risque d'avoir provoqué une simplification et une uniformisation de la structure interne des forêts de seconde venue. Bien que les traitements d'éducation soient pertinents pour maintenir la composition désirée et maîtriser adéquatement la végétation concurrente, plusieurs appréhensions ont été soulevées à l'égard de leurs répercussions sur la biodiversité.

### ACTION : Mitiger l'impact des traitements d'éducation

Il est recommandé qu'une analyse soit faite à l'échelle des paysages (compartiment d'organisation spatiale ou unité territoriale de référence) afin d'évaluer la proportion des jeunes strates qui ont subi des traitements d'éducation (éclaircie précommerciale, nettoyage, etc.). Lorsque le taux de traitement des jeunes strates forestières approche ou est supérieur à 50 %, il est recommandé d'intégrer des modalités appropriées afin de mitiger les impacts des traitements d'éducation tout en répondant aux objectifs sylvicoles souhaités.

### ENJEU : Carences en legs biologiques dans les coupes totales

Les perturbations naturelles graves (feu, épidémies graves, grands chablis) engendrent généralement une réinitialisation des peuplements. Toutefois, selon la nature, l'intensité ou le patron spatial de mortalité, une certaine proportion des arbres survivent. Ces arbres vivants, en plus de ceux qui sont morts, représentent des legs importants sur le plan écologique puisqu'ils permettent la continuité de plusieurs processus écologiques en début de succession. Ils accélèrent aussi le développement d'une structure plus diversifiée dans le futur peuplement. Tout comme les perturbations naturelles graves, les coupes totales ramènent le peuplement au stade de régénération. Cependant, la récolte systématique de toutes les tiges marchandes, les efforts pour éviter le « gaspillage » de matière ligneuse de même que l'abattage ou le renversement des chicots tendent à réduire la quantité de legs biologiques sur les aires de coupe.

### ACTION : Fixer une cible minimale de coupes à rétention variable dans les PAFI

Il arrive que des conditions physiques, économiques ou circonstancielles fassent en sorte que des legs soient laissés dans les aires de coupe sans qu'ils aient été planifiés. Toutefois, compte tenu que les quantités et la nature des legs « opérationnels » peuvent varier considérablement selon les contextes, une cible minimale de coupes à rétention variable doit être intégrée dans les plans d'aménagement forestier intégré afin de s'assurer de la présence suffisante de rétention au sein des coupes totales. Il est donc recommandé que 20 % des coupes totales soient des coupes à rétention d'au moins 5 % du volume initial. Une analyse de carence en legs biologiques peut être réalisée afin de déterminer le type de rétention à favoriser de même que les endroits à prioriser pour planifier les efforts de rétention, de manière à optimiser le coût et l'efficacité de ces mesures.



## ENJEUX ET ACTIONS (SUITE)

### **ENJEU : Raréfaction des attributs des forêts perturbées naturellement dans le contexte des plans d'aménagement spéciaux**

Les forêts perturbées naturellement offrent des conditions uniques qui se distinguent à la fois de celles présentes aux stades plus avancés de la succession forestière et de celles créées par la coupe. Elles créent notamment une diversité d'éléments structuraux dans le paysage, dont une forte abondance de bois mort sur une courte période de temps. Ces conditions sont souvent favorables à la végétation pionnière, à plusieurs espèces de plantes et à plusieurs espèces d'invertébrés, de mammifères et d'oiseaux, en particulier celles associées au bois mort. En modifiant les attributs clés et les conditions créées par ces perturbations naturelles, une récolte associée à une perturbation naturelle constitue une deuxième perturbation en rafale qui peut provoquer à court, moyen et long terme des répercussions importantes, notamment sur la régénération forestière, qui se superposent aux effets des perturbations naturelles.

### **ACTION 1 : Maintenir, à l'échelle du grand paysage, des superficies perturbées sans interventions**

Pour assurer le maintien de l'ensemble des processus écologiques associés aux forêts perturbées, il est recommandé d'établir, à l'échelle de l'unité d'aménagement, une cible minimale de forêts perturbées naturellement sans interventions de l'ordre de 30 % de la superficie forestière perturbée depuis les cinq dernières années, et ce pour chaque type de perturbation (feu, chablis, insectes).

### **ACTION 2 : Maintenir, dans les superficies touchées par des plans spéciaux d'aménagement, les attributs clés des peuplements perturbés**

Au sein des superficies touchées par des plans spéciaux d'aménagement, une attention particulière doit être portée au maintien d'attributs clés qui joueront un rôle essentiel pour favoriser la résilience de ces écosystèmes perturbés et touchés par la récolte. Ainsi on veillera à préserver les forêts non touchées, ou moins vulnérables, présentes au sein de la zone perturbée et à maintenir des portions de peuplements perturbés sans interventions. Une attention devra également être portée à la qualité de ces forêts résiduelles, à leur configuration ainsi qu'à leur répartition dans l'aire de coupe.



# CHAPITRE 1

## FACTEURS ET PROCESSUS ASSOCIÉS À LA STRUCTURE INTERNE ET AU BOIS MORT

La forêt naturelle possède un caractère dynamique qui s'opère par le biais des régimes de perturbations naturelles. Ces perturbations influencent les processus écologiques qui y ont cours et cette dynamique génère divers arrangements structuraux qui varient dans l'espace et dans le temps. Lorsque la forêt est aménagée, le choix des interventions menées aux différents stades de développement des peuplements forestiers ainsi que leur amplitude peuvent générer des écarts entre la situation actuelle et celle qui prévalait dans la forêt naturelle. La structure interne des peuplements et le bois mort représentent deux attributs des forêts qui peuvent être modifiés par les pratiques d'aménagement.

Plusieurs enjeux liés aux attributs de structure interne et au bois mort sont reconnus par la communauté scientifique. Puisqu'ils nécessitent des solutions distinctes, ils seront abordés de façon successive dans les chapitres qui suivent. Au préalable, il s'avère pertinent de présenter brièvement les facteurs et les processus qui gouvernent la structure interne des peuplements et la disponibilité du bois mort dans la forêt naturelle ainsi que leur influence sur les communautés biologiques. Les lecteurs intéressés à approfondir leurs connaissances pourront se référer à l'annexe B pour obtenir une liste détaillée, mais non exhaustive, des études ayant abordé le sujet dans différentes régions forestières du Québec.

### 1.1 Structure interne des peuplements

La structure interne des peuplements se définit comme étant l'agencement spatial et temporel des composantes végétales vivantes et mortes d'un peuplement. D'un point de vue strictement sylvicole, on y réfère surtout en utilisant le terme « structure diamétrale » (densité et composition des tiges par classe de diamètre formant une structure régulière, bisétagée, irrégulière, jardinée, etc.). Sur le plan écologique, plusieurs autres composantes structurales influencent le fonctionnement des écosystèmes, dont :

- la distribution verticale du feuillage (étagement du feuillage, composition et physionomie des végétaux qui constituent ces strates, hauteur du peuplement);
- la distribution horizontale de la canopée (trouées, pochettes présentant différents attributs de composition ou de structure dans le peuplement);
- le bois mort (abondance, position, taille, espèce, stade de décomposition).

C'est l'assemblage de tous ces éléments qui forme la structure interne. En tenant compte simultanément de plusieurs de ces composantes, il est possible de qualifier le degré de complexité de la structure des peuplements (Angers et autres, 2014).

---

## COMMENT LA STRUCTURE INTERNE DES PEUPEMENTS INFLUENCE-T-ELLE LA BIODIVERSITÉ?

*La structure interne des peuplements influence les conditions microclimatiques (ex. : température, humidité, disponibilité de la lumière) et les habitats disponibles (ex. : composition des espèces végétales, couverture latérale, degré d'ouverture du couvert, hauteur du peuplement, bois mort). Ces éléments influencent notamment la disponibilité des substrats d'alimentation, de reproduction, d'abris des espèces animales et des substrats d'établissement et de croissance pour les espèces végétales. À chaque type de structure correspondent donc des communautés d'espèces et une biodiversité qui lui est propre. La complexité de la structure interne implique une diversité d'habitats et, par conséquent, une diversité des groupes d'espèces qu'on y trouve. Des études ont d'ailleurs démontré que les forêts qui présentent une forte diversité structurale soutiennent aussi une plus grande variété d'espèces ou de groupes fonctionnels (Hunter, 1999; Despots et autres, 2004; Franklin et Van Pelt, 2004, Janssen et Fortin, 2009).*

---

Plusieurs facteurs influencent la structure interne des peuplements. Le temps écoulé depuis la formation du peuplement est habituellement considéré comme le facteur le plus influent dans les écosystèmes où les perturbations graves sont communes. En règle générale, plus le temps s'est écoulé depuis la dernière perturbation majeure, plus la structure interne devient complexe (ex. : structure diamétrale irrégulière, hétérogénéité de l'étagement du feuillage, présence de trouées, recrutement relativement continu de bois mort). Cela résulte, notamment, des taux de croissance différentiels des tiges, de la succession végétale et des changements dans la composition du peuplement, de la mortalité par pied d'arbre. Au moment de la formation du peuplement, les variations dans l'intensité de la perturbation engendrent souvent une mortalité variable qui crée ainsi une certaine hétérogénéité dans le nouveau peuplement. Ce phénomène contribue aussi à la complexité de la structure interne des peuplements naturels.

---

## LEGS BIOLOGIQUES

*Plusieurs composantes de la structure interne des peuplements sont intimement liées à la notion de legs biologiques qui désigne les éléments forestiers qui sont hérités d'un peuplement précédent à la suite d'une perturbation naturelle ou anthropique, généralement de forte intensité. Il peut donc s'agir d'arbres vivants ou morts sur pied, de débris ligneux au sol, d'une strate résiduelle de végétation, mais aussi d'éléments tels que des portions de litière intacte. Les legs biologiques apportent une certaine continuité pour plusieurs processus écologiques associés au stade pionnier. Par exemple, les legs servent de refuge à plusieurs espèces en vue de la colonisation des sites après perturbation, y compris les essences forestières qui contribueront à la régénération du prochain peuplement. Ils influencent la structure des peuplements plusieurs années après la perturbation.*

---



## 1.2 Dynamique naturelle

Sur de grands territoires, le régime de perturbations naturelles, en particulier l'intervalle de retour des perturbations graves, influence la prépondérance des vieux peuplements et la présence de peuplements à structure complexe (Boucher et autres, 2011). De façon générale, plus on se déplace vers le nord, plus l'effet des feux est important et moins on trouve de peuplements à structure complexe. Un gradient est-ouest, où l'effet des perturbations graves est plus important dans l'ouest que dans l'est, est également observé en raison du climat plus humide dans l'est de la province. Il est toutefois difficile de quantifier précisément les abondances passées des peuplements à structure complexe, particulièrement dans les régions situées plus au nord. **Néanmoins, les variations provinciales des régimes de perturbations combinés aux régimes sylvicoles prédominants (dominés par les coupes partielles ou par les coupes totales) influenceront les enjeux écologiques locaux définis au regard de la structure interne des peuplements.**

Le régime des microtrouées constitue le principal type de perturbation naturelle dans les forêts décidues du sud du Québec (domaines bioclimatiques de l'érablière). En l'absence prolongée de perturbations de forte intensité, ce régime est caractérisé par la mort d'un arbre ou d'un petit groupe d'arbres qui crée des trouées touchant environ 1 à 2 % de la superficie des peuplements par année. L'augmentation de la disponibilité de la lumière en sous-étage permet à la régénération préétablie de croître pour occuper l'espace alors disponible. Avec le temps, le cumul de plusieurs trouées créées à des moments différents dans le temps, finit par générer un peuplement inéquienne où se côtoient plusieurs stades de développement. Ces peuplements se distinguent notamment par la présence d'un couvert végétal dense et une hétérogénéité dans l'étagement du feuillage. Ils présentent généralement une surface terrière élevée où les tiges de gros diamètres occupent une forte proportion de l'espace. Toutes ces caractéristiques génèrent une complexité structurale qui est typique des vieux peuplements feuillus naturels.

Bien que moins fréquents, d'autres types de perturbations de plus forte intensité ont aussi cours dans la forêt décidue, comme les épidémies d'insectes, les chablis, le verglas et les feux. En comparaison avec le régime des microtrouées, ces perturbations impliquent pour la plupart une mortalité beaucoup plus concentrée dans le temps et dans l'espace ainsi qu'une ouverture plus importante du couvert forestier. Les patrons de succession végétale, de structure diamétrale, d'étagement du feuillage et de recrutement de bois mort sont aussi modifiés. Selon la nature des perturbations, on assiste généralement à l'établissement d'espèces intolérantes à l'ombre, à un important recrutement en bois mort et, dans les cas de forte mortalité, au développement de peuplements ou de pochettes présentant une structure régulière. Bien que moins présents dans le paysage, les peuplements issus de ces perturbations présentent des attributs de structure qui contrastent avec ceux produits par le régime de microtrouées. Par conséquent, ils favorisent une hétérogénéisation de la structure à l'échelle du paysage.

Au fur et à mesure que l'on progresse vers le nord, la prépondérance du régime de microtrouées diminue au profit d'une dynamique de perturbation plus variable sur le plan de leur gravité (épidémies d'insecte et feux). Ainsi, le régime de microtrouées fait également partie de la dynamique naturelle de certains sites, mais touche généralement une plus faible proportion du territoire. La structure interne des peuplements est alors principalement influencée par le type de perturbation naturelle et de l'intervalle entre les perturbations graves. À la suite d'une telle perturbation (feux intenses, épidémies graves ou chablis total), le peuplement au stade de régénération présente une structure caractérisée par une forte ouverture du couvert ainsi que par le développement d'une strate arbustive et de régénération habituellement dense. À ce profil, il importe d'ajouter un nombre plus ou moins important d'arbres survivants, selon la nature et l'intensité de la perturbation, ainsi qu'une grande quantité de bois mort qui contribuent à

complexifier la structure horizontale et verticale du peuplement. Les peuplements matures issus de perturbations graves développent habituellement une structure diamétrale relativement régulière et présentent un couvert plutôt fermé.

Lorsque l'intervalle entre deux perturbations graves dépasse la longévité des espèces installées après perturbation, les peuplements entrent dans une phase de diversification de leur structure interne. Les tiges peuvent alors atteindre leur diamètre potentiel maximum et la mortalité par pied d'arbre due à la sénescence, jumelée aux perturbations partielles (épidémies légères, chablis partiels), aura entre autres pour effet de créer des trouées, de permettre le développement ou l'établissement des cohortes en sous-étage, de produire du bois mort. Avec la régénération ayant cours dans les trouées, la distribution diamétrale des tiges passera de relativement uniforme à irrégulière, voire complexe.

### 1.3 Régime sylvicole et principaux enjeux

En plus des variations de la dynamique naturelle, l'historique d'aménagement a également varié au sein des différents écosystèmes forestiers. Dans les stations occupées par les feuillus durs, des coupes à diamètre limite ont été pratiquées jusque dans les années 1980. Depuis, d'autres pratiques d'aménagement ont été appliquées, notamment la coupe de jardinage qui est le traitement le plus courant sur les stations forestières à érable à sucre. L'effet cumulatif de ces pratiques au fil des décennies a entraîné une modification de la structure des peuplements aménagés (Angers et autres, 2014, Boulet et Pin, 2015). De plus, la tendance actuelle est à l'augmentation des coupes partielles à plus forts prélèvements (par exemple des coupes progressives irrégulières). Sur le strict plan de l'âge, ces peuplements sont considérés comme de vieux peuplements parce qu'ils n'ont pas subi une perturbation majeure (réinitialisation complète du peuplement). Toutefois, ils sont susceptibles d'avoir subi une baisse significative de leur complexité structurale comparativement aux forêts naturelles.

*L'enjeu concernant la simplification de la structure interne des peuplements aménagés par coupes partielles – là où le régime sylvicole de la futaie jardinée ou irrégulière est prépondérant – est abordé dans le chapitre 2.*

Dans les stations dominées par les essences résineuses ou de lumières, ce qui constitue la majorité des sites dans les domaines bioclimatiques de la sapinière et de la pessière, les peuplements sont principalement aménagés par un régime sylvicole de la futaie régulière (coupes totales). Puisque les révolutions forestières prévues par ce régime sylvicole sont plus courtes que l'intervalle des perturbations naturelles, et que l'effet des perturbations graves peut s'ajouter à celui de la récolte, cela entraîne une raréfaction des peuplements à structure complexe à l'échelle du paysage (Cyr et autres, 2009, Boucher et autres, 2015). De plus, contrairement aux perturbations naturelles graves qui laissent des portions de peuplements plus ou moins affectés et des arbres morts sur pied, les coupes totales laissent généralement peu d'arbres matures résiduels, morts ou vivants. L'absence de legs biologiques dans les coupes totales constitue donc un écart important par rapport aux jeunes forêts naturelles. Enfin, l'application de traitements sylvicoles d'éducation associés à différents scénarios sylvicoles peut mener à la simplification et à l'uniformisation de la structure interne des peuplements de seconde venue.



*Les enjeux concernant la raréfaction des peuplements à structure complexe, l'absence de legs biologiques dans les coupes totales et la simplification et l'uniformisation de la structure interne des peuplements de seconde venue après les traitements d'éducation sont respectivement abordés dans les chapitres 3, 4 et 5.*

Enfin, les perturbations naturelles graves ont toujours cours dans les paysages forestiers contemporains. Lorsque c'est le cas, des plans spéciaux d'aménagement sont préparés afin de limiter les pertes en volume de bois. Selon la taille et la localisation des perturbations, la proportion de la perturbation touchée par le plan spécial peut varier grandement. Or les perturbations naturelles créent des conditions propices pour plusieurs espèces fauniques et floristiques et sous-tendent des processus écologiques importants (Lindenmayer, Burton et Franklin 2008). Les interventions dans les forêts perturbées génèrent une seconde perturbation en rafale et viennent altérer les processus écologiques propres à ces habitats.

*L'enjeu concernant la raréfaction des attributs associés aux processus écologiques propres aux perturbations naturelles graves est abordé dans le chapitre 6.*

## 1.4 Bois mort

Qu'il soit sur pied (chicot) ou au sol (débris ligneux), le bois mort représente un élément essentiel au bon fonctionnement des écosystèmes forestiers. En plus de constituer un habitat nécessaire à la survie d'une multitude d'organismes, le bois mort joue un rôle dans le processus de régénération de certaines espèces végétales et est largement impliqué dans de multiples processus biogéochimiques comme la séquestration du carbone et le cycle des éléments nutritifs. L'enjeu concerne également les arbres à valeur faunique, notamment les arbres vivants de fort diamètre qui présentent des cavités et les arbres qui possèdent des structures de perchoirs pour le repos ou de poste d'observation pour l'alimentation.

L'abondance et la diversité des différentes formes de bois mort est intimement liée à la dynamique naturelle des écosystèmes. Le bois mort en soi est un élément dynamique dont le rythme de dégradation peut varier en fonction des espèces d'arbres et des conditions environnementales. Les fonctions écologiques liées au bois mort vont varier tout au long de la séquence de dégradation et un bris dans l'abondance et le recrutement de certaines formes de bois mort peut avoir des conséquences sur les espèces qui en dépendent durant une portion de leur cycle de vie.

Bien qu'elles contribuent toutes aux processus écologiques, certaines formes de bois mort constituent des éléments clés et devraient se voir accorder une importance particulière dans une perspective d'aménagement écosystémique :

- les chicots et les débris ligneux de gros diamètre;
- dans la forêt boréale et mélangée, les arbres feuillus qui sont susceptibles d'atteindre de forts diamètres et de former des cavités naturelles. Ces arbres présentent des modes de dégradation et offrent des habitats différents de ceux des conifères (ex. : le peuplier faux-tremble, le bouleau jaune);

- les débris ligneux au sol et les chicots en état avancé de décomposition;
- les petits débris ligneux que constituent les branches et les houppiers, car ils participent à la nutrition des sols.

Dans un milieu aménagé, plusieurs facteurs concourent à la raréfaction du bois mort et à la modification de sa dynamique naturelle. D'une part, les activités forestières limitent le recrutement, éliminent en partie le bois mort déjà présent, modifient la représentativité des classes de décomposition et contribuent à l'appauvrissement de la densité de bois mort de gros diamètre. De plus, la longueur des rotations ou des révolutions ne permet pas aux peuplements de développer des attributs de bois mort comparables à ceux que l'on trouve dans les vieilles forêts naturelles.

Un autre enjeu lié au bois mort concerne la récupération des superficies touchées par les perturbations naturelles qui a pour effet de réduire les épisodes de recrutement massif et ainsi la disponibilité de grandes quantités de bois mort. Dans un autre ordre d'idées, les andains formés lors des opérations par arbres entiers modifient grandement la répartition spatiale des débris ligneux et le rôle qu'ils peuvent jouer par la suite.

