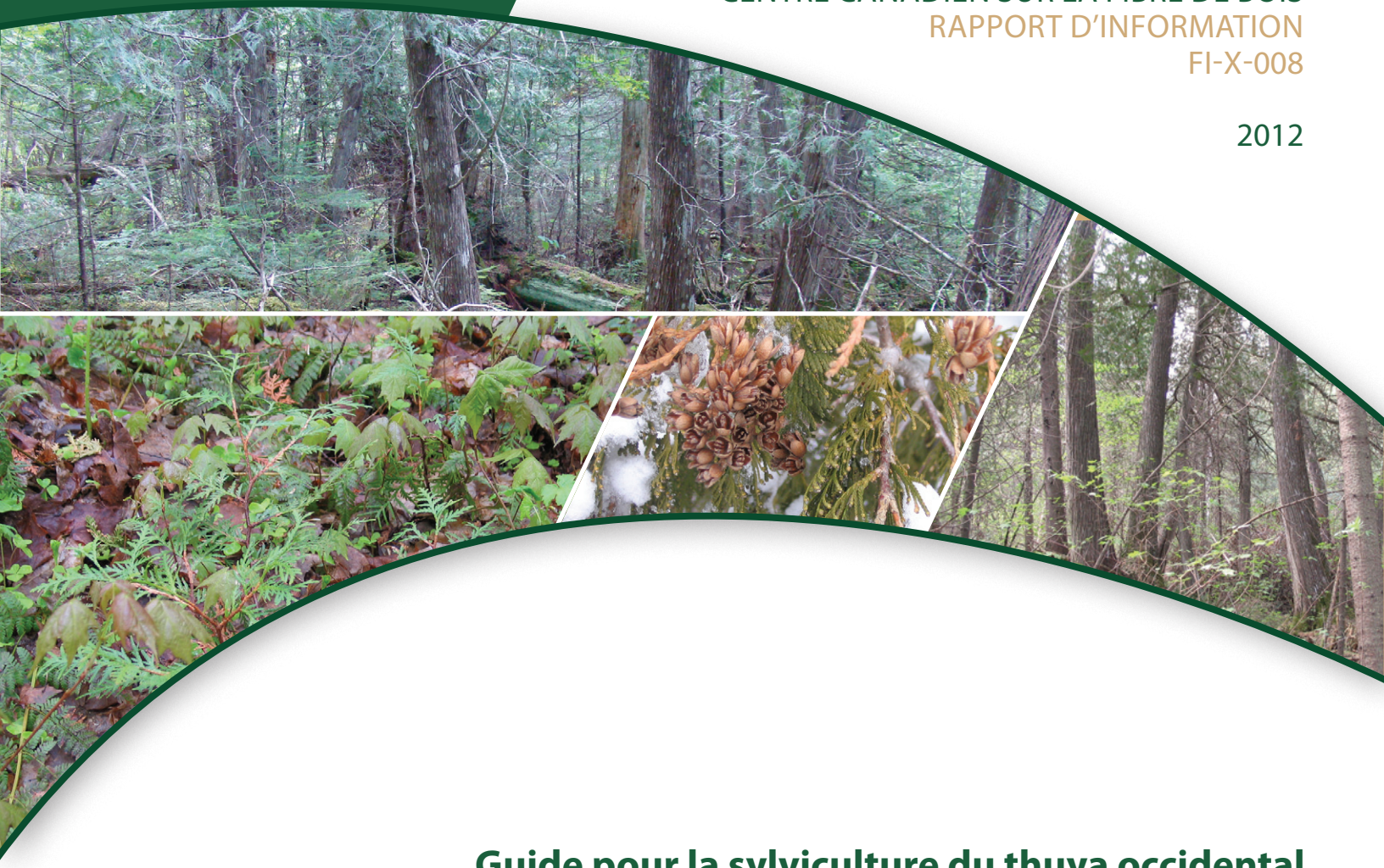
Ressources naturelles Canada
Natural Resources Canada

SERVICE CANADIEN DES FORÊTS
CENTRE CANADIEN SUR LA FIBRE DE BOIS
RAPPORT D'INFORMATION
FI-X-008

2012



# Guide pour la sylviculture du thuya occidental

Emmanuelle Boulfroy, Éric Forget, Philip V. Hofmeyer, Laura S. Kenefic, Catherine Larouche, Guy Lessard, Jean-Martin Lussier, Fred Pinto, Jean-Claude Ruel et Aaron Weiskittel

Canada

Le Centre canadien sur la fibre de bois réunit des chercheurs du secteur forestier qui tentent d'élaborer des solutions responsables sur le plan environnemental pour les industries de la fibre de bois du secteur forestier canadien. Sa mission vise à constituer un savoir novateur pour accroître les débouchés économiques afin que le secteur forestier puisse tirer profit des fibres ligneuses canadiennes. Le Centre canadien sur la fibre de bois fonctionne au sein du Service canadien des forêts, mais sous l'égide du conseil d'administration de FPInnovations.

FPInnovations est le plus important institut de recherche forestière privé à but non lucratif du monde. Avec plus de 500 employés déployés à travers le Canada, FPInnovations regroupe les expertises de plusieurs instituts de recherche et de développement reconnus mondialement en une force plus grande et unique. Pour de plus amples renseignements, veuillez visiter : **FPInnovations.ca**.

Des renseignements sur les travaux du Centre canadien sur la fibre de bois sont disponibles sur le Web, à l'adresse : **ccfb.rncan.gc.ca**. Pour télécharger ou commander des exemplaires supplémentaires de la présente publication, visitez le site Web « Publications du Service canadien des forêts » : **scf.rncan.gc.ca/publications**.

# Guide pour la sylviculture du thuya occidental

**Emmanuelle Boulfroy, Éric Forget, Philip V. Hofmeyer, Laura S. Kenefic, Catherine Larouche, Guy Lessard, Jean-Martin Lussier, Fred Pinto, Jean-Claude Ruel et Aaron Weiskittel**

Publié en collaboration avec le
USDA Forest Service

Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts
Centre canadien sur la fibre de bois
Rapport d'information FI-X-008

2012

Catalogage avant publication de Bibliothèque et Archives Canada

Guide pour la sylviculture du thuya occidental [ressource électronique] / Emmanelle Boulfroy ... [et collab.].

(Rapport d'information; FI-X-008)
Traduction d'un rapport publié par le USDA Forest Service (General Technical Report NRS-98).
Monographie électronique en format PDF.
Publ. par: Centre canadien sur la fibre de bois.
ISBN 978-1-100-99977-7
No de cat.: Fo148-1/8F-PDF

1. Thuya occidental--Canada (Est). 2. Thuya occidental--États-Unis (Nord-Est).
3. Thuya occidental--Écologie. 4. Sylviculture--Canada (Est).
5. Sylviculture--États-Unis (Nord-Est). I. Boulfroy, Emmanuelle, 1972- II. Canada.
Ressources naturelles Canada III. Centre canadien sur la fibre de bois IV.
Collection: Rapport d'information (Centre canadien sur la fibre de bois : En ligne) FI-X-008

SD397 T53 G84 2012 634.9'7565609713 C2012-980219-0

© Sa Majesté la Reine du Chef du Canada 2012
Numéro de catalogue Fo148-1/8F-PDF
ISBN : 978-1-100-99977-7
ISSN : 1929-9680

Le contenu de cette publication ou de ce produit peut être reproduit en tout ou en partie, et par quelque moyen que ce soit, sous réserve que la reproduction soit effectuée uniquement à des fins personnelles ou publiques, mais non commerciales, sans frais ni autre permission, à moins d'avis contraire.

On demande seulement :
- de faire preuve de diligence raisonnable en assurant l'exactitude du matériel reproduit;
- d'indiquer le titre complet du matériel reproduit et le nom de l'organisation qui en est l'auteur;
- d'indiquer que la reproduction est une copie d'un document officiel publié par le gouvernement du Canada et que la reproduction n'a pas été faite en association avec le gouvernement du Canada ni avec l'appui de celui-ci.

La reproduction et la distribution à des fins commerciales sont interdites, sauf avec la permission écrite de l'administrateur des droits d'auteur de la Couronne du gouvernement du Canada, Travaux publics et Services gouvernementaux (TPSGC). Pour de plus amples renseignements, veuillez communiquer avec TPSGC au 613-996-6886 ou à droitdauteur.copyright@tpsgc-pwgsc.gc.ca.

Cette publication est disponible sans frais en format PDF sur le site Web des publications du Service canadien des forêts : http://scf.rncan.gc.ca/publications?lang=fr_CA

La version anglaise du guide est publiée par le U.S. Department of Agriculture, Forest Service. The English version of this guide is published by the U.S. Department of Agriculture, Forest Service under the title "Silvicultural Guide for Northern White-Cedar (Eastern White Cedar)" - General Technical Report NRS-98, 2012 – ( http://nrs.fs.fed.us/ )

# AUTEURS

**Emmanuelle Boulfroy** est spécialiste en écologie au Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc., 2424, chemin Sainte-Foy, Québec (Québec) G1V 1T2, Canada. Courriel : e.boulfroy@cerfo.qc.ca

**Éric Forget** est ingénieur forestier chez Nova Sylva inc., 147, rue Joseph, bureau 203, Gatineau (Québec) J8L 1G3, Canada. Courriel : eric.forget@novasylva.ca