L'enjeu lié au bois mort ne peut être considéré en vase clos, puisqu'il est directement lié à plusieurs autres enjeux, dont ceux qui se rapportent à la structure d'âge des forêts, à la structure interne des peuplements et à la composition forestière. D'ailleurs, tel qu'il est mentionné dans la section 1.1, le bois mort est considéré comme l'une des composantes principales de la structure interne des peuplements.

À des fins de simplification d'analyse, l'enjeu relatif au bois mort sera donc intégré et abordé dans les chapitres qui suivent.

---

## DU BOIS MORT POUR QUI?

*Le bois mort représente un habitat nécessaire à la survie d'une multitude d'organismes au cours de leur cycle de vie. Chez les animaux, il est le plus souvent utilisé comme substrat de nidification, de reproduction, d'alimentation ou de repos et de nombreuses espèces l'utilisent pour combiner diverses fonctions. Plusieurs espèces végétales l'utilisent aussi comme substrat préférentiel d'établissement.*

*Dans les forêts de la Nouvelle-Angleterre, on estime que 25 % des vertébrés sont associés, à un moment ou à un autre de leur cycle de vie, au bois mort. Chez les insectes, cette proportion oscille autour de 50 % dans des écosystèmes boréaux comparables aux nôtres. Dans le nord de l'Europe, la raréfaction du bois mort dans les écosystèmes aménagés a eu un effet direct sur les organismes qui y sont associés : en Suède, près de 50 % des espèces forestières menacées sont dépendantes du bois mort.*

---

## CHAPITRE 2

# SIMPLIFICATION DE LA STRUCTURE INTERNE DES PEUPEMENTS LIÉE AUX INTERVENTIONS DE COUPES PARTIELLES DANS LES PEUPEMENTS INÉQUIENNES

Les principaux écarts que l'on observe dans les régions où la présence de stations à feuillus durs est importante concernent la complexité structurale des peuplements. De façon générale, le taux de perturbations par les coupes totales dépasse celui des perturbations graves alors que les taux de prélèvement dans les coupes partielles dépassent celui des perturbations légères. Par conséquent, des solutions doivent être définies afin de réduire l'écart entre les forêts naturelles et les forêts aménagées par coupes partielles.

Afin de répondre à cet enjeu dans les PAFI, le présent chapitre aborde succinctement les enjeux spécifiques liés à la structure interne des peuplements aménagés. On y propose aussi des mesures de mitigation pour préserver des attributs clés liés à la complexité structurale dans les peuplements qui font l'objet de récolte partielle.

### 2.1 Enjeux spécifiques liés à la structure interne des peuplements aménagés

Compte tenu des pratiques antérieures en sylviculture des peuplements inéquiennes, on peut craindre qu'une part importante des peuplements actuels ait perdu certains des attributs de structure typiques des forêts naturelles (Angers et autres, 2005; McGee, Leopold et Nyland, 1999; Goodburn et Lorimer, 1998). La rareté des arbres de gros diamètre, la raréfaction des peuplements denses, la réduction de la biomasse forestière et la diminution de la densité de bois mort de gros diamètre sont les principaux facteurs qui conduisent à un enjeu global de raréfaction des peuplements à structure complexe.

#### 2.1.1 Modification de la structure diamétrale : rareté des arbres de gros diamètre

Jusqu'à présent, l'aménagement des peuplements inéquiennes n'a jamais eu pour objectif de conserver des peuplements ayant une structure diamétrale typique de la forêt naturelle, notamment en ce qui concerne la quantité de gros arbres. Les traitements comme la coupe à diamètre limite et différentes variantes de coupes partielles réalisées au Québec ont eu comme effet de réduire la quantité de gros arbres et d'augmenter la proportion des arbres de petit diamètre. La structure diamétrale des peuplements aménagés contraste donc avec celle des peuplements naturels qui possèdent une plus grande proportion d'arbres de gros diamètre et une plus faible quantité de régénération. La figure 1 illustre cette différence entre un peuplement aménagé selon la courbe de Liocourt et une courbe sigmoïde inversée illustrant un vieux peuplement naturel. On perçoit un déplacement d'une quantité élevée d'arbres de petit diamètre du peuplement aménagé (type de courbe de Liocourt) vers une plus grande proportion d'arbres de gros diamètre sous la courbe d'un vieux peuplement naturel (type de courbe sigmoïde inversée).

À vrai dire, 40 % de la surface terrière des vieux peuplements naturels serait constituée d'arbres d'au moins 40 cm de diamètre à hauteur de poitrine (DHP) (Doyon et Bouffard, 2009). Dans certaines études (Crow et autres, 2002), les arbres de plus de 50 cm de DHP dans des vieux peuplements naturels représentent plus de 60 % de la surface terrière.

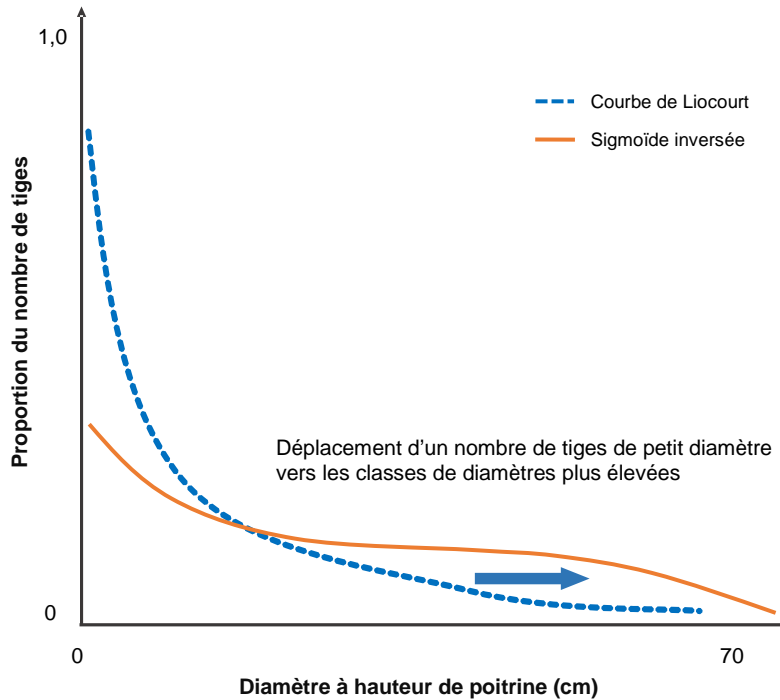


Figure 1 Comparaison des structures diamétrales d'une courbe de Liocourt et d'une courbe sigmoïde inversée (structure observée dans les vieux peuplements naturels)

### 2.1.2 Raréfaction des peuplements denses et réduction de la biomasse forestière

Le prélèvement fait lors d'une intervention de coupes partielles sur les stations forestières à érable à sucre se situe aux environs de 30 %, ce qui réduit considérablement la densité d'un peuplement contrairement à la dynamique naturelle de microtrouées qui représente environ 1 à 2 % de la superficie par année.

Dans le cas des stations forestières à bouleau jaune, les taux de prélèvement des coupes partielles se situent autour de 40 % de la surface terrière initiale. Bien que ces prélèvements puissent approximer l'effet de certaines perturbations naturelles, tels que des épidémies légères de la tordeuse des bourgeons de l'épinette, la généralisation d'un tel taux de prélèvement engendre une raréfaction de peuplements plus denses qui peuvent se régénérer entre deux épisodes de perturbation.

La gestion sylvicole actuelle tend à maintenir la surface terrière minimale entre 15 et 18 m<sup>2</sup>/ha après une coupe partielle et à intervenir dans les peuplements ayant atteint 24 m<sup>2</sup>/ha. Or, on s'aperçoit que la surface terrière représentative des vieux peuplements naturels varie de 23 m<sup>2</sup>/ha à 28 m<sup>2</sup>/ha (Doyon et autres, 2006; Roy et autres, 2009; Boulfroy et autres, 2013; Grenon, 2013).

### 2.1.3 Diminution de la densité de bois mort de gros calibre

L'importance du bois mort a été soulignée dans diverses études (Angers et autres, 2005; Doyon, Gagnon et Giroux, 2005), et un document publié par le MFFP en présente une synthèse (Angers, 2009). Nous savons que le bois mort sous toutes ses formes - les chicots et les débris ligneux, de même que les tiges moribondes qui en assurent un recrutement - abondait dans la forêt naturelle.

En théorie, les coupes partielles pratiquées sur les stations forestières à feuillus durs devraient conduire à un « assainissement » progressif des peuplements traités qui entraînerait alors une raréfaction significative du bois mort. Or ce n'est pas ce que l'on observe actuellement. Déjà en 2002, Bédard et Brassard ont documenté une mortalité élevée à la suite de coupes de jardinage.

À court terme, il y a donc lieu de croire que la disponibilité du bois mort est plus ou moins préoccupante. Toutefois, la tendance à la hausse des coupes partielles à fort prélèvement en remplacement de la coupe de jardinage renforce les appréhensions concernant la disponibilité de bois mort, car les effets de ces traitements sur la disponibilité de bois mort de gros calibre sont peu documentés.

En conséquence, les inquiétudes portent sur la valeur écologique du bois mort. À court terme, les craintes concernent évidemment la disponibilité du bois mort de gros (ou de très gros) calibre qui se raréfie rapidement ainsi que la présence de chicots lorsqu'ils sont systématiquement abattus par mesure de sécurité. À moyen et à long terme, les craintes portent sur le volume de bois mort (diminution de la biomasse) et sur un bris de continuité dans la disponibilité de bois mort à tous les stades de décomposition.

---

#### QUANTIFICATION ET SUIVI DES FORÊTS À STRUCTURE COMPLEXE (ÉCHELLE STRATÉGIQUE)

*Les composantes retenues pour qualifier la complexité structurale et suivre l'abondance des peuplements à structure complexe à l'aide des modèles utilisés pour le calcul des possibilités forestières sont la surface terrière totale et surface terrière totale en essence longévive. Cette intégration a permis de faciliter le traitement global des enjeux liés à la structure d'âge et aux structures complexe dans le cas des unités d'aménagement qui ont des strates forestières suivies par le critère de surface terrière. La recommandation sur l'aménagement est de maintenir et, si possible, d'augmenter la superficie de vieux peuplements à structure complexe sur l'horizon de planification. Les aménagistes pourront consulter le Cahier 2.1 concernant la typologie utilisée et les analyses recommandées.*

---

## 2.2 Solutions à l'enjeu

Compte tenu des écarts actuels par rapport à la forêt naturelle, et considérant les coûts qu'impliquerait une restauration à grande échelle de ces peuplements, il est nécessaire d'appliquer des actions locales qui permettent d'assurer la présence d'attributs clés qui sont associés aux peuplements à structure complexe lorsque les coupes partielles occupent une forte proportion de la stratégie d'aménagement.

La présence de ces attributs peut offrir un habitat à certaines espèces et remplir un rôle de connectivité entre des peuplements offrant des attributs de structure complexe. Ainsi, en travaillant à des échelles plus fines, les aménagistes peuvent appliquer des mesures de précaution complémentaires.

### 2.2.1 Maintien d'attributs structuraux clés dans la matrice forestière en intégrant des modalités aux traitements sylvicoles de coupes partielles

Les principaux attributs clés reconnus comme ayant une valeur importante pour plusieurs espèces forestières sont présentés.

#### a) Arbres morts ou moribonds

Depuis 2008, les marteleurs appliquent une mesure de rétention de legs biologiques en laissant sur pied des arbres à valeur faunique dans les traitements de coupes de jardinage. L'orientation ministérielle consiste à maintenir 1 m<sup>2</sup> à l'hectare d'arbres classés « M » dans le système « MSCR »<sup>1</sup>, tout en favorisant ceux de gros diamètre (idéalement > à 40 cm de DHP). Nous croyons qu'il est pertinent de maintenir cette approche, mais de l'adapter pour augmenter la valeur écologique de cette mesure et la diversité des legs biologiques. À cet effet, nous suggérons que les tiges « M » laissées sur pied soient associées à un code d'arbre refuge (AR ou code vert), comme cela est indiqué dans le tableau 12 du document *La carie des arbres* (Boulet et Landry, 2015). Cela conduirait à la prise en compte d'une plus grande variété de legs biologiques ciblés selon leur haute valeur écologique.

Il importe toutefois de faire une mise en garde. Le maintien des arbres moribonds ne devrait pas favoriser un prélèvement additionnel de tiges de belle venue et de bonne vigueur. Cette situation pourrait avoir un effet négatif sur la valeur des traitements sylvicoles et compromettre les efforts de restauration de la diversité structurale. L'objectif de cette mesure est surtout de s'assurer que le bois mort ou moribond laissé sur place a une grande valeur faunique.

#### b) Gros arbres vivants

Compte tenu que le rôle écologique des arbres moribonds et morts a une durée limitée pour certains organismes (par exemple, les arbres d'alimentation pour certaines espèces de pics sont presque exclusivement des arbres morts récemment; Nappi, Drapeau et Leduc, 2015), il est important d'assurer un recrutement de bois récemment mort dans le temps. Pour y arriver, une certaine quantité de gros arbres vivants doit être préservée. Ainsi, une cible de rétention de tiges

1. Système de classification des arbres fondé sur des catégories de défauts des arbres : M = arbre voué à mourir dans moins de 20 ans; S = arbre en perdition risquant de se dégrader, mais dont la survie n'est pas compromise d'ici 20 ans; C = arbre défectueux à conserver dont le bois n'est pas atteint par la carie; R = arbre sain et vigoureux à garder en réserve.



classées « C » et « R » (arbres à conserver et arbres en réserve) pourrait être appliquée dans les traitements de coupe partielle.

### c) Arbres vétérans (*supra canopy trees*)

Les arbres vétérans (super canopée) sont des arbres de très grandes dimensions ( $\geq 60$  cm) qui dominent largement le couvert moyen du peuplement. La présence de ces arbres crée un étagement de la végétation qui génère des conditions locales particulières. Ces arbres sont susceptibles de fournir des sites de nidification à plusieurs espèces d'oiseaux ou des perchoirs aux oiseaux de proie. À titre d'exemple, on rencontre quelquefois de grands pins blancs vétérans qui ont survécu aux différentes perturbations passées. Une attention particulière devrait être portée à certains de ces arbres pour maintenir leur présence dans les peuplements traités.

### d) Conifères épars dans des peuplements de feuillus tolérants

La présence de ces conifères introduit une irrégularité dans le couvert qui fournit une composante de l'habitat de certaines espèces. Environ 10 % des vertébrés utiliseraient ces arbres pour des raisons variées. Par exemple, la chouette rayée l'utilise comme site de repos durant le jour. Il est important de s'assurer qu'une quantité suffisante de ces arbres puisse persister dans des peuplements feuillus traités.

### e) Bouquets de structure complexe

Même si les peuplements à structure complexe sont généralement rares, la présence de bouquets d'arbres présentant ce type de structure dans des peuplements plus perturbés n'est pas inusitée. Le personnel de terrain pourrait mettre à profit la présence de contraintes opérationnelles pour favoriser le maintien de certains bouquets, en laissant en place des portions de peuplements plus difficiles d'accès ou en ne récoltant pas des zones au pourtour de bouquets carrément inaccessibles (agrandir des bouquets). On pourrait aussi profiter d'une synergie en accordant une protection à des milieux humides tout en maintenant les bouquets en place. Finalement, il faut envisager l'option de laisser quelques bouquets en place dans une proportion de peuplements traités en reportant leur traitement à une prochaine rotation.

## 2.2.2 Cibles de rétention dans le PAFI

Compte-tenu du fait que les états de référence provenant de la forêt naturelle sont absents ou très ponctuels pour la plupart des attributs clés, des cibles régionales pourraient être définies à partir des connaissances liées au besoin d'espèces sensibles pour assurer le maintien des rôles écologiques souhaités par ces mesures de rétention (voir le Cahier 7.2, [Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, à paraître]).

Certaines mesures proposées dans ce chapitre sont peu coûteuses en matière de possibilité forestière et peuvent même favoriser la rentabilité financière des opérations (ex. : cibles de tiges classées « M et S »). Il est donc facile d'envisager d'appliquer des cibles en rapport avec certains attributs de structure dans tous les traitements de coupes partielles.

Les efforts supplémentaires à consentir pour assurer le maintien des attributs clés et accélérer la restauration écologique au moyen de mesures de rétention dans les traitements sylvicoles pourront être dosés en fonction du résultat des analyses et des solutions retenues pour les autres enjeux écologiques. On pense particulièrement aux cibles de structure d'âge (incluant les vieux peuplements à structure complexe) par unité territoriale d'analyse (UTA), mais aussi aux cibles liées à la typologie des compartiments d'organisation spatiale (COS) proposées pour les

domaines bioclimatiques de la sapinière (voir le Cahier 3.2.1 [Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, à paraître]). Selon les états de situation actuels et visés pour chacun des enjeux, et les informations concernant la répartition spatiale des stratégies sylvicoles dominantes (coupes de jardinage, coupes progressives irrégulières, coupes partielles à fort prélèvement, coupes totales), il sera possible de déterminer les portions de territoires les plus à risques de subir des carences en attributs structuraux clés. Une réflexion régionale pourra alors être menée quant aux meilleurs moyens à mettre en place et aux meilleurs endroits, et ainsi répartir l'application des mesures de mitigation appropriées.

### Approche retenue pour répondre aux enjeux

#### Recommandations sur l'aménagement

- Maintenir minimalement 1 m<sup>2</sup> à l'hectare de tiges classées « M » et « S » de gros diamètre (si possible > 40 cm de DHP) dans les aires de coupe partielle.
- Intégrer des modalités de rétention d'attributs tels que des gros arbres morts ou moribonds, des gros arbres vivants, des conifères épars et des bouquets de structure complexe aux directives opérationnelles de certains traitements de coupes partielles.
- En fonction du résultat des analyses des autres enjeux, évaluer si des modalités supplémentaires sont requises pour le maintien d'attributs clés dans certains UTA ou COS. Le choix des attributs structuraux, les cibles à atteindre et les modalités de rétention à appliquer et, le cas échéant, à intégrer aux directives opérationnelles, pourraient notamment se baser sur les connaissances liées aux besoins d'espèces sensibles associées à ces attributs.

## CHAPITRE 3

# RARÉFACTION DES PEUPEMENTS À STRUCTURE COMPLEXE DANS LA FORÊT BORÉALE

Tel que présenté dans le premier chapitre, la dynamique naturelle de la forêt boréale fait en sorte que la structure interne des peuplements évolue avec le temps. Plus l'intervalle entre deux perturbations graves est long, plus les peuplements ont des chances de développer une structure complexe. Certes, la coupe avec protection de la régénération et des sols (CPRS) permet la protection efficace de la régénération mais, en général, ce type de coupe permettra la reconstitution d'une seule cohorte d'arbres qui formera un peuplement ayant une structure régulière. De plus, comme les révolutions forestières sont plus courtes que les cycles naturels de perturbation, les peuplements n'ont pas le temps de développer à nouveau une structure complexe<sup>1</sup>. Ainsi, le rythme de coupe, combiné à l'occurrence de perturbations naturelles graves, est susceptible de provoquer la raréfaction des peuplements à structure complexe à l'échelle du paysage. Cela constitue un écart par rapport à la forêt naturelle qui engendre une raréfaction d'attributs clé pour la biodiversité et qui pourrait affecter la résilience des forêts.

### 3.1 Analyse de l'enjeu

Les analyses proposées dans ce chapitre concernent les unités d'aménagement situées dans la forêt boréale (sapinière à bouleau blanc et pessière à mousses) et dont la majorité des strates forestières sont aménagées selon un régime sylvicole équienné. Dans ce cas, les attributs reconnus pour qualifier la complexité structurale (ex. : densité de gros bois) ne peuvent être modélisés dans le calcul des possibilités forestières et ne seront pas traités dans la planification stratégique. Les analyses devront donc reposer sur une analyse cartographique faite à partir des données écoforestières.

#### 3.1.1 État de référence

À partir de la connaissance des régimes de perturbations naturelles, il est possible de déduire la proportion de la superficie susceptible d'être occupée par des peuplements à structure complexe. Bien que cette déduction demeure une approximation, elle permet de poser un diagnostic valable afin de prendre cet enjeu en compte dans les PAFI.

Le registre des états de référence (Boucher et autres, 2011) statue sur ce paramètre et établit la proportion naturelle des peuplements ayant dépassé 200 ans, moment à partir duquel ils sont réputés posséder une structure complexe (Bergeron et autres, 1999). Cette donnée peut être validée par des reconstitutions historiques locales ou régionales lorsque celles-ci sont disponibles, par l'information contenue dans les PRDIRT ou par des études scientifiques.