**Philip V. Hofmeyer** est professeur adjoint à l'Energy Training Center, Morrisville State College, Morrisville, NY 13408, États-Unis. Courriel : hofmeypv@morrisville.edu

**Laura S. Kenefic** est chercheuse au U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station, Penobscot Experimental Forest, 686 Government Road, Bradley, ME 04411, États-Unis. Courriel : lkenefic@fs.fed.us

**Catherine Larouche** est ingénieure forestière et chercheuse à la Direction de la recherche forestière du ministère des Ressources naturelles du Québec, 2700, rue Einstein, Québec (Québec) G1P 3W8, Canada. Courriel : catherine.larouche@mrn.gouv.qc.ca

**Guy Lessard** est ingénieur forestier au Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc., 2424, chemin Sainte-Foy, Québec (Québec) G1V 1T2, Canada. Courriel : g.lessard@cerfo.qc.ca

**Jean-Martin Lussier** est ingénieur forestier et chercheur au Centre canadien sur la fibre de bois, Ressources naturelles Canada, 1055, rue du P.E.P.S., Québec (Québec) G1V 4C7, Canada. Courriel : jean-martin.lussier@RNCan-NRCan.gc.ca

**Fred Pinto** est forestier professionnel inscrit (Ontario), spécialiste en recherche appliquée à la Section des sciences et de l'information du Sud, ministère des Richesses naturelles de l'Ontario, 3301 Trout Lake Road, North Bay (Ontario) P1A 4L7, Canada. Courriel : fred.pinto@ontario.ca

**Jean-Claude Ruel** est ingénieur forestier et professeur de sylviculture au département des sciences du bois et de la forêt de la faculté de foresterie, de géographie et de géomatique, Université Laval, 2405, rue de la Terrasse, Québec (Québec) G1V 0A6, Canada. Courriel : jean-claude.ruel@sbf.ulaval.ca

**Aaron Weiskittel** est professeur adjoint à la School of Forest Resources, University of Maine, Orono, ME 04469, États-Unis. Courriel : aaron.weiskittel@maine.edu

**Photos sur la couverture**

En haut au centre : Cônes sur le feuillage d'un thuya. Photo : Sabrina Morissette.
En haut à gauche : Peuplement de thuyas. Photo : Stéphane Tremblay, MRN.
En bas à droite : Peuplement de thuyas. Photo : Sabrina Morissette.
En bas à gauche : Semis de thuya. Photo : Catherine Larouche, MRN.

# TABLE DES MATIÈRES


**Introduction** ..... 1
**Propriétés et valeurs** ..... 2
Pourquoi aménager en fonction du thuya? ..... 2
Propriétés du bois ..... 3
Caractéristiques des billes et autres usages du thuya ..... 4
Propriétés pharmacologiques ..... 5
Valeurs autochtones ..... 5
Importance du thuya pour la biodiversité ..... 5
**Perturbations naturelles et agents nuisibles** ..... 8
**Écologie forestière** ..... 9
Thuya ..... 9
Essences compagnes ..... 12
**Associations d'espèces et stations** ..... 17
Québec ..... 17
Nord-est des États-Unis ..... 19
Ontario ..... 19
Description de quatre stations typiques du thuya ..... 20
**Sylviculture** ..... 21
Processus de sélection d'un traitement sylvicole ..... 21
Considérations pour la sylviculture du thuya ..... 23
Guide décisionnel pour la sylviculture du thuya ..... 27
Aménagement écosystémique ..... 34
**Remerciements** ..... 35
**Conversion du système international au système impérial** ..... 36
**Travaux cités** ..... 37
**Annexe I : Croissance et rendement** ..... 47
Dimension et croissance des arbres ..... 47
Dynamique des peuplements ..... 51
Tables de rendement pour un aménagement équienne ..... 53
**Annexe II : Description de quatre stations typiques du thuya** ..... 55
**Annexe III : Classifications écologiques** ..... 64
**Annexe IV : Définitions des traitements sylvicoles** ..... 69
**Annexe V : Évaluation sylvicole** ..... 71