À partir des données du registre, il est proposé de fonctionner par classes de proportion du territoire couvert par les peuplements à structure complexe dans la forêt naturelle (tableau 1). Cela permet d'offrir une image valable, malgré une certaine imprécision, en établissant des seuils

---

1. Il s'agit d'une tendance générale qui n'exclut pas la possibilité que certains peuplements conservent une structure régulière plus longtemps que d'autres ou, par ailleurs, que certains peuplements développent une structure complexe plus rapidement à la suite d'une mortalité irrégulière au moment de la perturbation initiale.

de probabilité à partir desquels les équipes de planification pourront mesurer un écart par rapport à la forêt naturelle.

Tableau 1 Classes de proportion du territoire couvert par les peuplements à structure complexe dans la forêt naturelle

| Classe      | Proportion du territoire (%) | Exemple régional |
|-------------|------------------------------|------------------|
| Occasionnel | < 25                         | Waswanipi        |
| Fréquent    | De 25 à 50                   | Péribonka        |
| Dominant    | > 50                         | Sept-Îles        |

La classe « Occasionnel » signifie que les peuplements à structure complexe étaient relativement peu abondants dans la forêt naturelle, comparativement à la classe « Dominant » pour laquelle ces peuplements occupaient la majeure partie du territoire.

### 3.1.2 Quantification des peuplements à structure complexe

Tel que cela est mentionné dans la description de l'enjeu (voir la section 2.1), il existe différentes façons de décrire la structure interne des peuplements. La distribution diamétrale des tiges en est une où l'on distingue les peuplements de structure régulière, irrégulière ou jardinée (distribution en « J » inversé). Cette typologie cerne une partie de la variété naturelle, mais d'autres aspects tels que l'étagement vertical du feuillage, la présence de trouées et la distribution des arbres morts doivent être considérés pour refléter toute la complexité biologique.

Il est aisé de visualiser intuitivement tous ces paramètres. Par contre, ils sont plus difficiles à décrire quantitativement, compte tenu du grand nombre de variables et des différentes échelles spatiales à considérer. Ce genre de préoccupation à propos de la structure, vue sous l'angle plus large de la biodiversité, est relativement récent au Québec et il n'existe pas encore de typologie claire et reconnue à ce sujet. Néanmoins, il est possible de procéder à une discrimination basée sur un ou plusieurs facteurs (structure diamétrale, étagement vertical ou hétérogénéité horizontale) pour distinguer les peuplements dont la structure est manifestement régulière des peuplements à structure plus complexe. Ainsi, pour qualifier rapidement l'état des peuplements, les critères d'interprétation présentés dans le tableau 2 peuvent être utilisés. Selon la disponibilité d'études ou de connaissances locales, ces critères mériteraient d'être raffinés. Lorsqu'un peuplement répond à au moins un de ces critères, il est jugé à structure complexe.

Tableau 2 Critères d'interprétation des peuplements à structure complexe pour la forêt boréale

| Critère                   | Caractéristique recherchée   |
|---------------------------|--|
| Structure diamétrale      | Irrégulière, jardinée (« J » inversé).   |
| Étagement vertical        | Obstruction visuelle moyenne à forte sur plus de 50 % de la superficie (voir les classes établies pour la méthode d'inventaire par points d'observation [Béland, 2008]). |
| Hétérogénéité horizontale | Les trouées <sup>a</sup> occupent plus de 25 % de la superficie.   |

a. Pour les besoins de l'analyse, une trouée correspond à une superficie renfermant moins de 50 m<sup>2</sup>/ha, calculée à partir d'un rayon d'une longueur d'arbre (~15 m), soit approximativement 700 m<sup>2</sup>.

À ce stade-ci de la planification, on recherche avant tout un diagnostic qui permette d'établir s'il existe un écart important quant à l'abondance des peuplements à structure complexe au sein de la forêt aménagée. **Les analyses sont donc de niveau tactique, en ce sens qu'elles doivent fournir un ordre de grandeur qui permette de statuer sur la présence d'un enjeu.** Une panoplie de sources de données, qui varieront en précision et en coût d'acquisition et de traitement sont disponibles pour quantifier l'enjeu. Toutefois, dans l'optique de minimiser les efforts tout en permettant de poser un diagnostic valable de l'état de la situation, on peut utiliser les données de la carte écoforestière. Celles-ci peuvent facilement être comptabilisées afin de fournir un état de situation au regard de l'abondance actuelle des peuplements à structure irrégulière<sup>1</sup> (tableau 3). Pour prévoir l'évolution de la situation à moyen terme et évaluer le recrutement potentiel de peuplements à structure irrégulière, il est possible de considérer les strates forestières vieilles, mais de structure régulière. La proportion des recrues situées dans les territoires qui contribuent aux indicateurs écologiques, mais qui ne sont pas inclus dans le calcul des possibilités forestières (pôle conservation), offriront possiblement une contribution nette au bilan des peuplements à structure complexe à moyen terme.

Tableau 3 Critères cartographiques (4<sup>e</sup> décennal) permettant de quantifier la proportion de peuplements à structure irrégulière et les recrues potentielles de peuplements à structure irrégulière

| Structure irrégulière                          | Recrues potentielles de structure irrégulière |
|--|---|
| Jeune peuplement irrégulier (JIR)              | 70 <sup>b</sup>                               |
| Vieux peuplement irrégulier (VIR)              | 90  |
| Peuplement de structure bisétagée <sup>a</sup> | 120   |
| Vieux peuplement inéquienne (VIN)              |   |

a. Classe d'âge double dont au moins la classe de 70, 90, 120 ou VIN.

b. Pour les domaines de la sapinière seulement, établis selon les seuils d'âge qui déterminent les vieux peuplements selon les domaines bioclimatiques (voir le Cahier 2.1).

1. Même si les peuplements de structure irrégulière peuvent être plus ou moins complexes, il s'agit de la variable la plus simple à utiliser pour estimer la proportion de peuplements à structure complexe à l'échelle d'une unité d'aménagement

## POUR ALLER PLUS LOIN...

Pour gagner en précision, il est possible de procéder à des analyses plus fines, intégrant les critères d'analyses présentés dans le tableau 1, qui permettraient d'inférer la probabilité que l'on trouve une structure irrégulière dans certaines strates cartographiques qui ne sont pas localisées comme telles dans la cartographie. Ces inférences pourraient être obtenues à partir de diverses sources d'information, telles que :

- les résultats des projets de photo-interprétation réalisés dans plusieurs régions pour orienter les prescriptions sylvicoles;
- la méthode d'inventaire par points d'observation (Béland, 2008), utilisée dans plusieurs régions, pour guider la prescription de coupes à rétention variable. Cet inventaire permet une caractérisation sur le terrain de la structure interne des peuplements. Les données recueillies pourraient rendre possible une validation continue des hypothèses du tableau 4, sans nécessiter un effort d'inventaire supplémentaire là où cette approche est appliquée;
- la méthode mise au point par Boucher, De Grandpré et Gauthier (2003) pour classer la structure interne des peuplements à partir des données de placettes-échantillons temporaires (PET). Cet outil pourrait aider à associer une distribution diamétrale à certaines strates de vieux peuplements;
- les données tirées des outils de télédétection tels le Lidar ou les nuages de points photogrammétriques pour caractériser la structure des peuplements;
- les données de compilations de la Direction des inventaires forestiers qui permettent d'effectuer des analyses détaillées à partir des caractéristiques des tiges (ex. : triangle des structures).

Les résultats obtenus pourraient être consignés dans un tableau à partir de l'expertise des forestiers de terrain et des résultats obtenus à partir des sources d'information disponibles (tableau 4).

**Tableau 4** Exemple de la proportion des strates de vieux peuplements à structure régulière et à structure complexe et leur superficie respective

| Strate de peuplements | Superficie (ha) | Proportion en structure régulière (%) | Superficie en structure régulière (ha) | Proportion en structure complexe (%) <sup>a</sup> | Superficie en structure complexe (ha) |
|-----------------------|-----------------|---------------------------------------|--|---|---------------------------------------|
| Strate 1              | 1 250           | 100                                   | 1 250                                  |   |                                       |
| Strate 2              | 2 500           |                                       |  | 100   | 2 500                                 |
| Strate 3              | 4 000           | 50                                    | 2 000                                  | 50  | 2 000                                 |
| Etc.                  |                 |                                       |  |   |                                       |
| <b>Total</b>          |                 |                                       |  |   |                                       |

a. Ici, c'est une probabilité de proportion de la strate qui possède une structure complexe.



### 3.1.3 Diagnostic

À partir des résultats obtenus quant à l'abondance des peuplements de structure complexe et en utilisant les mêmes unités de compilation que pour les enjeux liés à la structure d'âge des forêts (voir le Cahier 2.1), il est possible d'établir un état de la situation par UTA afin de poser un diagnostic à l'échelle du paysage.

Le tableau 5 présente un exemple de résultats pour une unité d'aménagement située dans la forêt boréale. Ces informations permettent de poser un diagnostic en catégorisant l'écart quant à l'abondance de forêts à structure complexe pour chacune des UTA et l'évolution de la situation à moyen terme. À l'échelle de l'unité d'aménagement, la proportion des UTA qui s'écartent considérablement des conditions naturelles permet de poser un jugement global sur la situation.

Tableau 5 Synthèse des informations permettant d'effectuer le diagnostic sur l'enjeu de la structure interne pour une unité d'aménagement (UA) située dans la forêt boréale et dont la proportion de peuplements à structure complexe est jugée « fréquente » (25 à 50 % du territoire) dans la forêt naturelle

| UTA | % des UTA   | % actuelle peuplement irrégulier | Écart <sup>a</sup> | Recrutement net potentiel de peuplements irréguliers <sup>b</sup> | Tendance prévue à moyen terme <sup>c</sup> | Priorité pour le déploiement d'actions sylvicoles |
|-----|---|----------------------------------|--------------------|---|--|---|
| 1   | 20  | 4,9                              | Grand              | 0,3   | À la baisse                                | Élevée  |
| 2   | 17  | 17                               | Modéré             | 0,3   | Stable                                     | Moyenne   |
| 3   | 20  | 19                               | Modéré             | 0,2   | À la hausse                                | Basse   |
| 4   | 15  | 7,7                              | Grand              | 0,2   | Stable                                     | Élevée  |
| 5   | 12  | 22,9                             | Modéré             | 0,2   | Stable                                     | Basse   |
| 6   | 16  | 20,5                             | Modéré             | 0,2   | À la baisse                                | Moyenne   |
| UA  | 35 % du territoire avec un grand écart par rapport à la forêt naturelle |                                  |                    |   |  |   |

a. L'écart a été jugé grand si la proportion de peuplements irréguliers était en deçà de 10%, il a été jugé modéré si la proportion de peuplements irréguliers était en deçà de 25%.

b. Évalué à partir de la proportion de vieux peuplements réguliers dans les territoires qui contribuent à mesurer l'état de situation mais qui ne sont pas aménagés (pôle conservation).

c. Évalué à partir des superficies de coupes prévues au cours des 5 à 15 prochaines années (basé sur les zones d'intervention potentielles déterminées ou sur le scénario de récolte le plus probable).

À partir de ces analyses, les équipes d'aménagistes sont appelées à poser un diagnostic qualitatif en statuant sur la situation de chacune des UTA de l'unité d'aménagement à l'égard de cet enjeu, ce qui les guidera dans l'élaboration de la stratégie d'aménagement.

- **L'écart est faible ou modéré et le demeurera.** Cet enjeu ne se pose pas et il n'y a pas d'action à mettre en œuvre. La priorité pour mettre en place des actions clés sur ce territoire est basse (ex. : UTA 2 et 5).
- **L'écart est faible ou modéré, mais il est susceptible de se creuser.** Il faut trouver les solutions et acquérir l'expertise pour un déploiement à grande échelle prochainement (d'ici 5 à 15 ans). La priorité pour mettre en place des actions clés dans le territoire est moyenne (ex. : UTA 2 et 6).

- **L'écart est grand et il reste peu d'endroits où les conditions de la forêt naturelle existent encore.** Il est urgent de circonscrire ces endroits et de mettre immédiatement en œuvre des pratiques permettant d'y maintenir des conditions naturelles. Ailleurs, il faut envisager des actions de restauration. La priorité pour le déploiement des actions clés est élevée (ex. : UTA 1 et 4).

Par la suite, une analyse plus fine devrait permettre de localiser les zones de concentration des forêts à structure complexe. Ainsi, dans les UTA où des opérations de récolte sont envisagées au cours des prochaines années, des analyses géomatiques devraient être réalisées afin que les peuplements à structure complexe soient localisés. Nous suggérons une analyse de la répartition spatiale intra-UTA de ces peuplements à partir des strates contenant ce type de peuplement. Cette analyse doit inclure toutes les superficies forestières productives, c'est-à-dire tant celles qui sont accessibles pour la récolte que celles qui ne le sont pas parce qu'elles se situent en terrain inaccessible ou qu'elles bénéficient d'une protection découlant d'une affectation territoriale particulière (aires protégées ou autres; pôle conservation). Les analyses géomatiques permettront de préciser le diagnostic, notamment dans le but de :

- **distinguer les patrons spatiaux de distribution.** Il peut être important de faire la distinction entre les cas où les peuplements à structure complexe sont concentrés et ceux où ils sont distribués de manière éparse. Cette information influencera grandement le choix de solutions selon les contraintes opérationnelles liées à la dispersion des efforts sylvicoles;
- **découvrir les meilleures options sylvicoles.** La localisation des zones où sont présents les peuplements à structure complexe permet de détecter les endroits où il est plus facile d'implanter des régimes sylvicoles de la futaie irrégulière. Par exemple, dans la forêt boréale cette information pourrait influencer le choix lors de la localisation des massifs de forêts pérennes aménagés;
- **relier l'information à celle des stations forestières.** En vue de faciliter l'utilisation du *Guide sylvicole du Québec* (Ministère des Ressources naturelles, 2013) et pour aider au choix des scénarios sylvicoles, un lien devrait être établi entre la présence des peuplements à structure complexe et les stations forestières où on les trouve principalement. La composition actuelle de ces peuplements est également un facteur essentiel à considérer dans le choix des scénarios sylvicoles.

### Approche retenue pour répondre aux enjeux

#### Recommandation sur l'aménagement

- Faire une analyse d'écart qualitative afin de déterminer les UTA qui sont en déficit de forêts à structure complexe et, le cas échéant, les zones prioritaires pour le déploiement de solutions sylvicoles visant le maintien ou la restauration de peuplements à structure complexe.

## 3.2 Solutions à l'enjeu

À partir du diagnostic établi lors de l'analyse de l'enjeu, les aménagistes seront en mesure de déterminer les UTA qui s'éloignent des proportions naturelles de peuplements à structure complexe. Le constat sur l'état actuel de même que la projection dans le futur de l'application de la stratégie d'aménagement en vigueur permettent de déterminer le statut d'une UTA et des recommandations sur l'aménagement sont formulées selon les différentes situations observées.

### 3.2.1 Échelle de l'UTA

#### a) L'écart est faible ou modéré et le demeurera

Dans le cas où l'écart est faible et que les projections ne permettent pas d'entrevoir une détérioration de la situation, l'enjeu ne se pose pas. Toutefois, afin de s'assurer que l'évolution de la situation – notamment le déploiement des coupes totales – n'entraînera pas une augmentation de cet écart, il est recommandé de maintenir une veille à l'égard de la raréfaction potentielle des peuplements à structure complexe dans ces UTA.

#### b) L'écart est faible ou modéré, mais il est susceptible de se creuser

Si l'écart est faible ou modéré, et qu'on prévoit que les interventions planifiées sur le territoire provoqueront une détérioration de la situation, il y a lieu de mettre des actions en place immédiatement. À défaut d'actions, l'écart augmentera davantage, au point où il pourrait s'avérer onéreux de rétablir la situation.

Lorsque l'écart est faible, mais qu'il est susceptible de s'accroître, deux situations peuvent se présenter lors de la planification forestière :

- Dans le cas où les interventions de récolte sont prévues dans des secteurs à l'intérieur desquels se trouve une concentration de strates qui possèdent actuellement une structure complexe, il faut tenter, dans la mesure du possible, de maintenir cette concentration et d'éviter les interventions qui en réduiront de façon importante la proportion. Pour ce faire, des solutions qui proviennent du régime sylvicole irrégulier sont à considérer.
- Quand des interventions sont envisagées dans des secteurs où les strates possèdent majoritairement une structure régulière, ces dernières peuvent être traitées à l'aide du régime sylvicole de la futaie régulière. Toutefois, pour compenser la perte de certaines superficies qui comportaient des peuplements à structure complexe, et dans l'optique de développer l'expertise et la capacité opérationnelle, il serait judicieux de prévoir le traitement d'une certaine proportion de ces strates à l'aide de scénarios sylvicoles qui permettent de recréer à moyen et à long terme les peuplements à structure complexe (ex. : conversion de structure, augmentation de la proportion de legs biologiques).

#### c) L'écart est grand et il reste peu d'endroits où les conditions de la forêt naturelle existent encore

Si peu d'endroits possèdent encore les conditions des paysages naturels, l'objectif est de bien les circonscrire afin de préserver, dans la mesure du possible, ces reliquats de la forêt naturelle. Pour éviter de dégrader davantage la situation, tout en permettant la récolte de matière ligneuse, il est impératif de prévoir des scénarios sylvicoles qui assureront le maintien de la structure complexe des peuplements traités dans ces secteurs. Le régime sylvicole de la futaie irrégulière est certes à privilégier dans ces circonstances.

**Évaluer le recrutement.** On devrait réaliser une analyse sommaire afin de porter un jugement sur le recrutement à court ou à moyen terme des peuplements à structure complexe dans le paysage avoisinant les dernières concentrations où des récoltes sont prévues. Est-ce que des superficies appréciables sont sur le point d'acquiescer les caractéristiques recherchées? Est-ce que plusieurs strates changeront de classe d'âge d'ici peu et seront susceptibles de posséder une structure complexe (ex. : 120 et VIN) Dans le cas où on anticipe un recrutement important à court terme, il est alors possible d'envisager les solutions suivantes :

- Ne pas intervenir dans les peuplements possédant les attributs recherchés pendant une certaine période (allongement de leur révolution). Cela donnera le temps aux autres peuplements à proximité de développer une structure plus complexe.
- Privilégier des coupes partielles lorsque la récolte doit absolument avoir lieu à court terme. Les coupes partielles maintiendront temporairement (pendant 20 ou 30 ans) la structure complexe des peuplements, le temps que les autres peuplements à proximité acquièrent cet attribut. Dans ce cas précis, les scénarios sylvicoles de coupe progressive irrégulière à régénération lente (CPIRL) en deux interventions permettent d'atteindre cet objectif.

Lorsque le recrutement anticipé s'avère plutôt marginal ou pourrait s'accomplir à plus long terme, il faut alors miser sur des coupes partielles qui maintiendront les peuplements actuels dans l'état souhaité. Dans ces circonstances, il faut compter sur les scénarios sylvicoles de coupe progressive irrégulière à couvert permanent (CPICP).

Il faut également envisager des actions de restauration de l'attribut raréfié, étant donné que l'écart est grand et qu'une partie importante du territoire comporte très peu ou pas de peuplements à structure complexe. À cet égard, deux voies semblent possibles.

- La première repose sur la conversion de la structure. On privilégiera alors la CPIRL en trois interventions.
- La deuxième mise sur la modulation de l'éclaircie commerciale. Lorsque des superficies appréciables deviennent admissibles à ce traitement, une occasion s'offre aux aménagistes pour favoriser l'émergence d'une structure plus complexe dans certains peuplements traités.

*Les solutions sylvicoles qui sont brièvement présentées ci-dessus sont expliquées dans l'annexe F du Cahier 2.1, en rapport avec la mise en œuvre d'un plan de restauration écologique.*

---

### LE BOIS MORT ET LES COUPES PARTIELLES...

*Les coupes partielles, notamment celles du régime sylvicole de la futaie irrégulière, offrent la possibilité de gérer la présence et le recrutement du bois mort. Toutefois, une attention particulière doit être accordée à certains attributs clés tels que les chicots de gros diamètre pour répondre aux besoins des espèces utilisatrices de cavités.*

*Des modalités qui visent la rétention d'attributs clés (ex. : tiges mortes de gros diamètre, arbres à cavité) et de bouquets susceptibles de contenir et de recruter ces attributs clés devraient être intégrés aux prescriptions sylvicoles et aux directives opérationnelles pour une certaine proportion des interventions par coupes partielles. Cette proportion pourrait être modulée selon les résultats des analyses d'écart effectuées pour les enjeux liés à la structure d'âge et à la structure complexe.*

---

### 3.2.2 Échelle de l'unité d'aménagement

Dans les territoires où l'écart est grand pour une proportion importante, il faut rapidement envisager des actions de restauration comme celles qui sont présentées dans la section précédente, et ce, en quantité suffisante pour créer des changements significatifs dans le paysage. Il est fort probable que l'unité d'aménagement soit également en situation de restauration de la structure d'âge des forêts. Les actions à poser devraient donc être intégrées dans un plan de restauration écologique global à l'échelle de l'unité d'aménagement. Le MFFP et la table locale de gestion intégrée des ressources et du territoire (TLGIRT) devrait alors convenir des modalités du plan de restauration écologique qui permettra le retour de ces attributs écologiques dans les meilleurs délais possible.

### 3.2.3 Cibles visées et lien avec les actions clés

Fixer des cibles précises en ce qui concerne la superficie des peuplements à structure complexe à maintenir aux différentes échelles spatiales s'avère un exercice complexe et délicat. Les données sur la forêt naturelle pour cet attribut sont approximatives, et les états de la situation actuelle comportent leur part d'imprécision. Toutefois, les aménagistes sont capables de poser un jugement sur l'urgence d'agir dans certaines situations et sur l'ampleur des efforts à consentir selon les différentes échelles spatiales analysées. Les recommandations sur l'aménagement, énoncées précédemment, comportent des cibles qualitatives qui sont susceptibles de guider les aménagistes dans l'énoncé d'orientations pour chacune des UTA, puis dans la traduction de ces orientations à l'échelle de l'unité d'aménagement, de manière à confirmer une réduction de l'écart avec la forêt naturelle en ce qui a trait à l'enjeu de structure interne.

Pour ce qui est des cibles quantitatives à intégrer dans le PAFI tactique (PAFIT), nous croyons que l'approche des actions clés décrite dans le Cahier 1.0 (Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, 2015a) est utile dans le présent cas. Nous savons qu'une bonne partie de la solution passe par la réalisation d'un plus grand nombre de coupes partielles dans le régime de la futaie irrégulière.

Maintenant, combien de coupes progressives irrégulières faut-il planifier? La réponse dépendra d'une foule de facteurs, dont ceux-ci :

- **Le résultat du diagnostic sur l'état actuel au regard de l'enjeu de structure interne.**
- **La synergie avec les autres enjeux écologiques.** Les cibles quantitatives liées à l'enjeu de la structure d'âge sont certainement l'élément le plus important à considérer.
- **La synergie avec les besoins d'harmonisation sociale.** Ces besoins peuvent aussi nous fournir des indications sur les cibles à atteindre. Les zones de conflits d'usage sont souvent connues, et il est possible d'y appliquer des solutions sylvicoles de compromis.
- **Le lien avec les autres enjeux sylvicoles, comme la question de la régénération des peuplements et celle des flux de bois.** Il existe bien d'autres raisons que la structure interne des peuplements pour justifier l'usage de coupes progressives irrégulières dans certaines circonstances.
- **L'expérience tirée de la période de planification précédente.** Les cibles établies lors de la précédente période seront-elles atteintes? Si non, pourquoi? Est-ce que l'expertise développée permet d'augmenter l'effort?

Bien entendu, la coupe progressive irrégulière n'est pas la seule solution aux enjeux liés à la structure interne de peuplements et au bois mort. Même si on en fait une action clé, on doit aussi tenir compte des autres solutions disponibles, parmi lesquelles se trouvent les forêts de conservation, l'allongement des révolutions à certains endroits ou l'utilisation d'autres traitements sylvicoles (comme les modulations de l'éclaircie commerciale). Ces autres actions peuvent elles aussi faire l'objet d'engagements ponctuels selon les situations locales.

### Approche retenue pour répondre aux enjeux

#### Recommandation sur l'aménagement

- En considérant les diagnostics concernant l'ensemble des enjeux écologiques du territoire, les enjeux de nature sylvicole, ceux liés à l'harmonisation sociale ainsi que la capacité opérationnelle locale, déterminer une cible locale appropriée de coupes associées au régime de la futaie irrégulière.



## CHAPITRE 4

# CARENCES EN LEGS BIOLOGIQUES DANS LES COUPES TOTALES

Lors de perturbations naturelles, selon la nature, l'intensité ou le patron spatial de la mortalité, une certaine proportion des arbres survit à court, à moyen ou à long terme. On n'a qu'à penser aux îlots épargnés par les feux, aux arbres qui résistent au passage du feu ou aux espèces non hôtes lors d'épidémies d'insectes. Ces arbres représentent des legs importants sur le plan écologique puisqu'ils permettent la continuité de plusieurs processus écologiques en début de succession (ex. : les legs servent de refuge à plusieurs espèces en vue de la colonisation des sites après une perturbation). Ils constituent aussi un legs structural important en permettant de conserver une certaine irrégularité verticale et horizontale à court terme et en accélérant le développement



d'une structure plus diversifiée dans le futur peuplement (structure diamétrale, verticale et horizontale plus complexe ainsi que recrutement de bois mort). À cela s'ajoutent les arbres morts (chicots) laissés par les perturbations naturelles qui contribueront aux processus de régénération et de nutrition des sols forestiers. Sans nécessairement engendrer des peuplements à structure complexe, les legs biologiques constituent des attributs importants à conserver dans la forêt aménagée.

Tout comme les perturbations naturelles de grande ampleur, telles que les feux, les grands chablis ou les épidémies graves, les coupes totales ramènent le peuplement au stade de régénération. Cependant, la récolte systématique de toutes les tiges marchandes, les efforts pour éviter le « gaspillage » de matière ligneuse de même que l'abattage ou le renversement des chicots tendent à réduire la quantité de legs biologiques sur les aires de coupe.

Afin de répondre à cet enjeu dans les PAFI, ce chapitre aborde succinctement les caractéristiques des legs biologiques dans la forêt naturelle et l'efficacité de la rétention de legs dans un contexte sylvicole. On y présente ensuite le déploiement des coupes à rétention variable, une action clé qui permet de réduire l'écart entre les perturbations graves et les modalités de récolte pas coupes totales usuelles. Sont également présentés les principes d'une analyse de carence en legs biologiques qui permet d'optimiser l'atteinte d'une cible régionale de rétention variable en tenant compte des legs générés par des contraintes opérationnelles.

## 4.1 Analyse de l'enjeu

Cette section présente le cadre de réflexion entourant les analyses à effectuer pour aborder l'enjeu lié aux legs biologiques dans les coupes totales. Elle situe l'échelle d'analyse ainsi que les aspects à prendre en considération (écologique, opérationnel et économique) pour déterminer la quantité et le type de rétention à planifier de manière à maximiser l'efficacité des actions. Enfin, le principe de l'analyse de carence est présenté.

### 4.1.1 Échelle spatiale visée pour aborder l'enjeu

Avant d'analyser les aspects relatifs aux legs biologiques, il est important de bien situer l'échelle spatiale à laquelle il convient d'évaluer l'état de situation. Les perturbations naturelles façonnent le territoire à diverses échelles de perception et la rétention de structures résiduelles se planifie, elle aussi, à différentes échelles spatiales. À l'échelle du paysage (ou de la perturbation) des forêts résiduelles sont présentes en quantité variables selon l'intensité de la perturbation. Les modalités proposées par le biais des enjeux liés à l'organisation spatiale des forêts encadrent la rétention à cette échelle de perception (voir le Cahier 3.1.1 [Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, 2015b] et le Cahier 3.2.1 [Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, À paraître]). À une échelle plus fine, des éléments structuraux de plus faible superficie, dispersés ou regroupés, constituent des legs biologiques qui devront être planifiés à l'intérieur même des aires de coupe. Dans le cas de la présente analyse, nous nous concentrerons donc sur la rétention permanente<sup>1</sup> d'arbres ou de bouquets d'arbres au sein même des aires de coupe, en sus des forêts résiduelles planifiées en vertu des modalités de répartition spatiale. Il est important de mentionner que la présence de ces forêts résiduelles risque d'influencer l'efficacité des legs biologiques laissés dans des aires de coupe à perpétuer certains processus écologiques en augmentant la connectivité entre les legs et la forêt environnante.

### 4.1.2 Legs biologiques dans les perturbations graves

Plusieurs études ont permis de documenter le phénomène des legs biologiques à la suite de perturbations graves. Les legs de bois mort sont présents pratiquement sur l'ensemble de la superficie perturbée tandis que ceux constitués de bois vivant ou partiellement touchés sont présents en quantité et sous des formes très variables, selon le type de perturbation, son intensité locale et la nature des peuplements touchés (voir l'avis du Centre d'étude de la forêt [2008], pour une revue des études dans le cas des feux).

En raison de la forte variabilité de situation que génèrent les perturbations naturelles à l'échelle spatiale convoitée, il est difficile de faire ressortir des tendances générales qui permettent de faire une analyse d'écart à proprement parler. Il semble toutefois évident que les coupes totales laissent systématiquement moins de legs biologiques que la majorité des situations observées après une perturbation naturelle grave, où les arbres morts sont généralement très abondants. Dans ces circonstances, il est plus prudent de chercher à maximiser les legs dans les peuplements récoltés, en favorisant les synergies avec les autres enjeux écologiques (structure d'âge, organisation spatiale et composition), ainsi que certains enjeux de nature opérationnelle.

1. La notion de permanence est importante. Les legs biologiques sont appelés à jouer des rôles écologiques pour toute la durée de vie du prochain peuplement. Quoiqu'il soit pertinent, le maintien temporaire d'une forêt résiduelle ne peut être associé à la notion de legs biologiques.



### 4.1.3 Efficacité des legs biologiques dans un contexte sylvicole

De nombreuses publications scientifiques se sont penchées sur l'efficacité de différents niveaux de rétention à atteindre les objectifs de maintien des rôles biologiques attendus, tel que le maintien d'une diversité d'espèces associées au stade évolutif de vieux peuplement. La littérature actuelle pointe vers le fait que 5 à 10 % de rétention, à l'échelle du peuplement, est une proportion minimale à maintenir afin que le rôle fonctionnel des legs biologiques soit rempli (Gustafsson et autres, 2012). Bien que la rétention de tiges éparses soit utilisée par plusieurs espèces, la rétention de bouquets s'avère plus efficace pour répondre aux besoins des espèces qui sont sensibles aux variations microclimatiques telles que les bryophytes (Rudolphi et autres, 2014). La rétention d'une diversité de configuration est donc à préconiser. Cependant, à ce jour peu d'études ont abordé les synergies qui pourraient exister entre l'effet des conditions forestières présentes à des échelles spatiales plus vastes, sur la rétention minimale requise pour atteindre maintenir les espèces qui utilisent les attributs structuraux visés. On peut toutefois poser l'hypothèse que, plus la structure d'un paysage (par exemple, un COS) est régulière ou altérée, plus le rôle et le niveau de rétention requis pour maintenir les processus écologiques liés aux legs biologiques devrait être important.

## 4.2 Solutions à l'enjeu

Au moment de la préparation du PAFIT, le travail consiste essentiellement à établir une cible générale de coupes à rétention variable qui permet d'établir le volume de bois à soustraire de la possibilité forestière en vue du déploiement de ces actions au moment de la planification opérationnelle. Le PAFIT est aussi l'occasion de formuler un engagement à poursuivre l'application d'une approche par analyse de carence à l'étape du PAFI opérationnel (PAFIO) et lors du processus de prescription prévu dans le *Guide sylvicole du Québec* (Ministère des Ressources naturelles, 2013). Le PAFIT devrait aussi donner des orientations aux sylviculteurs pour que ceux-ci s'engagent dans un processus d'amélioration afin de mettre au point des modalités de rétention qui seront mieux adaptées aux écosystèmes locaux et à leur dynamique. Pour ce faire, ils pourront s'inspirer des legs biologiques observés dans les perturbations naturelles telles qu'elles se manifestent régionalement ou des besoins d'espèces sensibles à l'aménagement forestier. Dans leur réflexion, les sylviculteurs devraient viser à atteindre les objectifs de la rétention variable (voir le Cahier 1.0) tout en veillant à :

- établir des liens avec les autres enjeux écologiques, notamment les enjeux relatifs à la composition végétale (ex. : en favorisant le maintien d'espèces en difficulté et l'ensemencement des aires de coupe par les arbres laissés sur pied);
- favoriser la persistance des legs en cherchant à réduire la vulnérabilité des peuplements aux insectes défoliateurs et les risques de chablis;
- lorsque pertinent et documenté, tenir compte des carences généralement observées dans les legs résultant de contraintes opérationnelles ou économiques.

### Une action clé...

Dans toutes les unités d'aménagement où les coupes totales occupent une place importante en matière de stratégie sylvicole, le déploiement d'une approche par analyse de carence et la mise en place d'un processus de définition de modalités de rétention devraient faire l'objet d'une action clé inscrite dans les fiches Valeurs, objectifs, indicateurs et cibles (VOIC). Lorsque, pour une raison ou une autre, aucune analyse de carence n'a pu être réalisée, il est recommandé de prévoir

davantage de coupe à rétention variable que la cible minimale proposée, par principe de précaution.

Dans toutes les unités d'aménagement où les coupes totales ou les coupes finales associées aux coupes progressives occupent une place moins importante en matière de stratégie sylvicole, des efforts de rétention doivent aussi être envisagés lorsque des coupes finales sont planifiées.

#### 4.2.1 Cibles locales de rétention

Comme les legs biologiques sont susceptibles de jouer des rôles écologiques importants dans la résilience des forêts récoltées, les aménagistes chercheront idéalement à en assurer la présence et l'efficacité dans la plupart des aires de coupe totale. Cela pourrait constituer un objectif général vers lequel les PAFI devraient tendre. Toutefois, un tel objectif requiert des efforts qu'il importe de bien doser, selon une approche de prudence raisonnable et en fonction des coûts associés à la planification et à la réalisation des travaux sylvicoles, de même que des coûts liés au maintien de bois marchand sur les aires de coupe. Dans ce contexte, l'approche préconisée par le MFFP consiste à proposer une cible qui fixe un niveau minimal de coupes à rétention variable, puis à prendre en compte les legs biologiques « opérationnels », en évaluant au préalable leur contribution écologique. En se basant sur les résultats de l'analyse de carence en legs biologiques, les aménagistes pourront évaluer leur capacité à augmenter la cible globale, le type de rétention à favoriser de même que les endroits à prioriser pour le déploiement des efforts de rétention, de manière à optimiser le coût et l'efficacité de ces mesures.

##### Une cible globale à moduler...

Un seuil de 20 % de coupes à rétention variable qui comprend des modalités de rétention d'au moins 5 % du volume marchand devrait servir de cible quantitative globale à moduler de façon variable (type et niveau de rétention). Il n'est pas souhaitable d'avoir partout le même degré de rétention; certaines coupes à rétention variable devraient avoir un degré de rétention plus élevé, à l'exemple de ce qui se fait ailleurs en Amérique du Nord.

Globalement, les cibles devraient permettre d'assurer la présence de legs biologiques dans la majorité des chantiers de coupes totales. Le seuil de 20 % de coupes à rétention variable qui comprend des modalités de rétention d'au moins 5 % du volume marchand devrait être donc considéré comme un niveau plancher qu'il faut chercher à améliorer en considérant les éléments suivants :

- la rareté des legs opérationnels. Lorsque les legs opérationnels sont particulièrement rares, il faudrait bonifier les cibles de rétention pour pallier le problème;
- la proportion de coupes totales prévue dans le paysage (COS);
- l'utilisation des coupes à rétention variable pour répondre à d'autres enjeux écologiques. Dans certains cas, la cible de rétention sera augmentée pour tenir compte d'un autre enjeu écologique, comme la composition végétale;
- la capacité des coupes à rétention variable à atténuer l'impact visuel en réponse à des préoccupations d'acceptabilité sociale;
- la mesure des conséquences des choix de cibles additionnelles de rétention sur les possibilités forestières.

Il est important de rappeler que le travail d'implantation de coupes à rétention variable a été amorcé lors de la mise en œuvre des plans généraux d'aménagement forestier de 2008-2013. Avec les PAFI de 2018-2023, le MFFP en est à la troisième période d'application. Il faut donc

continuer d'améliorer la prescription des modalités de rétention, notamment par l'analyse des carences en legs biologiques et par l'adaptation régionale et locale des traitements (annexe D). Il faut aussi envisager un plein déploiement de ces pratiques de manière à augmenter la performance environnementale des coupes totales pratiquées au Québec. La détermination de cibles locales devrait donc s'inscrire dans ce processus d'amélioration continue.

---

## SOLUTION GLOBALE EN MATIÈRE DE RÉTENTION DE STRUCTURES RÉSIDUELLES

*La solution globale pour assurer le maintien des processus écologiques liés aux structures résiduelles après une perturbation naturelle repose sur trois objectifs qui sont pris en compte de façon intégrée lors de l'application de l'approche par enjeux et solution liée aux différents enjeux écologiques.*

- **Assurer une rétention de structures résiduelles à toutes les échelles spatiales de planification.** À l'échelle de l'UTA, des cibles de structures d'âge sont établies de manière à assurer une répartition spatiale des stades de développement à l'échelle de l'unité d'aménagement (voir le Cahier 2.1).

*À l'échelle du COS des modalités de répartition spatiale sont définies pour assurer le maintien et la connectivité de forêts résiduelles au sein des agglomérations de coupes totales (voir le Cahier 3.1.1 et le Cahier 3.2.1 [À paraître]).*

- **Assurer une rétention efficace à l'échelle de l'aire de coupe totale.** Un seuil minimal de 5 % du volume marchand est nécessaire pour être considéré comme efficace du point de vue de la rétention de legs biologiques. Cette rétention doit être représentative en matière de composition et de structure du peuplement présent avant la récolte.
  - **Tenir compte du contexte forestier (autres enjeux écologiques, degrés d'altération) et opérationnel afin de répartir et de moduler le niveau de rétention dans l'unité d'aménagement.** Compte tenu que la rétention permanente a un coût économique important et qu'il peut être difficile d'en planifier dans toutes les aires de coupe, il faut veiller à prioriser la répartition de cette rétention là où les bénéfiques seront les plus criants, par exemple, dans des concentrations de coupes totales et là où des enjeux liés à la raréfaction des essences ont été déterminés.
- 

### 4.2.2 Analyse de la carence en legs biologiques

Puisque la rétention permanente a un coût économique, il est opportun de tenir compte du fait que des contraintes de nature opérationnelle font en sorte qu'à certains endroits il y a des legs biologiques dans les coupes totales, sans que ceux-ci n'aient été planifiés en raison d'un enjeu écologique. Il arrive en effet que des portions de peuplements ou des arbres soient laissés sur place en quantité variable lors des opérations de récolte à cause de contraintes opérationnelles comme la présence de fortes pentes, d'accidents de terrain ou de zones humides. Dans d'autres cas, des contraintes économiques rendent certains peuplements, ou des portions de ceux-ci, très coûteux à récolter. Des choix économiques peuvent alors conduire au maintien en permanence d'une forêt résiduelle en quantité variable. Dans les deux cas, il en résulte la présence de legs « opérationnels » qui peuvent parfois jouer les rôles écologiques normalement attendus des legs biologiques.

« opérationnels » qui peuvent parfois jouer les rôles écologiques normalement attendus des legs biologiques.

Pour anticiper la contribution de ces legs opérationnels, une analyse qui cherche à déterminer les conditions dans lesquelles ces legs sont rares pourrait permettre de prescrire des actions permettant de combler les manques constatés. Une méthode quantitative permettant d'évaluer le degré de rétention dans les aires de coupe où aucune rétention variable n'est planifiée a été développée à partir de photographies aériennes prises après les interventions de coupes totales. Cette méthode est présentée de façon détaillée à l'annexe C. Son application devrait permettre de poser un diagnostic suffisant pour évaluer la contribution des legs biologiques « opérationnels » dans la prise en compte de cet enjeu dans les PAFI. Mentionnons que des développements sont en cours afin d'adapter la méthode à l'aide de la technologie LIDAR.

L'objectif de cette analyse consiste à classer les aires de coupe, déjà réalisées, selon un degré de rétention de legs opérationnels observé dans des conditions usuelles d'opération. Étant donné que cet exercice contribuera à bien doser les efforts de déploiement des coupes à rétention variable, des classes ont été établies pour faciliter le jugement en vue de la prescription sylvicole (tableau 6).