# RÉSUMÉ

Le thuya occidental (*Thuja occidentalis* L.) est une espèce d'arbre importante dans le nord-est des États-Unis et dans la partie mitoyenne du Canada. Il se présente à la fois en peuplements purs et en peuplements mixtes de feuillus ou de résineux au sein desquels il constitue une essence mineure. Les praticiens disposent pourtant de peu d'information, voire souvent d'informations contradictoires, sur l'écologie et la sylviculture du thuya. À l'initiative de Maibec et prenant acte de ce besoin, un groupe de chercheurs universitaires et gouvernementaux des États-Unis et du Canada se sont lancés dans des recherches collaboratives qui se sont étalées sur plus d'une décennie. Ce guide inclut plusieurs des résultats de recherche issus de cette initiative. Il comprend un aperçu des valeurs marchandes et non marchandes du thuya ainsi que de son autécologie et de celle de ses essences compagnes, une estimation des volumes en thuya dans le nord-est des États-Unis, au Québec et en Ontario, ainsi que des lignes directrices sylvicoles s'appuyant sur la littérature scientifique déjà publiée sur ce sujet et sur de nouvelles études portant sur les rapports entre la régénération, la croissance, la mortalité, les caractéristiques de la station et les réactions aux traitements. Le thuya présentant généralement une croissance lente et un recrutement faible, voire nul, sur la plupart des placettes d'inventaire de son aire de distribution, il semble justifié d'établir des prescriptions sylvicoles le ciblant explicitement. Nous recommandons notamment dans ce guide la conservation et le dégagement du thuya dans les peuplements aménagés ainsi que l'établissement et la protection de la régénération préétablie de thuya et d'arbres résiduels durant la récolte. En ce qui concerne la régénération des peuplements comprenant une composante de thuyas, nous suggérons des coupes partielles utilisant, par exemple, les méthodes de « coupe de jardinage » ou de « coupe progressive irrégulière ». Toutefois, il conviendra dans ce contexte de prendre en considération le broutage par le cerf de Virginie (*Odocoileus virginianus* Zimmermann) qui peut avoir une influence sur les résultats du traitement. Une fois établi, le thuya réagit bien au dégagement et profitera du contrôle des espèces concurrentes et des traitements d'éclaircie. Dans le cas des peuplements mixtes où ce sont des essences plus dominantes que les thuyas qui déterminent les prescriptions sylvicoles à l'échelle du peuplement, il est essentiel, en vue de conserver les thuyas, de faire preuve de souplesse quant aux traitements appliqués. Nous proposons dans ce cadre une démarche par « micropeuplement » où des îlots de thuyas sont repérés et aménagés de manière spécifique.

# ABSTRACT

Northern white-cedar (eastern white cedar; *Thuja occidentalis* L.) is an important tree species in the northeastern United States and adjacent Canada, occurring both in pure stands and as a minor species in mixed stands of hardwoods or other softwoods. Yet practitioners have little and often contradictory information about cedar ecology and silviculture. Upon Maibec's initiative and in response to this information need, a group of university and government researchers in the United States and Canada embarked on more than a decade of collaborative research; this guide is a compilation of the knowledge generated by that effort. It includes an overview of the commodity and non-commodity values of cedar, silvics of cedar and companion species, descriptions of the cedar resource in the northeastern United States, Quebec, and Ontario, and silvicultural guidelines based on previously published literature and new studies of cedar regeneration, growth, mortality, site relationships, and responses to treatment. With generally slow growth and little to no ingrowth on most inventory plots in its distribution area, silvicultural prescriptions that explicitly address cedar are warranted. Recommendations include retaining and releasing cedar in managed stands, as well as establishing and protecting advance cedar regeneration and residual trees during harvesting. Partial cutting (e.g., the selection or irregular shelterwood method) is suggested for regenerating stands with a component of cedar, though browsing by white-tailed deer (*Odocoileus virginianus* Zimmermann) may influence treatment outcomes and must be considered. Once established, cedar responds well to release and will benefit from competition control and thinning. In mixedspecies stands, within-stand flexibility of treatment is critical for maintaining cedar when other, more dominant species are driving silvicultural prescriptions at the stand level; a "micro-stand" approach in which pockets of cedar are identified and managed is suggested.

# INTRODUCTION 1

En dépit de son importance pour la biodiversité et de l'utilisation qui en est faite dans un grand nombre de produits, le thuya occidental (*Thuja occidentalis* L.), parfois appelé cèdre blanc ou thuya du Canada et que nous appellerons simplement « thuya » dans le présent guide, est souvent considéré comme une essence secondaire. Il fait partie des essences ayant une importance économique qui sont les moins étudiées en Amérique du Nord. Face au thuya, les aménagistes et les sylviculteurs disposent donc de peu d'information, ou parfois d'informations contradictoires, concernant ses caractéristiques et son potentiel. La difficulté d'un aménagement en fonction d'objectifs multiples rend délicate sa prise en considération dans des prescriptions sylvicoles. En conséquence, les traitements sylvicoles sont souvent inadéquats pour garantir un renouvellement des peuplements purs ou des composantes de thuya au sein de peuplements mixtes. Il y a donc risque d'un appauvrissement de la biodiversité de la forêt et d'une baisse du niveau de récolte jugé durable du thuya.