Pour être en mesure de qualifier le degré de rétention, il faut comptabiliser toutes les superficies incluses dans l'aire de coupe totale qui ont été laissées intactes lors des opérations. Il peut s'agir de bouquets d'arbres, d'îlots non récoltés ou de peuplements enclavés non récoltés. Il importe de retrancher de cette analyse les superficies susceptibles d'être récoltées dans un avenir rapproché, car ces superficies représentent des legs temporaires qui ne sauraient jouer pleinement leur rôle pendant toute la durée de la prochaine révolution. Les superficies laissées intactes qui sont comptabilisées sont comparées à la superficie totale analysée, ce qui permet d'estimer la proportion occupée par les legs biologiques de nature opérationnelle. À partir de ces classes, les forestiers de terrain seront appelés à se prononcer sur la fréquence de chacune de ces situations ainsi que sur leur emplacement probable sur le territoire.

Tableau 6 Degrés de rétention observés dans les conditions usuelles d'opération des coupes totales

| Degré de rétention | Caractéristique des legs   | Besoin de rétention  |
|--------------------|--|--|
| 1. Legs absents    | Les legs morts (chicots d'arbres marchands) sont occasionnels ou rares. Il n'y a que très peu de legs vivants (< 5 %). | Ces aires de coupe mériteraient l'application de prescriptions de rétention variable.  |
| 2. Legs présents   | Les legs morts sont encore présents et il y a des legs vivants (de 5 à 10 %).  | Ces aires de coupe mériteraient que soit prescrit un complément de rétention pour corriger certaines lacunes en matière de composition, de localisation ou de configuration. |
| 3. Legs abondants  | Les legs morts et vivants sont fréquents (> 10 %), bien distribués et représentatifs sur le plan de la composition.    | Il n'y a aucun besoin de prescrire de la rétention.  |

---

## LES LEGS BIOLOGIQUES DANS LES CPRS

*Dans le cadre du développement de la méthode permettant de quantifier les legs biologiques dans les aires de coupe, un jeu de données comprenant plus de 17 000 ha de superficies traitées en CPRS sans rétention variable planifiée répartie dans la majorité des régions forestières a été utilisé. L'analyse de ces données a permis de faire les constats suivants.*

- *Des legs dispersés étaient présents dans 78 % des aires de coupe, toutefois, ils représentaient moins de 1 % des superficies traitées (degré de rétention 1).*
- *La majorité des aires de coupe analysées avaient moins de 1,5 % de volume résiduel sous forme de legs regroupés suivant la récolte.*
- *Lorsqu'il y avait des legs regroupés, ceux-ci étaient principalement causés par des pentes fortes ou du microrelief entravant le passage de la machinerie.*
- *Les legs n'étaient généralement pas représentatifs du peuplement d'origine sur le plan de la composition forestière.*

*Il ressort de cette analyse que les legs « opérationnels » offrent une contribution relativement faible pour optimiser les efforts de rétention en legs biologiques. Cependant, il se peut que ceux-ci y contribuent de façon plus substantielle localement. Cela devra toutefois être appuyé par une analyse de carence locale bien documentée si les aménagistes souhaitent s'appuyer uniquement sur les legs opérationnels pour assurer une rétention minimale.*

---

### Approche retenue pour répondre aux enjeux

#### Recommandation sur l'aménagement

- Planifier un minimum de 20 % de coupes à rétention variable ayant des modalités de rétention d'au moins 5 % du volume marchand.





## CHAPITRE 5

# SIMPLIFICATION ET UNIFORMISATION DE LA FORÊT DE SECONDE VENUE

En rapport avec l'enjeu concernant la raréfaction des forêts à structure complexe, il est pertinent de s'interroger sur l'état actuel des forêts de seconde venue. Si les coupes totales ou les CPRS sont susceptibles de recréer des forêts à structure régulière, celles-ci peuvent tout de même présenter un certain degré d'irrégularité. Cela est particulièrement vérifiable dans le cas des forêts issues de coupes effectuées en utilisant les méthodes de récolte à sentiers espacés. Par contre, l'application de traitements d'éducation à grande échelle risque d'avoir amplifié la simplification et l'uniformisation de la structure interne de ces forêts de seconde venue.



Même si les traitements d'éducation sont pertinents pour maintenir la composition désirée et maîtriser adéquatement la végétation concurrente, plusieurs appréhensions ont été soulevées à l'égard de leurs répercussions sur la biodiversité (Bujold et autres, 2004). Pensons, par exemple, à l'homogénéisation de la densité des tiges et de leur répartition spatiale, à la simplification de la structure verticale, à la diminution du couvert latéral, à la raréfaction des arbres fruitiers ou à la raréfaction des stades de gaulis denses. Ces situations sont susceptibles d'avoir des répercussions à court terme sur la faune (en particulier sur les espèces gibiers) et à plus long terme sur la biodiversité.

Comme il pourrait être long et coûteux d'entreprendre un exercice de description détaillée – cela pourrait notamment exiger des inventaires sur le terrain –, il est préférable de s'en tenir à une description générale de la situation dans les PAFI. L'analyse de cet enjeu devrait donc essentiellement servir à :

- évaluer l'ampleur et l'emplacement des traitements d'éducation effectués;
- détecter les paysages qui pourraient nécessiter des mesures de mitigations et des actions de restauration de la diversité structurale des peuplements de seconde venue.

### 5.1 Analyse de l'enjeu

L'analyse du territoire devrait servir à trouver les portions d'unités d'aménagement composées principalement de peuplements ayant fait l'objet de traitements d'éducation. En utilisant la carte écoforestière à jour, les aménagistes compilent les superficies traitées en éclaircie précommerciale, en dégagement et en nettoyage (peuplements naturels et plantations), dans les peuplements aux stades de gaulis. Par la suite, il s'agit de comparer ce résultat à la superficie forestière productive totale de peuplements correspondant à ce stade (classe d'âge de 10 ou



30 ans)<sup>1</sup>. Le calcul s'effectue pour chacune des unités territoriales de référence (UTR) ou chacun des compartiments d'organisation spatiale (COS). Cela permet d'établir la proportion des peuplements ayant fait l'objet de traitement d'éducation.

Selon les cas, lorsque les répercussions à long terme sont jugées moins élevées, par exemple dans le cas d'unités d'aménagement faiblement altérées et où le recours à scénarios sylvicoles intensifs est limité, il peut être pertinent de dresser le bilan pour les superficies ayant subi des traitements d'éducation récents, afin de mesurer l'impact potentiel sur la faune car les effets négatifs sur la petite faune sont de courte durée. En général, les peuplements traités redeviennent de bons habitats cinq ans après l'intervention (Blanchette et autres, 2003 et 2010). Cette période de temps peut être adaptée selon les connaissances régionales liées aux effets des traitements d'éducation sur la faune.

En vue de compléter l'analyse pour établir le diagnostic de la situation par UTR ou par COS, les résultats peuvent être compilés de façon similaire à l'exemple présenté dans le tableau ci-dessous.

Tableau 7 Exemple de calcul de la proportion des UTR ou des COS maximales touchées par des traitements d'éducation

| UTR<br>ou COS | Superficie forestière<br>productive de jeunes<br>strates forestières (ha) |                  | Superficie des traitements<br>d'éducation réalisés (ha) |                  | Proportion maximales (%) |                  |       |
|---------------|---|------------------|---|------------------|--------------------------|------------------|-------|
|               | Classe<br>10 ans  | Classe<br>30 ans | Classe<br>10 ans  | Classe<br>30 ans | Classe<br>10 ans         | Classe<br>30 ans | Total |
| 1             | 1 600   | 5 000            | 800   | 3 000            | 50                       | 60               | 58    |
| 2             | 6 250   | 500              | 3 310   | 350              | 53                       | 70               | 54    |
| 3             | 1 200   | 10 000           | 96  | 3 600            | 8                        | 36               | 33    |

Cette analyse devrait comporter un nombre suffisant de détails pour poser un des diagnostics suivants.

- **Il n'y a pas d'UTR ou de COS où le taux de traitement dépasse les 50 %.** Le taux de traitement ou la dissémination des travaux passés font en sorte que cet enjeu ne se pose pas dans l'unité d'aménagement, à moins que d'autres travaux d'éducation soient prévus dans les prochaines années.
- **Il y a des UTR ou des COS où le taux de traitement s'approche ou dépasse les 50 % et des traitements d'éducation sont envisagés à court terme.** Des mesures de mitigation ou des actions de restauration devront être définies pour éviter d'aggraver la situation.

Une fois que ces premiers constats auront été faits, les équipes d'aménagistes pourraient souhaiter aller un peu plus loin dans leur compréhension de la situation afin d'élaborer des solutions adaptées au contexte local et réalistes sur le plan opérationnel. À cet effet, les aménagistes peuvent effectuer une analyse géomatique plus approfondie dans les UTR et les COS les plus problématiques (ceux dont le taux de traitement est plus ou moins égal à 50 % ou dépasse ce pourcentage) afin d'y déceler les endroits où se trouvent des concentrations de peuplements éduqués. Cette analyse fournira également les endroits qui renferment des

1. Pour plus de précision, l'analyse pourrait aussi être faite à partir du temps depuis l'année de la perturbation (coupe) et varier selon les régions.

peuplements susceptibles d'être traités à court terme. Ces éléments permettront d'orienter les choix sylvicoles afin de ne pas aggraver la situation en ce qui a trait à la simplification et à l'uniformisation de la forêt de seconde venue.

## 5.2 Solutions à l'enjeu

Étant donné les appréhensions soulevées à l'égard des répercussions des traitements d'éducation appliqués à la forêt de seconde venue sur la biodiversité, les aménagistes viseront idéalement à ne pas planifier des traitements qui occasionneraient une simplification et une uniformisation de l'ensemble des jeunes strates issues de coupes totales ou de coupes finales associées à un scénario de coupes progressives régulières. Cela pourrait constituer l'objectif général à atteindre dans les PAFI.

L'orientation générale préconisée dans le *Guide sylvicole du Québec* (Ministère des Ressources naturelles, 2013) concernant les traitements sylvicole effectués au stade de gaulis est de resserrer les conditions dans lesquelles se ferait l'éclaircie précommerciale systématique : choix de types écologiques, indice de qualité de station minimal, etc. De plus, les analyses économiques qui seront effectuées lors de l'élaboration de la stratégie d'aménagement pour les divers scénarios sylvicoles envisagés établiront des priorités quant aux scénarios les plus rentables selon le budget sylvicole disponible. En fonction de ces aspects, l'ampleur des superficies traitées par éclaircie précommerciale systématique est susceptible de diminuer progressivement dans les stratégies d'aménagement. Par ailleurs, des traitements ayant été peu utilisés par le passé, tels que le dépressage ou le dégagement-nettoieement, ont commencé à prendre de l'ampleur. Lorsqu'ils sont appliqués, ces derniers auraient potentiellement moins d'effets sur l'uniformisation de la forêt de seconde venue, étant donné l'absence de préoccupation formelle quant à l'espacement entre les tiges résiduelles. Toutefois, la structure et la densité du peuplement résultant de ces traitements peut varier considérablement selon les caractéristiques initiales des peuplements et les modalités inscrites dans la prescription sylvicole. D'ici à ce que l'effet de ces nouveaux traitements sur les variables critiques d'habitats des espèces fauniques soit mieux documenté, il demeure judicieux de prendre certaines précautions pour éviter d'uniformiser l'ensemble des jeunes peuplements.

Dans cette optique, la solution générale pour le PAFIT repose essentiellement sur les éléments suivants :

- Éviter de créer des situations où les traitements d'éducation seraient appliqués à plus de 50 % des jeunes strates d'une UTR ou d'un COS.
- Éviter la juxtaposition des superficies ayant fait l'objet de traitements d'éducation récents.
- Si le taux de traitement approche ou dépasse 50 %, intégrer des modalités aux traitements sylvicoles qui permettent d'atténuer les conséquences négatives.

Concrètement, il s'agit donc de planifier les traitements d'éducation en tenant compte des résultats obtenus à l'étape de l'analyse de l'enjeu, résultats qui fournissent la superficie qu'il est possible de traiter dans les cinq prochaines années en évitant de dépasser un taux de 50 % par UTR ou COS. Il faut également prendre soin de ne pas planifier de travaux qui pourraient avoir pour conséquence une agglomération des blocs traités, créant ainsi de vastes superficies uniformes sur le plan de la structure interne et de l'espacement entre les tiges.

Par ailleurs, un dépassement du taux de traitement fixé par UTR ou COS peut être justifié, si on intègre des modalités qui permettent de maintenir les variables critiques d'habitat aux traitements d'éducation qui seront appliqués.

### Approche retenue pour répondre aux enjeux

#### Recommandations sur l'aménagement

- À l'échelle des COS ou des UTR, analyser la proportion de la superficie forestière productive de jeunes forêts qui a subi un traitement d'éducation.
- Éviter de créer des situations où les traitements d'éducation seraient appliqués à plus de 50 % des jeunes strates d'une UTR ou d'un COS.
- Éviter la juxtaposition des superficies ayant fait l'objet de traitements d'éducation récents.
- Si le taux de traitement approche ou dépasse 50 %, intégrer des modalités aux traitements sylvicoles qui permettent d'atténuer les conséquences négatives.

## CHAPITRE 6

# RARÉFACTION DES ATTRIBUTS DES FORÊTS NATURELLEMENT PERTURBÉES DANS LE CONTEXTE DES PLANS D'AMÉNAGEMENT SPÉCIAUX

Plusieurs études ont exposé l'importance des forêts perturbées naturellement (brûlis, épidémies d'insectes ou chablis) pour le maintien de la biodiversité et l'effet de la récolte de ces forêts sur le maintien de l'intégrité écologique (Lindenmayer, Burton et Franklin, 2008). En effet, les forêts perturbées font partie intégrante de l'écosystème et offrent des conditions uniques qui se distinguent à la fois de celles présentes aux stades plus avancés de la succession forestière et de celles créées par la coupe (Lecomte et autres, 2006; Chabot et autres, 2009). Les perturbations naturelles créent notamment une diversité d'éléments structuraux dans le paysage, dont une forte abondance de bois mort sur une courte période de temps. Ces conditions sont souvent favorables à la végétation pionnière, à plusieurs espèces de plantes ainsi qu'à plusieurs espèces d'invertébrés, de mammifères et d'oiseaux, en particulier celles associées au bois mort.

En modifiant les attributs clés et les conditions créées par ces perturbations naturelles, la récolte associée à une perturbation naturelle, autrefois appelée « coupe de récupération », constitue une deuxième perturbation en rafale qui peut provoquer à court, à moyen et à long terme des répercussions importantes qui se superposent aux effets des perturbations naturelles. Par exemple, dans le cas de la récolte après feux, il a été démontré que :

- le passage de la machinerie lors de la récolte peut directement détruire une partie de la végétation établie après feu et nuire à la régénération naturelle;
- la récolte a pour effet de réduire de façon appréciable la quantité d'arbres brûlés de gros diamètre, un attribut essentiel aux espèces dépendantes des arbres morts dans la forêt brûlée;
- la récolte peut modifier considérablement la composition des espèces animales associées aux forêts perturbées, notamment celle des espèces d'oiseaux.

Bien que les enjeux liés à la récolte associée à une perturbation naturelle puissent être concrets, ils n'impliquent pas l'interdiction de toute récolte dans ces types de forêts. Celle-ci peut même être souhaitable, en permettant, entre autres choses, de réduire la pression de la récolte sur les forêts non perturbées. Il importe toutefois de s'assurer que les enjeux liés à la raréfaction des forêts perturbées naturellement soient pris en considération. Les orientations proposées dans ce chapitre visent donc à atténuer les effets de la récolte dans les forêts récemment perturbées sur le maintien de certains attributs et de certaines fonctions clés de l'écosystème perturbé (Nappi et autres, 2011).

Les enjeux liés à la récolte associée à une perturbation naturelle ont jusqu'à maintenant surtout été documentés pour les brûlis (Nappi et autres, 2011), bien qu'il existe de l'information concernant les chablis (Vaillancourt, 2008). La démarche d'analyse et les orientations présentées dans ce chapitre sont principalement adaptées de la réflexion qui a été menée dans le contexte des forêts brûlées (Nappi et autres, 2011). Celle-ci pourra néanmoins être menée pour les autres types de perturbations naturelles majeures (ex. : chablis et épidémies d'insectes).

*Même si ces orientations sont particulièrement adaptées au contexte de la forêt boréale, les enjeux auxquels elles visent à répondre sont de portée générale. Elles pourront donc être considérées et adaptées pour toute la forêt québécoise.*

## 6.1 Analyse de l'enjeu et solutions

Il est important, dans une approche d'aménagement reposant sur le principe du filtre brut, de conserver une certaine proportion des forêts perturbées naturellement, car celles-ci représentent un type d'habitat unique des forêts naturelles qui contribuent de façon importante à la diversité biologique à l'échelle du grand paysage régional.

Il peut être difficile de dresser un tableau historique fiable des taux de récolte des bois à la suite des perturbations naturelles au Québec. Bien que certains renseignements concernant la récolte puissent être trouvés dans des bases de données forestières, le manque d'intégration entre les données sur les perturbations et celles sur la récolte rend difficile la compilation des taux de récolte. Par ailleurs, le calcul du taux de récolte dans les forêts brûlées peut varier grandement selon ce qui est considéré (superficie ou volume, tous les peuplements touchés ou seulement ceux à volumes marchands, etc.). Dans ce contexte, un constat d'écart, basé sur l'expertise locale, pourra permettre de qualifier plus simplement cet enjeu en se basant sur une analyse qui comprendra deux échelles : une pour le grand paysage (unité d'aménagement, UTA), l'autre pour la perturbation naturelle (ou le plan d'aménagement spécial).

### 6.1.1 Orientations à l'échelle du grand paysage

Différents éléments, comme une plus forte demande pour les produits du bois et une plus grande accessibilité à la forêt, pourraient favoriser un contexte où la récolte associée à une perturbation naturelle devienne plus intensive. Il est donc important de prendre en considération la situation actuelle et la situation probable pour être en mesure d'évaluer la nature de cet enjeu et les solutions à mettre en place.

À la lumière des connaissances actuelles, sachant que certains processus écologiques associés aux perturbations naturelles à l'échelle du territoire, survenues plus ou moins récemment, contribuent au maintien de la biodiversité, les questions suivantes peuvent servir à diagnostiquer l'enjeu à cette échelle.

- Est-ce que le territoire (en l'occurrence, l'unité d'aménagement) ou certaines portions du territoire (UTA) ont déjà fait l'objet d'efforts importants de récolte associée à une perturbation naturelle?
- Est-ce que l'amélioration de l'accès au territoire et l'augmentation, dans les prochaines années, des efforts de récolte associée à une perturbation naturelle sont susceptibles de créer des situations où la majeure partie de ces perturbations sera récoltée?

La principale orientation d'aménagement à l'échelle du grand paysage consiste à fixer une cible minimale de maintien de forêts récemment perturbées. Établie à l'échelle de l'unité d'aménagement, la cible minimale de forêts perturbées naturellement maintenues devrait être de l'ordre de 30 % de la superficie forestière perturbée depuis les cinq dernières années, par type de perturbation (feu, chablis, insectes). La quantité de forêts touchées à maintenir peut être variable d'une perturbation naturelle à l'autre ou d'une zone de l'unité d'aménagement perturbée

naturellement à l'autre, mais on doit s'assurer que, dans l'ensemble, la quantité totale permettra l'atteinte de la cible. Cette approche vise à offrir plus de flexibilité aux planificateurs forestiers qui sont soumis à des contraintes économiques ou opérationnelles (ex. : l'accès au territoire).

## 6.1.2 Orientations pour l'échelle de la perturbation naturelle

À une échelle plus locale, les activités de récolte associée à une perturbation naturelle devraient être menées de manière à favoriser le maintien des principaux legs biologiques et des processus écologiques en place, tout en minimisant les effets négatifs de ce type de récolte. À cette fin, les interventions devraient reposer sur les connaissances relatives aux effets de ces perturbations et aux effets de la récolte sur ces forêts perturbées.

### a) Principes pour l'élaboration de plans d'aménagement spéciaux après une perturbation naturelle

Les plans d'aménagement spéciaux pour la récolte associée à une perturbation naturelle doivent généralement être préparés et appliqués rapidement par les intervenants régionaux afin que soit minimisée la perte de valeur du panier de produits liée à la détérioration du bois. L'intégration dans le PAFI d'une stratégie d'aménagement basée sur les considérations qui suivent constitue une étape qui permettra d'accélérer la préparation et la mise en œuvre des plans d'aménagement spéciaux, tout en favorisant l'intégration des divers objectifs environnementaux, économiques et sociaux.

Dans un contexte d'aménagement durable des forêts, les plans d'aménagement spéciaux pour la récolte associée à une perturbation naturelle devraient être orientés selon les trois grands principes suivants :

- **Favoriser le maintien de la biodiversité et des processus naturels dans les forêts perturbées naturellement.** La récolte devrait permettre de maintenir une portion importante des conditions et des habitats créés par la perturbation naturelle, tout en minimisant les effets négatifs sur les écosystèmes (ex. : sols, eau et régénération).
- **Favoriser la rentabilité financière et économique des activités de récolte associée à une perturbation naturelle.** La récolte après perturbation devrait être guidée non seulement par les bénéfices à court terme, mais également par les coûts et les répercussions qu'elle peut entraîner quant à la remise en production et au maintien de la productivité des sites visés.
- **S'assurer de l'acceptabilité sociale des pratiques.** Étant donné l'importance des superficies perturbées naturellement et récoltées durant les années où surviennent de nombreux incendies ou autres perturbations naturelles, et compte tenu des délais très courts dans lesquels doivent être produits les plans d'aménagement spéciaux, il est important de s'assurer que les interventions préconisées soient socialement acceptables.

### b) Considérations pour les plans d'aménagement spéciaux

À partir de ces principes, plusieurs aspects sont à considérer de manière à traduire concrètement la prise en compte des enjeux liés à la récolte des forêts récemment perturbées dans la planification forestière. Nous dressons ici la liste de ces principales recommandations.

### Préservation des forêts intactes

Les forêts intactes (non touchées par la perturbation ou moins vulnérables, dans le cas des épidémies d'insectes), situées à l'intérieur du périmètre de la perturbation, ne devraient pas faire l'objet d'une récolte associée à une perturbation naturelle.

### Proportion de forêts perturbées

Le seuil minimal de forêts perturbées naturellement à maintenir devrait être de l'ordre de 15 % de la superficie forestière de chacune des perturbations dans le cas où elles sont bien circonscrites géographiquement (par exemple, un feu) ou de l'ordre de 15 % de la superficie perturbée d'un COS lorsque la perturbation est plus étendue (par exemple, une épidémie de la tordeuse des bourgeons de l'épinette). Cette mesure vise à assurer une répartition spatiale minimale de forêts perturbées naturellement à l'échelle de l'unité d'aménagement.

Afin d'assurer la représentativité des forêts résiduelles perturbées, le seuil minimal de 15 % devrait s'appliquer à la plupart des types de peuplements perturbés. Le pourcentage de forêts perturbées à maintenir devrait inclure les superficies exclues de la récolte en raison de contraintes d'opération (relief accidenté, faible volume à l'hectare, etc.) ou de l'application de la réglementation. De façon globale, la quantité minimale de forêts touchées à maintenir devra permettre l'atteinte de la cible établie à l'échelle de l'unité d'aménagement.

### Qualité, configuration et répartition

Dans la forêt résiduelle perturbée maintenue après la récolte, on devrait tenir compte de la diversité des peuplements perturbés naturellement en se basant notamment sur la combinaison de la composition et de la structure des peuplements avant perturbation (ex. : groupement d'essences, densité, hauteur). On devrait également tenir compte de la description de la gravité de la perturbation (ex. : classification de la gravité du feu, classification de la persistance probable face à la tordeuse des bourgeons de l'épinette).

- La forêt résiduelle devrait avoir une taille et une forme variées, et elle devrait comprendre des blocs de forêts de grande superficie (plus de 20 ha).
- La forêt résiduelle devrait être bien répartie dans l'ensemble de la perturbation, de manière à ce qu'il n'y ait pas de grands secteurs sans forêt résiduelle et que la connectivité entre les forêts résiduelles soit favorisée.
- La forêt résiduelle, perturbée et intacte, devrait être conservée long terme. Toutefois, s'il y avait un accident de régénération, une remise en production devrait être faite lorsque les arbres morts auront joué leur rôle (soit 6 à 10 ans après la perturbation).

### Protection des systèmes aquatiques

Compte tenu des effets potentiels des perturbations, en particulier du feu, et de la récolte sur le lessivage des éléments nutritifs et l'érosion des sols, les dispositions réglementaires relatives aux lisières boisées riveraines devraient être appliquées minimalement afin d'assurer la protection des écosystèmes aquatiques.



## Protection de la régénération naturelle

Comme la remise en production engendre des coûts importants, il faudrait limiter les interventions dans les secteurs à fort potentiel de régénération naturelle ou adopter des stratégies qui mettront à profit ce potentiel. En ce sens, on pourra accorder la priorité au maintien de forêts résiduelles perturbées dans ces secteurs, ou y favoriser le maintien d'arbres semenciers. À l'inverse, il faudrait donner priorité aux interventions, faciliter l'accès et assurer la remise en production dans les secteurs susceptibles aux carences de régénération ainsi que dans les secteurs perturbés qui se sont mal régénérés à la suite des perturbations précédentes.

Un outil développé par la Chaire Industrielle CRSNG-UQAT-UQAM en aménagement durable des forêts permet de caractériser le potentiel de régénération naturelle selon divers caractéristiques biotiques et abiotiques des peuplements touchés ainsi que la sévérité du feu. Il est disponible à l'adresse suivante : <http://outilreg.uqat.ca/index.php>.

### Approche retenue pour répondre aux enjeux

#### Recommandations sur l'aménagement

- À l'échelle du grand paysage (UTA ou unité d'aménagement), s'assurer de maintenir 30 % des superficies perturbées depuis les cinq dernières années, par type de perturbations.
- À l'échelle de la perturbation (ou du plan spécial d'aménagement), maintenir 15 % de la superficie forestière de chacune des perturbations dans le cas où elles sont bien circonscrites géographiquement (par exemple, un feu) ou de l'ordre de 15 % de la superficie perturbée d'un COS lorsque la perturbation est plus étendue (par exemple, une épidémie de la tordeuse des bourgeons de l'épinette).

---

#### POUR ALLER PLUS LOIN ...

*Dans le cas du feu, le document La récolte dans les forêts brûlées – Enjeux et orientations pour un aménagement écosystémique (Nappi et autres, 2011) présente en détail les enjeux, et les recommandations sur l'aménagement, liés à la récolte des bois brûlés.*

*Dans le cas du chablis, le document Effets des régimes de perturbation par le chablis sur la biodiversité et les implications pour la récupération (Vaillancourt, 2008) présente les enjeux liés à ce type de perturbation.*

*Dans le cas de la tordeuse des bourgeons de l'épinette, le document L'aménagement écosystémique dans un contexte d'épidémie de la tordeuse des bourgeons de l'épinette – Guide de référence pour moduler les activités d'aménagement dans les forêts publiques (Ministère des Forêts, de la faune et des Parcs, 2014) présente les modalités proposées dans un contexte de récolte préventive et de récolte associée à une perturbation naturelle.*

---



## ANNEXE A Approche retenue pour répondre aux enjeux liés à la structure interne des peuplements et au bois mort

ENJEUX : Simplification de la structure interne des peuplements liée aux interventions de coupes partielles dans les peuplements inéquiennes

### Recommandations sur l'aménagement

- Maintenir minimalement 1 m<sup>2</sup> à l'hectare de tiges classées « M » et « S » de gros diamètre (si possible > 40 cm de DHP) dans les aires de coupe partielle.
- Intégrer des modalités de rétention d'attributs tels que des gros arbres morts ou moribonds, des gros arbres vivants, des conifères épars et des bouquets de structure complexe aux directives opérationnelles de certains traitements de coupes partielles.
- En fonction du résultat des analyses des autres enjeux), évaluer si des modalités supplémentaires sont requises pour le maintien d'attributs clés dans certains UTA ou COS. Le choix des attributs structuraux, les cibles à atteindre et les modalités de rétention à appliquer et, le cas échéant, à intégrer aux directives opérationnelles, pourraient notamment se baser sur les connaissances liées aux besoins d'espèces sensibles associées à ces attributs.

ENJEUX : Raréfaction des peuplements à structure complexe dans la forêt boréale

### Recommandations sur l'aménagement

- Faire une analyse d'écart qualitative afin de déterminer les UTA qui sont en déficit de forêts à structure complexe et, le cas échéant, les zones prioritaires pour le déploiement de solutions sylvicoles visant le maintien ou la restauration de peuplements à structure complexe.
- En considérant les diagnostics concernant l'ensemble des enjeux écologiques du territoire, les enjeux de nature sylvicole, ceux liés à l'harmonisation sociale ainsi que la capacité opérationnelle locale, déterminer une cible locale appropriée de coupes associées au régime de la futaie irrégulière.

ENJEUX : Carences en legs biologiques dans les coupes totales

### Recommandation sur l'aménagement

- Planifier un minimum de 20 % de coupes à rétention variable ayant des modalités de rétention d'au moins 5 % du volume marchand.

ENJEUX : Simplification et uniformisation de la forêt de seconde venue

### Recommandations sur l'aménagement

- À l'échelle des COS ou des UTR, analyser la proportion de la superficie forestière productive de jeunes forêts qui a subi un traitement d'éducation.
- Éviter de créer des situations où les traitements d'éducation seraient appliqués à plus de 50 % des jeunes strates d'une UTR ou d'un COS.
- Éviter la juxtaposition des superficies ayant fait l'objet de traitements d'éducation récents.

- Si le taux de traitement approche ou dépasse 50 %, intégrer des modalités aux traitements sylvicoles qui permettent d'atténuer les conséquences négatives.

ENJEUX : Raréfaction des attributs des forêts perturbées naturellement dans le contexte des plans d'aménagement spéciaux

### Recommandations sur l'aménagement

- À l'échelle du grand paysage (UTA ou unité d'aménagement), s'assurer de maintenir 30 % des superficies perturbées depuis les cinq dernières années, par type de perturbations.
- À l'échelle de la perturbation (ou du plan spécial d'aménagement), maintenir 15 % de la superficie forestière de chacune des perturbations dans le cas où elles sont bien circonscrites géographiquement (par exemple, un feu) ou de l'ordre de 15 % de la superficie perturbée d'un COS lorsque la perturbation est plus étendue (par exemple, une épidémie de la tordeuse des bourgeons de l'épinette).

## ANNEXE B Références utiles concernant les enjeux liés à la structure interne des peuplements et au bois mort

### STRUCTURE INTERNE DES PEUPELEMENTS

#### Général

SPIES, T. A., 1998. "Forest Structure: A Key to the Ecosystem", *Northwest Science*, vol. 72, n° 2, p. 34-39.

#### Forêt décidue

MAJCEN, Z., et autres, 1990. *Choix des tiges à marquer pour le jardinage d'érablières inéquiennes*, Guide technique, Québec, Gouvernement du Québec, ministère de l'Énergie et des Ressources, Service de la recherche, 94 p. (Mémoire de recherche; 96).

#### Forêt boréale

BERGERON, Y., et autres, 2001. "Natural Fire Regime: A Guide for Sustainable Management of the Canadian Boreal Forest", *Silva Fennica*, vol. 36, n° 1, p. 81-95.

CIMON, A., et P. LABBÉ, 2006. *Lignes directrices visant à encadrer la pratique de l'éclaircie précommerciale afin d'assurer le maintien de la biodiversité*, Québec, Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de l'environnement forestier, 13 p.

#### Forêt boréale mixte

BOUCHER, Y., 2005. *Dynamique, structure et composition des forêts bas-laurentiennes : les bases dans le développement d'une approche d'aménagement écosystémique*, Revue de littérature présentée à la Forêt modèle du Bas-Saint-Laurent, 23 p. [Non publié].

COMITÉ SCIENTIFIQUE SUR LES ENJEUX DE BIODIVERSITÉ, 2007. *Enjeux de biodiversité de l'aménagement écosystémique dans la réserve faunique des Laurentides : Rapport préliminaire du comité scientifique*, Québec, Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, 118 p. + annexes.

DE GRANDPRÉ, L., et autres, 2008. « Vers un aménagement écosystémique de la forêt boréale de la Côte-Nord – Régime des perturbations et dynamique naturelle », dans GAUTHIER, S., et autres (éd.), *Aménagement écosystémique en forêt boréale*, Québec, Presses de l'Université du Québec, p. 241-268.

DESPONTS, M., et autres, 2002. « Structure de sapinières aménagées et anciennes du massif des Laurentides (Québec) et diversité des plantes vasculaires », *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 32, n° 12, p. 2077-2093.

DESPONTS, M., G. BRUNET et L. BÉLANGER, 2001. « Diversité structurale et biodiversité des plantes vasculaires de la sapinière à bouleau blanc de la Gaspésie », *Le Naturaliste canadien*, vol. 125, n° 3, p. 168-174.

KNEESHAW, D., et autres, 2008. « Appliquer les connaissances sur les régimes de perturbations naturelles pour développer une foresterie qui s'inspire de la nature dans le sud de la péninsule gaspésienne », dans GAUTHIER, S., et autres (éd.), *Aménagement écosystémique en forêt boréale*, Québec, Presses de l'Université du Québec, p. 215-240.

LAUZON, E., D. KNEESHAW et Y. BERGERON, 2007. "Reconstruction of Fire History (1680-2003) in Gaspesian Mixedwood Boreal Forests of Eastern Canada", *Forest Ecology and Management*, vol. 244, n° 1-3, p. 41-49.

LEBLANC, M., et L. BÉLANGER, 2000. *La sapinière vierge de la Forêt Montmorency et de sa région : une forêt boréale distincte*, Québec, Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, 91 p. (Mémoire de recherche forestière; 136).



- PINNA, S., et autres, 2009. *Portrait forestier historique de la Gaspésie*, Gaspé, Consortium en foresterie Gaspésie–Les-Îles, 204 p.
- TREMBLAY, J., et autres, 2007. « La restauration passive des sapinières mixtes de seconde venue : une alternative pour la conservation des sapinières mixtes anciennes », *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 37, n° 4, p. 825-839.

### Pessière à mousses de l'Ouest

- CYR, D., et autres, 2009. "Forest Management is Driving the Eastern Part of North American Boreal Forest Outside its Natural Range of Variability", *Frontiers in Ecology and The Environment*, vol. 7, n° 10, p. 519-524.
- DESMEULES, P., 2008. *Portrait forestier préindustriel - Unités d'aménagement forestier 026-61 et 026- 62 - Domaine de la pessière noire à mousses, sous-domaine de l'Ouest*, [préparé pour Chantiers Chibougamau], Faune Nord, 25 p. + annexes.
- HARPER, K. A., et autres, 2002. "Post-fire Development of Canopy Structure and Composition in Black Spruce Forests of Abitibi, Québec: A Landscape Scale Study", *Silva Fennica*, vol. 36, n° 1, p. 249- 263.
- LECOMTE, N., et Y. BERGERON, 2005. "Successional Pathways on Different Surficial Deposits in the Coniferous Boreal Forest of the Quebec Clay Belt", *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 35, n° 8, p. 1984-1995.
- RHEAULT, H., et autres, 2009. "Stand Composition and Structure as Indicators of Epixylic Diversity in Old-growth Boreal Forests", *Ecoscience*, vol. 16, n° 2, p. 183-196.
- SIMARD, M., et autres, 2008. « Un aménagement écosystémique de la pessière du nord de la ceinture d'argile québécoise – Gérer la forêt... mais surtout les sols », dans GAUTHIER, S., et autres (éd.), *Aménagement écosystémique en forêt boréale*, Québec, Presses de l'Université du Québec, p. 268-299.

### Pessière à mousses de l'Est

- 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 Quebec", *Ecoscience*, vol. 13, n° 2, p. 172-180.
- CÔTÉ, G., 2006. *Élaboration d'une typologie forestière adaptée à la forêt boréale irrégulière*, Mémoire de maîtrise, Université Laval, 72 p.
- 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*, vol. 11, n° 6, p. 791-800.
- GAUTHIER, S., et L. DE GRANDPRÉ, 2003. *Les bases écologiques de l'aménagement écosystémique de la forêt boréale de l'est du Québec, Rapport de projet Réseau de gestion durable des forêts*, [En ligne], [[http://www.sfmn.ales.ualberta.ca/en/SFMN-fr/Publications/~media/sfmn/Publications/ProjectReports/Documents/PR\\_200304gauthiersdeve6\\_fr.a.shx](http://www.sfmn.ales.ualberta.ca/en/SFMN-fr/Publications/~media/sfmn/Publications/ProjectReports/Documents/PR_200304gauthiersdeve6_fr.a.shx)]. [voir l'illustration des séries successsionnelles après le feu, p. 6]
- RUEL, J.-C., et autres, 2007. « Mise au point d'une sylviculture adaptée à la forêt boréale irrégulière », *The Forestry Chronicle*, vol. 83, n° 3, p. 367-374.

### Autre document consulté

- MAURI ORTUNO, E., 2009. *La structure des peuplements – Module 4 du cours Aménagement écosystémique 1 : Principes et fondements*, Québec, Université Laval, Faculté de foresterie et de géomatique, Département des sciences du bois et de la forêt, 45 p.

## BOIS MORT

### Général

OUMET, R., et L. DUCHESNE, 2009. *Évaluation des types écologiques forestiers sensibles à l'appauvrissement des sols en minéraux par la récolte de biomasse*, [En ligne], Québec, Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de la recherche forestière. [<http://www.mrn.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Ouimet-Rock/Rap-hors-serie-evaluation.pdf>].

THIFFAULT, E., et autres, 2010. "Intensive Biomass Removals and Site Productivity in Canada: A Review of Relevant Issues", *The Forestry Chronicle*, vol. 86, n° 1, p. 36-42.

### Forêt décidue

BOULFROY, E., E. THIFFAULT et L. LESSARD, 2009. *Comment planifier la récolte de la biomasse résiduelle sans risquer d'affecter la pérennité des sites? - Note technique*, Centre collégial de transfert de technologie en foresterie, 6 p.

### Forêt boréale

THIFFAULT, E., et autres, 2006. "Harvesting Intensity at Clear-felling in the Boreal Forest: Impact on Soil and Foliar Nutrient Status", *Soil Science Society of America Journal*, vol. 70, n° 2, p. 691-701.

### Forêt boréale mixte

CÔTÉ, S., Y. BOUCHER et N. THIFFAULT, 2009. « Le bois mort dans la sapinière à bouleau blanc : importance, caractéristiques et considérations pour l'aménagement écosystémique », *Le Naturaliste canadien*, vol. 133, n° 1, p. 65-72.

PARÉ, D., P. ROCHON et S. BRAIS, 2002. "Assessing the Geochemical Balance of Managed Boreal Forests", *Ecological Indicators*, vol. 1, n° 4, p. 293-311.

*Complément de données sur la disponibilité du bois mort dans les vieilles forêts boréales mixtes (tableau 3 dans Angers, 2009)*

TREMBLAY, J., et autres, 2007. « La restauration passive des sapinières mixtes de seconde venue : une alternative pour la conservation des sapinières mixtes anciennes », *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 37, n° 4, p. 825-839.

### Pessière à mousses de l'Ouest

HARPER, K. A., et autres, 2003. "Structure, Composition and Diversity of Old-growth Black Spruce Boreal Forest of the Clay Belt Region in Quebec and Ontario", *Environmental Reviews*, vol. 11, p. S79-S98.

*Complément de données sur la disponibilité du bois mort dans les vieilles pessières (tableau 4 dans Angers, 2009)*

RHEAULT, H., et autres, 2009. "Stand Composition and Structure as Indicators of Epixylic Diversity in Old-growth Boreal Forests", *Ecoscience*, vol. 16, n° 2, p. 183-196.

### Pessière à mousses de l'Est

*Complément de données sur la disponibilité du bois mort dans les vieilles pessières (tableau 4 dans Angers, 2009)*

CÔTÉ, G., 2006. *Élaboration d'une typologie forestière adaptée à la forêt boréale irrégulière*, Mémoire de maîtrise, Québec, Université Laval, 72 p.

CÔTÉ, G., et autres, 2010. « Linking Stand Attributes to Cartographic Information for Ecosystem Management Purposes in the Boreal Forest of Eastern Québec », *The Forestry Chronicle*, vol. 86, n° 4, p. 511-519.



## ANNEXE C Méthode d'analyse des carences en legs biologiques

En vue d'améliorer les orientations concernant la présence de legs biologiques dans les coupes totales émises dans le cadre des enjeux liés à la structure interne des peuplements et au bois mort pour la période 2013-2018, le MFFP a travaillé à l'élaboration d'une méthode qui permet de documenter la présence, la cause et la représentativité des legs « opérationnels » laissés dans les aires de coupe totale lors des opérations usuelles de récolte (sans prescription préalable de rétention). Cette méthode permet d'effectuer une analyse de carence en legs biologiques, à partir des conditions d'opérations usuelles. Elle vise ultimement à permettre d'anticiper la proportion et la localisation des secteurs qui devront faire l'objet d'une rétention planifiée afin de maximiser la rétention dans les aires de coupe totale au moindre coût possible.