Durant les dix dernières années, des professeurs et des étudiants de deuxième et de troisième cycles de la University of Maine à Orono (Maine), aux États-Unis, et de l'Université Laval à Québec (Québec), au Canada, ont collaboré avec des chercheurs gouvernementaux des États-Unis et du Canada en vue d'améliorer la compréhension de l'autécologie et de la sylviculture du thuya. À l'initiative de la compagnie Maibec qui percevait des lacunes dans la sylviculture du thuya, ce groupe de chercheurs a entrepris d'élaborer et de publier un guide de sylviculture destiné à aider les forestiers à prendre des décisions lorsqu'ils sont confrontés à l'aménagement du thuya. Étant donné que la majorité de l'aire de distribution du thuya couvre le sud-est du Canada et le nord-est des États-Unis, ce guide est l'œuvre d'experts de ces deux pays.

L'élaboration d'un guide de sylviculture concernant une essence qui se présente souvent comme une composante mineure de peuplements dominés par d'autres essences et aménagés, en conséquence, en fonctions de ces essences dominantes, s'avère être une entreprise particulièrement délicate. Plutôt que d'utiliser une approche normative, nous avons choisi de présenter les principales informations concernant le thuya et ses essences compagnes et de laisser à l'initiative des sylviculteurs le choix des meilleures solutions sylvicoles à adopter dans leur contexte. Ce guide s'applique à tous les peuplements comprenant des thuyas, que ces derniers constituent l'essence dominante ou une composante mineure d'un peuplement. Il peut être utilisé par les sylviculteurs intervenant en terres publiques ou en terres privées ainsi que par les propriétaires de boisés partout dans l'est du Canada et des États-Unis.

En raison de sa croissance lente, de la diversité des écosystèmes qu'il occupe et de la prédilection du cerf de Virginie (*Odocoileus virginianus* Zimmermann) et d'autres espèces de mammifères brouteurs à son égard, le thuya est une essence dont l'aménagement présente de nombreux défis. Nous espérons que ce guide sera un outil utile aux professionnels et aux propriétaires forestiers des deux pays.

## Pourquoi aménager en fonction du thuya?

Le thuya constitue souvent une composante mineure de peuplements mixtes qui n'est récoltée qu'à l'occasion lors d'opérations visant des essences plus abondantes. Le peu d'attention accordée à la sylviculture du thuya a eu des impacts négatifs dans l'ensemble de son aire de répartition. Les thuyas récoltés dans des peuplements mixtes sont souvent remplacés par des essences compagnes plus abondantes et plus agressives, entraînant une modification de la composition du peuplement [58]. Une diminution de l'abondance du thuya a été signalée pour des régions entières du Québec [13, 75]. Dans le sud de l'Ontario, le thuya est devenu moins dominant dans les peuplements où il était présent, alors que, simultanément, le nombre global de peuplements comprenant des thuyas diminuait [112]. Dans certaines régions du nord-est des États-Unis, le niveau de récolte excède le rendement soutenu [89].

Cette diminution de la quantité de thuyas et notre incapacité à recruter de nouveaux arbres sont-elles préoccupantes? Oui, et ce, pour de nombreuses raisons. Le thuya est doté d'importantes valeurs économiques, sociales et spirituelles. Du point de vue de la production de biens, entre 275 000 et 350 000 m³ (115 000 à 150 000 cordes) de thuyas sont récoltés et transformés chaque année en Nouvelle-Angleterre, en Ontario et au Québec [33, 66, 88]. À elles seules, les billes livrées aux scieries représentent un chiffre d'affaires annuel de 15 à 20 millions de dollars américains. Le thuya apporte une contribution importante à des marchés de niche pour des produits spécialisés comme les bardeaux et les poteaux de clôture et constitue une essence de choix pour la production de bois d'œuvre d'apparence, d'éléments de jardin, de mobilier d'extérieur et de nombreux autres produits. La majorité des résidus de la transformation du thuya est utilisée dans la production de paillis horticole. La récolte et la transformation du thuya contribuent donc au développement économique de plusieurs communautés, notamment celles dépendantes de l'aménagement forestier et des activités de transformation du bois.

Le thuya contribue également à de nombreuses valeurs non marchandes. Il s'agit de l'une des plantes sacrées des autochtones [40] et il est largement reconnu pour les possibilités qu'il offre pour la fabrication de produits forestiers non ligneux, comme des médicaments et des huiles essentielles. Il apporte en outre une contribution importante à la biodiversité en augmentant la diversité en essences à l'échelle locale, en offrant un habitat pour les espèces animales [48], en augmentant la structure verticale grâce au port unique de sa cime [142] et en favorisant la multiplication végétative par l'intermédiaire du marcottage [72]. La durée de vie du thuya étant très longue et le nombre d'insectes nuisibles s'y attaquant étant assez faible, il dispose du potentiel nécessaire pour un aménagement en vue de l'obtention de caractéristiques de forêts anciennes ou de fin de succession [47]. Les peuplements purs de thuyas peuvent s'implanter sur des stations humides ou fortement perturbées [82] et sont donc en mesure de jouer un rôle important dans le maintien d'un couvert forestier dans des zones mal adaptées à d'autres espèces forestières.