### Données utilisées pour le développement de la méthode

Afin de développer la méthode d'analyse, des données cartographiques et des photos aériennes provenant de neuf régions forestières ont été utilisées. Celles-ci couvraient environ 17 000 ha de superficie traitée par CPRS qui ne contenaient aucune modalité de rétention variable. Différentes superficies d'aires de coupe ont été analysées, allant de 30 ha à près de 500 ha.

### Description de la méthode

#### 1. Sélection et préparation des données

Dans le but de réaliser une analyse de carence des plus précises, il faut sélectionner toutes les aires de coupe à l'intérieur du territoire choisi en utilisant les critères de sélections suivants :

- le traitement doit avoir eu lieu depuis moins de 10 ans;
- le traitement doit être une coupe de régénération (CPRS, coupe totale, coupe finale de coupe avec protection de la régénération [CPR]);
- aucune rétention ne doit avoir été planifiée (exclut la coupe avec protection des petites tiges marchandes (CPPTM, la coupe avec protection des tiges à diamètre variable [CPTDV], la coupe avec protection de la régénération et des sols avec rétention de bouquets [CPRSBOU], la CPRS, les îlots variables, etc.);
- les photos aériennes après traitement doivent être disponibles.

Une fois la sélection des aires de coupe effectuée, il faut préparer les données afin que celles-ci soient facilement utilisables. Pour un territoire choisi, il est proposé de créer un seul fichier de formes (*shapefile*), comprenant toutes les aires de coupe à analyser et les champs suivants :

- numéro de l'aire de coupe;
- type de traitement;
- superficie du traitement.

Il est important de bien numéroter les secteurs d'intervention ou les polygones afin d'éviter les erreurs de compilation.

À cette étape, des champs additionnels doivent être créés afin de faciliter le travail du photo-interprète lors de la prochaine étape d'analyse. Les champs qui seront alors requis sont présentés dans le tableau suivant.

| Champ                         | Description   |
|-------------------------------|---|
| Legs regroupés                | Noter « Oui » lors de la création d'un polygone de rétention regroupée.   |
| Superficie des legs regroupés | Calculer la superficie des legs opérationnels regroupés.  |
| Legs dispersés                | Déterminer la quantité de legs dispersés à l'hectare selon quatre catégories : 0 = aucune tige marchande; 1 = de 1 à 9 tiges marchandes à l'hectare (< 1 % du volume en rétention); 2 = de 10 à 49 tiges marchandes à l'hectare (1 % ≤ x < 5 % de volume en rétention); 3 = de 50 tiges marchande et plus à l'hectare (≥ 5 % du volume en rétention). |
| Composition                   | Indiquer si la composition des legs « opérationnels » est représentative ou non du peuplement d'origine   |
| Remarques                     | Noter les paramètres explicatifs qui pourraient expliquer le fait que les legs opérationnels n'ont pas été récoltés (ex. : Terrain, type de peuplement, type de machinerie, décision administrative (ex. : bois sans preneur), etc.)  |

## 2. Photo-interprétation des aires de coupe sans rétention planifiée

Une fois les aires de coupe sélectionnées, une analyse fine des legs opérationnels doit être effectuée à l'aide de photos aériennes de qualité et, idéalement, en trois dimensions. Les photos provenant des rapports annuels d'interventions forestières (RAIF) devraient être utilisées, car ces dernières sont normalement prises la même année ou l'année suivant le traitement. S'il s'avérait que la différence entre l'année du traitement et l'année de la prise de photo soit assez grande pour que les grandes gaules (de 6 à 8 cm de DHP) laissées sur l'aire de coupe soient devenues des tiges marchandes, celles-ci ne devraient pas être comptabilisées lors de la réalisation de la photo-interprétation. Ces tiges devraient être considérées comme de la haute régénération, et non pas comme des legs, car elles n'étaient pas de dimension marchande lors de la réalisation du traitement.

Une fois les données rassemblées, un photo-interprète doit faire l'analyse de chaque aire de coupe selon les quatre étapes suivantes :

### a) Déterminer le contour des legs opérationnels regroupés

Le photo-interprète permet de définir les portions de territoire n'ayant pas fait l'objet d'une récolte ou d'un passage de la machinerie sur une superficie minimale de 150 m<sup>2</sup> et incluant au moins 5 tiges marchandes au moment de la récolte. Le photo-interprète crée un polygone pour les portions de territoire considérés comme legs opérationnels, puis il inscrit « oui » dans le champ « Legs regroupés ».

Les portions de territoires à déterminer comme des legs opérationnels regroupés doivent faire partie de la superficie initialement prévue pour la récolte. Ces portions doivent donc être situées à l'intérieur du polygone, et on devra exclure toute portion non récoltée localisée en bordure ou en périphérie du polygone. Cependant, lorsqu'une péninsule est présente et qu'il est évident que cette portion de territoire ne sera pas traitée lors de la prochaine révolution du peuplement, elle peut être comptabilisée dans les legs opérationnels regroupés lors de l'analyse.

Les règles de localisation des legs opérationnels regroupés par photo-interprétation doivent être claires. Il peut être ardu pour le photo-interprète de déterminer ce qui est une rétention regroupée. Les règles et la communication avec le photo-interprète doivent être bonnes et constantes afin que ce dernier fasse les bons choix. On se doit de limiter au maximum les jugements occasionnés par le photo-interprète.

Voici quelques exemples cartographiques de legs opérationnels regroupés à déterminer lors de l'analyse. La figure 2 illustre un exemple typique d'îlots de formes et de dimensions variables qui peuvent être laissés sur le terrain après la récolte. La figure 3 illustre quant à elle deux portions d'un secteur qui sont inaccessibles en raison d'une microtopographie (cassés).



Figure 2 Legs opérationnels regroupés (6,25 %)

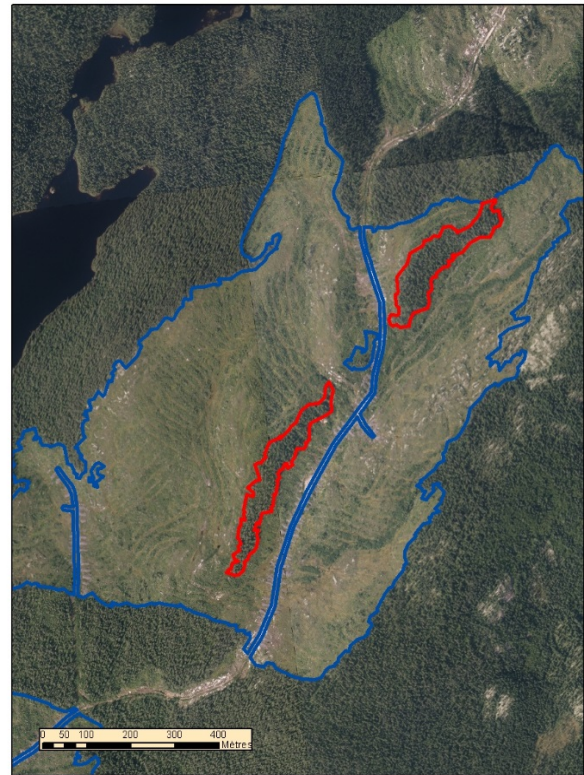


Figure 3 Legs opérationnels regroupés (5,23 %)

Les figures 4 et 5 présentent des secteurs contenant des péninsules qui sont acceptées en tant que legs opérationnels regroupés. Ces péninsules n'ont pas été récoltées en raison de la dénivellation du terrain (« cassé ») et ne le seront pas pour au moins la prochaine révolution du peuplement. Ce qui fait en sorte que ces legs opérationnels joueront un rôle écologique tout au long du développement du peuplement attenant.



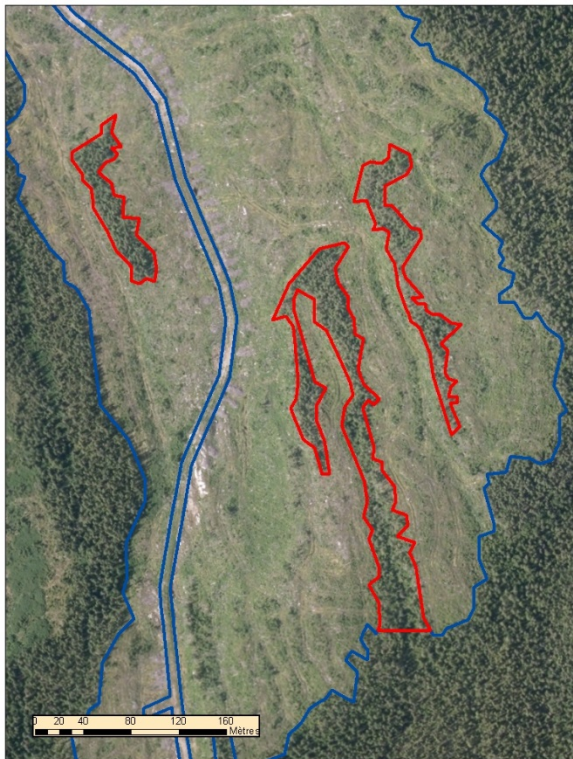


Figure 4 Exemple d'une péninsule acceptée (cassé)



Figure 5 Exemple de deux péninsules acceptées (cassé)

Dans certain cas, il peut être plus ardu de porter un jugement sur la récolte probable d'une portion non récoltée située en bordure de l'aire de coupe. La figure 6 illustre une telle situation. Dans cet exemple, la péninsule située au sud-est sera probablement récoltée dans un deuxième temps. Cependant, en tenant compte de la topographie du secteur, on remarque que l'aire de coupe, incluant la péninsule, se trouve sur un plateau. De plus, on constate que cette dernière est dans un cassé et que la limite sud-est de l'aire de coupe est une pente forte, donc inaccessible. Dans ce cas précis, on considère la péninsule comme un legs opérationnel et sa superficie est comptabilisée.

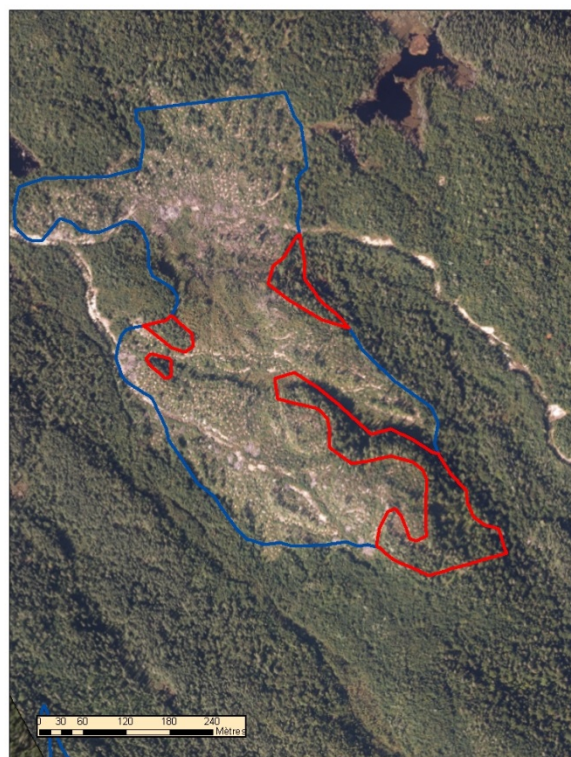


Figure 6 Legs opérationnels regroupés acceptés

## b) Caractériser les legs opérationnels dispersés

Le photo-interprète localise les arbres marchands isolés sur la photo et classe l'aire de coupe en fonction du nombre de tiges à l'hectare (tableau 8).

Tableau 8 Classes de rétention associées aux legs opérationnels dispersés (tiges éparses)

| Classes |  | Nombre de tiges |
|---------|--|-----------------|
| 0       | Aucune tige  |                 |
| 1       | 1-9 tiges/ha ( <i>correspond à moins de 1 % du volume en rétention</i> )                       |                 |
| 2       | 10 à 49 tiges/ha ( <i>correspond à plus de 1 %, mais moins de 5 % de volume en rétention</i> ) |                 |
| 3       | 50 tiges/ha et plus ( <i>correspond à plus de 5 % du volume en rétention</i> )                 |                 |

Pour s'exercer, l'analyste peut marquer les arbres marchands sur la photo, compter le nombre total de tige dans l'aire de coupe, puis calculer le nombre de tiges à l'hectare.

Le nombre de tiges/ha par classe de rétention peut être ajusté régionalement en fonction de deux critères soit la quantité d'arbres nécessaires pour former un volume de 1 m<sup>3</sup> et le volume moyen des peuplements du secteur. Avec ces deux critères, il est possible de calculer les nombres de tiges/ha qui correspondent respectivement à 1 et 5 % du volume du peuplement laissés en legs opérationnels. Pour illustrer le tout, prenons un secteur où il faut 10 tiges pour avoir un volume de 1 m<sup>3</sup> de bois et dont le volume moyen des peuplements est de 100 m<sup>3</sup>/ha. C'est donc dire que pour avoir 1 % du volume du peuplement en rétention, 10 tiges/ha doivent être laissées après traitement et que pour avoir 5 % du volume, 50 tiges/ha sont nécessaires.

Voici quelques exemples cartographiques de legs opérationnels dispersés à déterminer lors de l'analyse.

Les figures 7 et 8 présentent des aires de coupe incluant de 1 à 5 % du volume en legs opérationnels dispersés. Dans les deux cas, on remarque que les legs sont principalement concentrés dans certaines portions de l'aire de coupe. À l'origine, ces peuplement étaient à dominance résineuse, toutefois les legs opérationnels sont composés majoritairement de bouleaux blanc et de peupliers faux-tremble. Ces legs sont comptabilisés pour les fins de l'analyse, mais ils sont considérés comme étant non représentatifs du peuplement d'origine.





Figure 7 Legs opérationnels dispersés (de 1 à 5 %)



Figure 8 Legs opérationnels dispersés (de 1 à 5 %)

c) Déterminer si la composition des legs biologiques est représentative ou non du peuplement d'origine

Le photo-interprète compare la composition des legs opérationnels regroupés et dispersés dans l'aire de coupe avec la composition du peuplement d'origine. Il note dans le champ « composition » si celle-ci est représentative du peuplement qui était présent avant le traitement. Pour que la composition des legs opérationnels soit représentative, elle doit comporter sensiblement les mêmes proportions en essences que le peuplement d'origine. La comparaison peut se faire soit avec l'appellation cartographique d'origine ou soit avec une photo aérienne prise avant le traitement.

d) Déterminer, si possible, les paramètres qui pourraient expliquer le fait que les legs opérationnels n'ont pas été récoltés

Cette étape se réalise en deux temps. Premièrement, le photo-interprète détermine les paramètres qui pourraient expliquer la présence des legs opérationnels regroupés ou dispersés et inscrit son observation dans le champ « remarques » du fichier de forme approprié. Par exemple :

- **terrain** : rugosité, pente (cassé), milieux humides, improductifs, ruisseaux, ruisseaux intermittents, etc.;



- **type de machinerie** : abatteuse groupeuse ou multi fonctionnelle, débardeur à câble ou porteur, etc.

L'étape suivante est effectuée par le personnel en région responsable de la planification. Il s'agit de désigner les paramètres qui ne peuvent être déterminés par la photo-interprétation et d'inscrire le résultat dans le champ « remarques » du fichier de forme. Les paramètres peuvent être les suivants :

- **décisions administratives régionales** : (ex. : Sab < 14 cm laissés sur le terrain, essences sans preneur);
- autres paramètres explicatifs.

### 3. Validation sur le terrain

Dans certains cas une validation de certains éléments de la photo-interprétation peut être effectuée sur le terrain. En voici quelques exemples :

- contour du traitement;
- contour des legs opérationnels regroupés;
- composition des legs regroupés;
- essences des arbres individuels marchands;
- paramètres explicatifs.

Cette validation terrain, soit par le photo-interprète, soit par le responsable de la planification permettra d'améliorer la photo-interprétation et ainsi préciser la description des legs opérationnels.

### 4. Analyse des données

Les données obtenues lors de la photo-interprétation doivent faire l'objet de traitement supplémentaire pour compléter la réalisation de l'analyse des carences en legs biologiques dans les aires de coupe totale. La liste suivante présente une série de compilations qui seront utiles pour analyser les caractéristiques de la rétention observée par le photo-interprète et explorer les paramètres explicatifs qui permettront de comprendre les variations observées sur le territoire étudié.

#### Échelles spatiales d'analyse (territoires) :

- unité d'aménagement;
- région;
- zonage écologique régional.

#### Paramètres explicatifs à explorer :

- cassé;
- pente forte;
- petits bois;
- ruisseau ou milieu humide.

#### Compilations possibles :

- proportion moyenne de l'ensemble des legs, des legs regroupés ou des legs dispersés (en fonction de paramètres explicatifs);
- proportion totale de l'ensemble des legs, des legs regroupés ou des legs dispersés (en fonction de différents paramètres explicatifs).

En jumelant les résultats de la photo-interprétation avec la carte des données écoforestières, d'autres données utiles pour l'analyse de carence peuvent être utilisées pour expliquer les tendances observées :

- types écologiques;
- végétation potentielle;
- types de peuplement;
- topographie.

## 5. Réalisation du diagnostique

En utilisant les données sur la proportion de legs opérationnels par aire de coupe, exposer les résultats des carences en legs biologiques à l'échelle du territoire à l'étude. Tout d'abord, classifier les aires de coupe selon les trois classes de rétention mentionnées à la section 4.3 du document :

- legs absents (< 5 %);
- legs présents (de 5 à 10 %);
- legs abondants (> 10 %).

Pour préciser les analyses, il est possible de subdiviser la première classe de rétention (legs absent) en deux catégories. Par exemple, les portions de territoire qui contiennent moins de 1 % de legs opérationnels pourrait être différenciées de celles qui possèdent entre 1 et 5 % de legs. Cette subdivision permettrait de raffiner les résultats en sachant s'il y a très peu (< 1 %) de legs biologiques.

Il s'agit ici de poser un diagnostic sur la prépondérance des différents degrés de rétention observés sur le territoire, dans les conditions usuelles d'opération, et d'évoquer les principaux facteurs qui ont fait en sorte que ces legs n'ont pas été récoltés. En superposant les données des cartes écoforestières mentionnées précédemment aux aires de coupe qui comprennent des legs opérationnels, il est possible d'explorer les données de manière à tenter de déterminer les variables qui expliqueraient le mieux les degrés de legs opérationnels observés.

Les constats issus de ces analyses pourront potentiellement orienter la façon de prescrire les besoins en coupes à rétention variable sur le territoire. Par exemple, en déterminant les facteurs qui font en sorte que certains secteurs ne profitent jamais ou rarement de legs biologiques opérationnels, il sera possible de localiser efficacement les coupes à rétention variable dans les secteurs qui contiendront peu de legs biologiques « opérationnels ».

Les secteurs qui contiennent généralement de 2 à 5 % de rétention peuvent également faire l'objet d'une attention particulière. En effet, s'il s'avère réalisable d'estimer ou de déterminer la proportion de legs opérationnels lors de la planification opérationnelle, ceux-ci pourrait être bonifiés par des legs biologiques planifiés afin d'atteindre la proportion minimale de 5 % de rétention nécessaire pour que les traitements soit considérés comme des coupes à rétention variable, et ainsi contribuer à l'atteinte de la cible globale pour l'échelle de l'unité d'aménagement.

## ANNEXE D Déploiement des coupes à rétention variable

On reconnaît généralement que les coupes à rétention variable constituent un bon moyen d'assurer la présence de legs biologiques dans les coupes totales. Cette approche est d'ailleurs largement utilisée ailleurs en Amérique du Nord depuis une bonne dizaine d'années. La section 2.3.2 du Cahier 1.0 expose les objectifs visés par l'intégration de modalités de rétention variable dans les coupes totales.

La réalisation d'une analyse de carence, telle qu'elle est présentée à la section 5.1.4, devrait permettre d'établir les circonstances dans lesquelles les legs biologiques sont présents dans les aires de coupe (et celles où ils sont absents) et de déterminer leur valeur écologique. Cela conduira les aménagistes à cibler les secteurs où la rétention variable est requise, à déterminer la quantité de coupes à réaliser et à orienter les sylviculteurs dans la définition de modalités de rétention variable bien adaptées à la situation locale.

Jusqu'à maintenant, essentiellement trois formes de rétention ont été élaborées et déployées à l'échelle provinciale, soit la coupe avec protection de la régénération et des sols avec rétention de bouquets, la coupe avec protection des petites tiges marchandes (CPPTM) et la CPPTM discontinue (CPPTM-DIS). Toutefois, la plupart des procédés de régénération présentés dans le tome 2 du *Guide sylvicole du Québec* (Ministère des Ressources naturelles, 2013) peuvent être pourvus de modalités comprenant diverses formes de legs biologiques (arbres individuels, bouquets ou îlots). Dans la foulée du déploiement des coupes à rétention variable, les aménagistes et les sylviculteurs sont désormais appelés à se pencher sur l'adaptation et la modulation des types de rétention en fonction de la compréhension de la dynamique naturelle des écosystèmes régionaux et des possibilités offertes par la structure actuelle des peuplements prêts à être récoltés. La présente section précise la démarche à suivre pour y parvenir. Il s'agit, dans un premier temps, de s'inspirer des connaissances sur les perturbations graves qui touchent le territoire, pour ensuite élaborer des modalités de rétention variable et déterminer les peuplements où elles seront appliquées avec le plus de chance de succès.

Élaborer des modalités de rétention variable à appliquer en fonction de la compréhension de la dynamique naturelle des écosystèmes et des principaux enjeux d'aménagement du territoire

Afin de mettre en œuvre une sylviculture qui contribuera à diminuer les écarts entre la forêt naturelle et la forêt aménagée, il importe de bien connaître l'environnement et les perturbations naturelles qui régissent les écosystèmes dans lesquels des interventions sont envisagées. Pour ce faire, les aménagistes doivent faire appel aux connaissances disponibles à l'égard du régime de perturbations naturelles qui dynamise les grands types de forêt sur le territoire en vue d'élaborer des modalités de rétention. Par exemple, la proportion moyenne de la superficie épargnée lors des perturbations naturelles, la taille et la forme des éléments laissés intacts, le type de peuplements touchés sont autant d'éléments utiles à la réflexion. Celle-ci doit également se faire en considérant les principaux enjeux d'aménagement du territoire qui sont susceptibles d'influencer la forme et la quantité de la rétention retenue. Par exemple, en présence d'un enjeu lié à la structure interne des peuplements et d'un enjeu lié à la qualité visuelle des paysages, on pourrait orienter les modalités de rétention vers le maintien d'une cohorte d'arbres (soit la CPPTM). Ainsi, les résultats de la réflexion mèneront à des formes de rétention regroupée (bouquets, îlots, cohortes d'arbres, blocs) ou dispersée (arbres individuels). On pourra aussi viser une rétention à la fois regroupée et dispersée au sein de la même prescription sylvicole.

Pour être considérées comme une coupe à rétention variable, les modalités prévoient une rétention minimale de 5 % du volume récolté (ou de la superficie traitée) sous forme de legs biologiques. De plus, pour éviter que de grandes portions d'aires de coupe ne soient pas exposées à l'influence des legs biologiques, la proportion du volume (ou de la superficie) laissé intact devra être augmentée (> 5 %) lorsque la rétention sera faite sous forme d'îlots ou de blocs. Dans le cas où deux formes de rétention (dispersée et regroupée) seraient combinées, il faut s'assurer que cela n'entravera pas les travaux de préparation de terrain qui pourraient être requis pour la poursuite du scénario sylvicole.

Une attention particulière devra être apportée à la composition des legs biologiques. D'une part, ceux-ci doivent être représentatifs de la forêt récoltée. D'autre part, la réflexion doit également porter sur les essences qui seront favorisées en tant que legs biologiques, soit pour tenir compte de leur raréfaction ou pour prendre en compte la vulnérabilité des essences au chablis ou aux épidémies d'insectes.

La réflexion en vue d'élaborer des modalités de rétention doit aussi se faire en fonction de l'analyse de carence. La quantité, la configuration, la localisation et la composition des legs biologiques « opérationnels » représentent autant d'éléments dont il faut tenir compte afin d'en tirer profit le plus possible.

### Déterminer les peuplements aptes aux coupes à rétention variable sur le territoire

Une fois que des modalités de rétention variable ont été élaborées pour les grands types de peuplements du territoire, il faut s'attarder à leur emplacement potentiel. La procédure pour la localisation des traitements de récolte, présentée dans le *Guide sylvicole du Québec* (Ministère des Ressources naturelles, 2013), trace déjà la voie à cet égard. Elle suggère un cheminement par étapes à l'aide de l'outil TAKTIK. Selon ce cheminement, les traitements qui requièrent des caractéristiques spécifiques, notamment sur le plan de la structure des peuplements, doivent être localisés dans un premier temps afin d'utiliser leur plein potentiel d'application. C'est dans cette perspective que la procédure prévoit la localisation des traitements de CPPTM avant celle des traitements de la famille des coupes totales.

Dans cette même optique, une fois que les coupes à rétention variable qui visent le maintien d'une cohorte d'arbres (par exemple, la CPPTM) ont été localisées, on doit s'attarder aux peuplements qui présentent une moins grande complexité structurale, et pour lesquels d'autres modalités de rétention ont été élaborées (ex. : la rétention dispersée, par îlots ou par bouquets).

La procédure du *Guide sylvicole du Québec* (Ministère des Ressources naturelles, 2013) propose une planification en quatre étapes :

1. Une première approximation à l'aide la cartographie forestière.
2. Une validation à l'aide d'outils de télédétection.
3. Une validation à l'aide de relevés de terrain.
4. Une prescription sylvicole.

Après avoir ciblé les secteurs potentiels aux étapes 1 et 2, la validation sur le terrain peut se faire à l'aide de la méthode d'inventaire par points d'observation. Comme cette méthode est souple, elle se doit d'être adaptée aux enjeux du territoire ainsi qu'à d'autres considérations locales ou régionales (ex. : la présence d'éricacées, celle de la basse régénération ou encore la prise de données pour le Bureau de mise en marché des bois).

---

## LE CAS DE LA CPPTM

*Parce que la plupart des tiges laissées sur pied lors de l'intervention fourniront la majorité du volume récolté à maturité, la CPPTM représente un cas particulier de coupe à rétention variable. Ce traitement répond simultanément à deux objectifs : un objectif de production de bois, en assurant un retour hâtif d'un peuplement au potentiel de récolte économiquement rentable, et un objectif biologique, en maintenant en place, pour toute la durée de vie du prochain peuplement (ex. : de 70 à 90 ans), une cohorte d'arbres aptes à remplir certaines des fonctions attendues de la rétention variable (complexité structurale et recrutement de bois mort). Étant donné que les caractéristiques de peuplement requises pour l'application de la CPPTM (structure irrégulière, abondance de petites tiges marchandes, etc.) sont généralement perdues à la suite d'une coupe totale, la CPPTM représente un gain, tant sur le plan écologique qu'économique. Ainsi, avant de mettre en place toute autre forme de rétention variable, on cherchera à utiliser le plein potentiel d'application de la CPPTM.*

*Il est intéressant de mentionner qu'une étude récente effectuée dans la forêt boréale de l'est (Tremblay, Savard et Ibarzabal, 2015) a démontré que la CPPTM pouvait s'avérer efficace pour fournir des tiges aptes à la nidification du pic à dos noir, une espèce sensible à la densité d'arbres récemment mort, et ce dans les premières années suivant le traitement sylvicole. La capacité de la CPPTM à recruter suffisamment de bois mort dans le temps reste toutefois à examiner.*

---

### Exemple de choix de modalités qui tiennent compte du régime des perturbations naturelles et des enjeux sur le territoire

Pour illustrer la démarche proposée aux sections précédentes, voici un exemple théorique d'application. Prenons un territoire où les perturbations graves sont causées par le feu. Les feux laissent sur place différents legs biologiques vivants, dépérissants et morts. Les legs vivants sont surtout laissés en bouquets et en îlots allant, en moyenne, de 0,05 à 1 ha, de sorte que de 10 à 15 % de la superficie perturbée est épargnée par le feu. Il y a également quelques arbres de fort diamètre dispersés à l'intérieur du périmètre de la perturbation.

À l'égard des enjeux d'aménagement du territoire, on trouve, entre autres :

- la simplification de la structure interne des peuplements;
- la raréfaction de l'épinette blanche;
- la présence d'une espèce menacée, le Garrot d'Islande, qui dépend du bois mort de gros calibre;
- la qualité visuelle des paysages.

Les modalités de rétention variable retenues pourraient donc comporter les éléments suivants :

- des bouquets et des îlots laissés intacts, allant en moyenne de 0,05 à 1 ha, bien répartis sur l'aire de coupe;
- un minimum de 10 % de la superficie récoltée laissés en bouquets ou en îlots;
- une composition des bouquets et des îlots représentative de la forêt récoltée;



- dans la mesure du possible, certaines épinettes blanches laissées intactes dans les bouquets ou les îlots;
- assurer un maintien de chicots de 40 cm ou plus de DHP présents sur l'aire de coupe et maintenir des tiges matures et déperissantes de 30 cm ou plus de DHP afin de fournir des substrats de nidification adéquat;
- un effort pour tirer parti des difficultés d'opérations forestières rencontrées sur le territoire (tenir compte des legs biologiques « opérationnels ») afin de diminuer les coûts d'implantation.

Dans le cas où l'on souhaiterait compléter les modalités de rétention par l'ajout d'arbres dispersés, on privilégiera l'épinette blanche, plus résistante au chablis. Ce choix doit toutefois se faire en considérant les difficultés de préparation de terrain (lorsque requise) que ce type de rétention amène.







## BIBLIOGRAPHIE

- ANGERS, V.-A. (2009). *L'enjeu écologique du bois mort – Complément au Guide pour la description des principaux enjeux écologiques dans les plans régionaux de développement intégré des ressources et du territoire*, [En ligne], Québec, Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, 45 p.  
[<http://www.mrn.gouv.qc.ca/publications/forets/amenagement/enjeu-bois-mort.pdf>].
- ANGERS, V.-A., et autres (2005). “Comparing Composition and Structure in Old-growth and Harvested (Selection and Diameter-limit Cuts) Northern Hardwood Stands in Quebec”, *Forest Ecology and Management*, vol. 217, n<sup>os</sup> 2-3, p. 275-293.
- ANGERS, V.-A., et autres (2014). *Complexité structurale des peuplements feuillus : Caractérisation, influences de l'aménagement et avenues pour la restauration*, Québec, Gouvernement du Québec, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, 88 p. (Rapport hors-série).
- BÉLAND, M. (2008). *Guide de terrain – Méthode d'inventaire par points d'observation et de prescription sylvicole pour les coupes à rétention variable au Québec*, Québec, CERFO, pour le ministère des Ressources naturelles et de la Faune, 91 p.
- BERGERON, Y., et autres (1999). « Stratégies d'aménagement forestier qui s'inspirent de la dynamique des perturbations naturelles : considérations à l'échelle du peuplement et de la forêt », *The Forestry Chronicle*, vol. 75, n<sup>o</sup> 1, p. 55-61.
- BLANCHETTE, P., et autres (2003). *Utilisation par le lièvre d'Amérique de peuplements traités par éclaircie précommerciale dans le domaine de l'érablière à bouleau jaune et de la pessière à mousses*, Québec, Société de la faune et des parcs du Québec, Direction de la recherche sur la faune, 63 p.
- BLANCHETTE, P., et autres (2010). *Guide d'aménagement de l'habitat de la gélinotte huppée pour les forêts mixtes du Québec*, [En ligne], Québec, Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Société de la gélinotte huppée inc. et Fondation de la faune du Québec, 55 p.  
[<http://www.fondationdelafaune.qc.ca/documents/File/GuideGelinotte.pdf>]
- BOUCHER, Y., et autres (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*, Québec, Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de la recherche forestière, 21 p. (Mémoire de recherche forestière;161).
- BOUCHER, D., L. DE GRANDPRÉ et S. GAUTHIER (2003). « Développement d'un outil de classification de la structure des peuplements et comparaison de deux territoires de la pessière à mousses du Québec », *The Forestry Chronicle*, vol. 79, n<sup>o</sup> 2, p. 318-328.
- BOUCHER, D., et autres (2015) « Effects of 80 Years of Forest Management on Landscape Structure And Pattern in the Eastern Canadian Boreal Forest », *Landscape Ecology*, vol. 30, p. 1913-1929.
- BOULET, B., et G. LANDRY (2015). *La carie des arbres : fondements, diagnostic et application, 3<sup>e</sup> édition*, Québec, Publications du Québec, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, 368 p.

- BOULET, B., et D. PIN (2015). *Le portrait de la forêt feuillue et mixte à feuillus durs au Québec – Les perturbations et leur effet sur la dynamique forestière – Document d'information*, Québec, Gouvernement du Québec, Bureau du forestier en chef, 31 p.
- BOULFROY, E., et autres (2013). *Bonification du portrait de la forêt préindustrielle de Portneuf en lien avec l'enjeu de structure interne des peuplements feuillus*, Québec, Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy (CERFO), 48 p. + annexes, (Rapport; 2013-11).
- BUJOLD, F., et autres (2004). *Effets de l'éclaircie précommerciale sur la diversité biologique – Document de support justifiant un objectif de protection et de mise en valeur des ressources du milieu forestier*, Québec, Gouvernement du Québec, 16 p. [Non publié].
- CENTRE D'ÉTUDE DE LA FORÊT (2008). *Avis scientifique portant sur les forêts mûres et surannées*, [En ligne]. 41 p. [[http://www.cef-cfr.ca/uploads/CEF/AvisCEF\\_versionfinale.pdf](http://www.cef-cfr.ca/uploads/CEF/AvisCEF_versionfinale.pdf)].
- CHABOT, M., et autres (2009). « Le feu en milieu forestier », dans ORDRE DES INGÉNIEURS FORESTIERS DU QUÉBEC, *Manuel de foresterie*, 2<sup>e</sup> éd., Québec, Éditions MultiMondes, p. 1037-1090.
- CROW, T. R., et autres (2002). "Effect of Management on the Composition and Structure of Northern Hardwood Forests in Upper Michigan", *Forest Science*, vol. 48, n<sup>o</sup> 1, p. 129-145.
- CYR, D., et autres (2009). "Forest Management is Driving the Eastern North American Boreal Forest Outside its Natural Range of Variability", *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol. 7, n<sup>o</sup> 10, p. 519–524.
- DESPONTS, M., et autres (2004). "The Eastern Boreal Old-growth Balsam Fir Forest: A Distinct Ecosystem", *Canadian Journal of Botany*, vol. 82, n<sup>o</sup> 6, p. 830-849.
- DOYON, F., et D. BOUFFARD, 2009. *Enjeux écologiques de la forêt feuillue tempérée québécoise*, Québec, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de l'environnement et de la protection des forêts, 63 p.
- DOYON, F., D. GAGNON et J.-F. GIROUX (2005). "Effects of Strip and Single-Tree Selection Cutting on Birds and Their Habitat in a Southwestern Quebec Northern Hardwood Forest", *Forest Ecology and Management*, vol. 209, n<sup>os</sup> 1-2, p. 101-115.
- DOYON, F., et autres (2006). *Enjeux de l'aménagement écosystémique dans l'érablière à bouleau jaune de l'Ouest*, [Conférence donnée lors du colloque de l'ACFAS sur les enjeux de la mise en place de la gestion écosystémique des forêts au Québec, 19 mai, Université McGill, Montréal].
- FRANKLIN, J. F., et R. VAN PELT (2004). "Spatial Aspects of Structural Complexity in Old-growth Forests", *Journal of Forestry*, vol. 102, n<sup>o</sup> 3, p. 22-28.
- GOODBURN, J. M., et C. G. LORIMER (1998). "Cavity Trees and Coarse Woody Debris in Old-Growth and Managed Northern Hardwood Forests in Wisconsin and Michigan", *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 28, n<sup>o</sup> 3, p. 427-438.
- GRENON, F. (2013). *Inventaire des témoins écologiques de la région de Chaudière-Appalaches*, Québec, Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. (CERFO), 32 p. + annexe, (Rapport; 2013-12).
- GUSTAFSSON, L., et autres (2012). "Retention Forestry to Maintain Multifunctional Forests: A World Perspective", *BioScience*, vol. 62, n<sup>o</sup> 7, p. 633-645.

- HUNTER, M. L. (éd.) (1999). *Maintaining Biodiversity in Forest Ecosystems*, Cambridge, Cambridge University Press, 698 p.
- JANSSEN, P., et D. FORTIN (2009). “Beetle Diversity in a Matrix of Old-Growth Boreal Forest: Influence of Habitat Heterogeneity at Multiple Scales”, *Ecography*, vol. 32, n° 3, p. 423-432.
- LECOMTE, N., et autres (2006). *Similarities and Differences Between Harvesting and Wildfire-induced Disturbances in Fire-mediated Canadian Landscapes*, Durham, Caroline du Nord, Research Triangle Park, National Council for Air and Stream Improvement Inc., 53 p. (Technical Bulletin; 924).
- LINDENMAYER, D. B., P. J. BURTON et J. F. FRANKLIN (2008). *Salvage Logging and Its Ecological Consequences*, Washington, D.C., USA, Island Press, 246 p.
- MCGEE, G. G., D. J. LEOPOLD et R. D. NYLAND (1999). “Structural Characteristics of Old-Growth, Maturing, and Partially Cut Northern Hardwood Forests”, *Ecological Applications*, vol. 9, n° 4, p. 1316-1329.
- MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS. *Intégration des enjeux écologiques dans les plans d'aménagement forestier intégré de 2018-2023, Cahier 3.2.1 – Enjeux liés à la planification tactique et opérationnelle de l'organisation spatiale des forêts dans la sapinière*, Québec, Gouvernement du Québec, Direction de l'aménagement et de l'environnement forestiers, 37 p. [À paraître].
- MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS. *Intégration des enjeux écologiques dans les plans d'aménagement forestier intégré de 2018-2023, Cahier 7.2. – Enjeux liés aux espèces sensibles à l'aménagement*, Québec, Gouvernement du Québec, Direction de l'aménagement et de l'environnement forestiers, 37 p. [À paraître].
- MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS (2014). *L'aménagement écosystémique dans un contexte d'épidémie de la tordeuse des bourgeons de l'épinette – Guide de référence pour moduler les activités d'aménagement dans les forêts publiques*, Québec, Gouvernement du Québec, Direction de l'aménagement et de l'environnement forestiers et Direction de la protection des forêts, 127 p.
- MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS (2015a). *Intégration des enjeux écologiques dans les plans d'aménagement forestier intégré de 2018-2023, Cahier 1.0 – Concepts généraux liés à l'aménagement écosystémique des forêts*, Québec, Gouvernement du Québec, Direction de l'aménagement et de l'environnement forestiers, 13 p. [Publié dans l'intranet du MFFP].
- MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS (2015b). *Intégration des enjeux écologiques dans les plans d'aménagement forestier intégré de 2018-2023, Cahier 3.1.1 – Enjeux liés à la planification tactique de l'organisation spatiale des forêts dans la pessière à mousses*, Québec, Gouvernement du Québec, Direction de l'aménagement et de l'environnement forestiers, 37 p. [Publié dans l'intranet du MFFP].
- MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS (2016a). *Intégration des enjeux écologiques dans les plans d'aménagement forestier intégré de 2018-2023, Cahier 2.1 – Enjeux liés à la structure d'âge des forêts*, Québec, Gouvernement du Québec, Direction de l'aménagement et de l'environnement forestiers, 67 p. [Publié dans l'intranet du MFFP].

- 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, Québec, Les Publications du Québec, 709 p.
- NAPPI, A., et autres (2011). *La récolte dans les forêts brûlées – Enjeux et orientations pour un aménagement écosystémique*, Québec, Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de l'environnement et de la protection des forêts, 51 p.
- NAPPI, A., P. DRAPEAU et A. LEDUC (2015). "How important is Dead Wood for Woodpeckers Foraging in Eastern North American Boreal Forests ?", *Forest Ecology and Management*, vol. 346, p. 10-21.
- RUDOLPHI, J., M. T. JÖNSSON et L. GUSTAFSSON (2014). "Biological Legacies Buffer Local Species Extinction after Logging", *Journal of Applied Ecology*, vol. 51, p. 53-62.
- ROY, M.-E., et autres (2009). *La détermination des enjeux écologiques régionaux liés à la mise en œuvre de l'aménagement écosystémique sur le territoire des unités d'aménagement forestier 064-52 et 061-51*, Ripon, Québec, Institut québécois d'aménagement de la forêt feuillue et M.C. Forêt inc., 38 p.
- TREMBLAY, J. A., J. P. L. SAVARD et J. IBARZABAL (2015). "Structural Retention Requirements for a Key Ecosystem Engineer in Conifer-Dominated Stands of a Boreal Managed Landscape in Eastern Canada", *Forest Ecology and Management*, vol. 357, p. 220-227.
- VAILLANCOURT, M.-A. (2008). *Effets des régimes de perturbation par le chablis sur la biodiversité et les implications pour la récupération*, Québec, Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction du développement socioéconomique, des partenariats et de l'éducation, Service de la mise en valeur de la ressource et des territoires fauniques, 58 p.