Le thuya fournit un couvert et une source d'alimentation pour le cerf [132], mais l'accroissement des populations de ce cervidé a mené à de sérieux problèmes de recrutement en thuya dans de nombreuses régions [136]. Cette situation met en danger à la fois la durabilité de la ressource en thuya et la qualité de l'habitat, en particulier dans les aires d'hivernage du cerf (ravages). S'il est vrai qu'interdire complètement la récolte sur ces peuplements ou simplement interdire la récolte des thuyas présents constituerait des mesures susceptibles de protéger les arbres existants, il demeure qu'elles auraient peu d'effet sur l'amélioration de la croissance et de la vigueur des arbres existants ainsi que sur le recrutement de nouveaux arbres ou de nouveaux peuplements permettant de former un futur habitat [32, 137]. On a observé que les peuplements purs non aménagés de thuyas présentaient un faible taux de perturbation du couvert forestier accompagné d'un recrutement limité de nouveaux arbres [45]. Des traitements sylvicoles appropriés au sein des ravages pourraient améliorer la vigueur des arbres et accroître le

recrutement, et ce, sans dégrader les valeurs existantes de l'habitat.

Il est important pour ces différentes raisons que les plans d'aménagement et les prescriptions sylvicoles, y compris ceux visant des peuplements mixtes dominés par d'autres essences, soient modifiés en vue de maintenir une composante de thuyas. Il est de notre responsabilité, en tant que sylviculteurs, de soutenir cette essence et ses très nombreuses valeurs écologiques, économiques et sociales.

## Propriétés du bois

Le thuya constitue une essence recherchée et de grande valeur pour la fabrication de nombreux produits commerciaux. D'une belle couleur brun clair, son bois est doté de faibles propriétés physiques, mais présente, en revanche, des caractéristiques favorables pour la transformation du bois et une durabilité naturelle remarquable (tableau 1).

Le bois de thuya accepte directement de nombreuses colles comme adhésif et retient bien la teinture; il réagit également très bien à la peinture.

Les produits en thuya présentent une excellente durabilité et nécessitent peu d'entretien. Le bois de thuya contient des agents de conservation naturels qui le protègent, après la récolte, de la pourriture et des insectes. Contrairement à d'autres essences riches en tanins, le thuya peut être teint à peu près de n'importe quelle couleur imaginable, de la plus pâle à la plus sombre, ce qui en fait la solution privilégiée pour un grand nombre d'utilisations domestiques (bardeaux muraux, équipements pour terrain de jeux, terrasses, jardinières, etc.).

**Tableau 1. Propriétés physiques et propriétés pour la transformation du bois du thuya**

| Propriétés | Valeurs |
|---|---|
| Propriétés physiques | |
| Couleur | Duramen[a] : brun clair<br>Aubier[b] : presque blanc [16] |
| Densité | La plus faible parmi les essences compagnes[c] : 340 kg/m$^3$ (21,23 lb/pi$^3$) [68] |
| Flexion statique: | |
| module de rupture[d] (MOR) 12 % | MOR : le plus faible parmi les essences compagnes : 4,31 kg/mm$^2$ (6 130 lb/po$^2$) |
| module d'élasticité[e] (MOE) 12 % | MOE : le plus faible parmi les essences compagnes : 446 kg/mm$^2$ (635 000 lb/po$^2$) [68] |
| Propriétés pour la transformation du bois [86] (% de succès[f] – succès relatif[g]) | |
| Dégauchissage | 71 – Moyen à élevé |
| Ponçage | 94 – Très élevé |
| Perçage | Foret à double liste : 100 – Très élevé |
| | Foret à dents : 68 – Moyen |
| Mortaise | 56 – Moyen |
| Moulure | 60 – Moyen à élevé |
| Tournage | 98 – Très élevé |

[a] La partie intérieure non vivante de la tige d'un arbre qui, à la suite de processus normaux de vieillissement génétiquement contrôlés, se modifie au fur et à mesure que les cellules meurent pour atteindre un état protecteur qui lui permet de fournir un soutien mécanique [131].
[b] Il s'agit des couches extérieures de la tige qui, chez un arbre vivant, se composent de cellules vivantes et conduisent l'eau jusqu'au sommet de l'arbre; il convient de noter que l'aubier est habituellement plus clair que le duramen [131].
[c] Voir le tableau 5 pour une liste des essences compagnes.
[d] Une mesure de la contrainte maximale pouvant être exercée par application d'une charge de flexion sur la fibre de bois avant la rupture (compression ou tension) [131].
[e] Une mesure de la déformation du bois sous application d'une charge égale au rapport effort-déformation au sein de la plage d'élasticité (lorsque la déformation est proportionnelle à l'effort appliqué) [131].
[f] La pourcentage de succès correspond à la notation pour le thuya.
[g] Le succès relatif correspond à la notation pour le thuya comparée à la notation des essences compagnes.

En raison de son exceptionnelle résistance naturelle à la carie, le bois de thuya est souvent transformé en bois d'œuvre ou en bardeaux pour une utilisation dans des applications où les risques de pourriture sont grands (lambris, bateaux, serres, mobilier extérieur, etc.). Les billes de thuya sont également exploitées pour la fabrication de produits résistant aux dégradations provoquées par l'eau et par le sol, comme des poteaux de clôture ou des pieux [72].

Les effets de la sylviculture sur les propriétés du bois de thuya sont inconnus.

## Caractéristiques des billes et autres usages du thuya

Selon les produits finaux envisagés, les billes de thuya doivent présenter des qualités et des caractéristiques différentes. Leur valeur dépend de leur dimension (longueur et diamètre), de leur qualité (définie selon la présence ou l'absence de défauts ou d'attributs comme les nœuds, la pourriture, la courbure, la cambrure, les trous d'oiseaux ou d'insectes, la roulure et la teneur en humidité) et de la demande sur le marché. En 2010, un mètre cube de thuya livré à la scierie valait, en fonction de la qualité des billes et de l'état de la demande sur le marché, entre 18 et 100 $ US, soit 40 à 240 $ US la corde (tableau 2).

Le paillis de thuya, utilisé en règle générale en décoration et pour l'aménagement paysager, présente, outre ses qualités esthétiques, de nombreux avantages : il empêche la croissance des mauvaises herbes, maintient l'humidité du sol et fournit une isolation durant la saison froide.

Les branches et les cônes du thuya servent à la fabrication de couronnes décoratives, de pots-pourris et de sachets, alors que son écorce déchiquetée constitue un excellent allume-feu. L'écorce interne

**Tableau 2. Utilisation et valeur des billes de thuya**

| Utilisation | Qualité de la bille | Dimension de la bille | Valeur de la bille (en $ US de 2010) |
|---|---|---|---|
| Moulures d'intérieur,<br>Lambrissage, qualité menuiserie<br>Recouvrement extérieur | Saine et droite à 100 % (aucun défaut)<br>Saine et droite à 100 %<br>Saine et droite à 100 %. Les nœuds sains et serrés sont tolérés. | Diamètre au fin bout (sans écorce) : ≥ 15 cm (6 po)<br>Longueur : ≥ 1,85 m (6 pi) | ± 80 $/m³<br>± 200 $/corde |
| Bardeau | Billes de 22 cm (8,5 po) à 40 cm (16 po) de diamètre, avec un minimum de 10 cm (4 po) de bois périphérique sain sur 3 faces (on peut tolérer jusqu'à 50 % du volume de la bille atteint de carie du cœur)<br>Billes de plus de 40 cm (16 po) de diamètre, avec un minimum de 13 cm (5 po) de bois périphérique sain sur 3 faces (on peut tolérer jusqu'à 50 % du volume de la bille atteint de carie du cœur)<br>Restriction minimale sur la courbure (billes de 22 à 40 cm et de 40 cm et plus) | Diamètre au fin bout (sans écorce) : ≥ 22 cm (8,5 po)<br>Longueur : ≥ 2,65 m (8 pi 8 po) | ± 65 $/m³<br>± 155 $/corde |
| Mobilier extérieur, éléments de jardin et éléments paysagers, éléments de clôture | Saine et droite à 100 % (aucun défaut) | Diamètre au fin bout (sans écorce) : ≥ 13 cm (5 po)<br>Longueur : ≥ 1,85 m (6 pi) | ± 60 $/m³<br>± 145 $/corde |
| Poteau | Saine et droite | Diamètre au fin bout (sans écorce) : ≥ 5 cm (2 po)<br>Longueur : ≥ 1,85 m (6 pi) | |
| Paillis | Toute bille ne répondant pas aux critères précédents<br>Résidus de production en provenance de scieries de thuya | N'importe quelle dimension | ± 18 $/m³<br>± 43 $/corde |

était traditionnellement utilisée comme fibre pour la fabrication de cordes et de tissus [5]. Les branches de thuya, une fois récoltées et distillées, permettent de fabriquer une huile essentielle servant à repousser les papillons de nuit, ainsi qu'un ingrédient entrant dans la composition de nettoyants ménagers et de cosmétiques.

## Propriétés pharmacologiques

Le thuya présente des propriétés immunostimulantes et antivirales. Combiné avec d'autres plantes immunomodulatrices comme l'échinacée pourpre (*Echinacea purpurea* [L.] Moench), l'échinacée pâle (*Echinacea pallida* [Nutt.] Nutt.) ou la baptisie des teinturiers (*Baptisia tinctoria* [Bapt.]), il est utilisé en phytothérapie pour traiter les infections des voies respiratoires supérieures et comme adjuvant des antibiotiques dans les infections bactériennes telles que les bronchites, les angines, les pharyngites, les otites moyennes et les sinusites [97].

L'huile de thuya entre comme l'un des ingrédients principaux dans la composition de nombreux médicaments commerciaux et alternatifs, notamment pour le traitement des rhumes [40]. La richesse du thuya en thujone, qui représente 65 % de l'huile essentielle des feuilles fraîches, rend toutefois délicate son utilisation en tant qu'herbe médicinale puisque cette substance est toxique. La thujone peut en effet être à l'origine de vomissements, de douleurs d'estomac, de diarrhées, de gastro-entérites, de troubles de l'absorption, d'agitation nerveuse, de convulsions chroniques et de symptômes de toxicité hépatique et rénale [97].

## Valeurs autochtones

Considéré comme une ressource importante à des fins culturelles et traditionnelles, le thuya constitue l'un des quatre remèdes sacrés pour de nombreux peuples autochtones nord-américains. Il est exploité depuis des siècles à des fins médicinales sous de multiples formes : l'infusion de ses feuilles ou de son écorce interne est notamment consommée comme remède contre la toux. Ses vapeurs sont inhalées dans des sueries pour combattre rhumes, maux de tête, fièvre et rhumatismes [40] et on sait que la vitamine C qu'il contient a aidé à prévenir le scorbut [38] durant les hivers où fruits et légumes n'étaient pas disponibles [83]. Le thuya est aussi brûlé durant les prières et les cérémonies de méditation à des fins de purification, d'apaisement et de bénédiction.

Les peuples autochtones ont découvert les propriétés uniques du thuya il y a bien longtemps et ont su exploiter sa légèreté et sa résistance à la pourriture en utilisant son bois pour la construction du cadre des canots en bouleau à papier (*Betula papyrifera* Marsh.) [83].

Jacques Cartier, premier Européen à atteindre le Canada, a mentionné dans son journal de voyage que durant l'hiver 1534-1535, à Stadacona (ville de Québec), il avait traité son équipage atteint du scorbut avec une décoction d'écorce de thuya recommandée par les autochtones [11].

## Importance du thuya pour la biodiversité

Le maintien de la biodiversité constitue une composante essentielle d'un aménagement forestier durable. Le thuya contribue à la structure et au fonctionnement des écosystèmes en raison de sa longévité [2], de la spécificité de la forme de sa tige et de la structure de sa cime [141], de sa tendance à la carie lorsqu'il est encore vivant [61], de sa résistance à la pourriture lorsqu'il se trouve sous forme de chicot [48] ou de débris ligneux, ainsi que de sa présence en tant qu'essence mineure dans des peuplements dominés par d'autres essences.

### Structure et composition

Les individus peuvent vivre très longtemps et les peuplements de thuyas sont souvent présents dans des régions n'ayant pas connu de perturbation récente à l'origine d'un rajeunissement des peuplements [81]. C'est la raison pour laquelle ils peuvent être associés avec des espèces de fin de succession ou avec des espèces rares. On a recensé, dans le Maine, 17 plantes rares associées avec des stations humides peuplées de thuyas [17] et de nombreuses espèces de plantes associées au thuya sont classées comme « en péril » ou « menacées » dans plusieurs États ou provinces (tableau 3). Le thuya contribue également à la diversité

**Tableau 3. Espèces végétales « en voie de disparition » ou « menacées » associées au thuya dans le nord-est des États-Unis [98], en Ontario [107] et au Québec [35]**

| Nom commun | Nom scientifique |
|---|---|
| Orchis à feuille ronde | *Amerorchis rotundifolia* (Banks ex Pursh) Hultén |
| Calypso bulbeux | *Calypso bulbosa* (L.) Oakes |
| Cypripède royal | *Cypripedium reginae* Walter |
| Corallorhizae striée | *Corallorhiza striata* Lindl. var. striata |
| Doradille ambulante | *Asplenium rhizophyllum* L. |
| Cypripède tête-de-bélier | *Cypripedium arietinum* W.T. Aiton |
| Céanothus d'Amérique | *Ceanothus americanus* L. |

en essences en tant que composante mineure de peuplements mixtes dans son aire de répartition.

Par rapport aux résineux auxquels ils sont associés, les thuyas présentent une partie plus importante de leur feuillage à un niveau inférieur de leur cime [141], contribuant ainsi à la stratification verticale du couvert forestier. Le thuya est également très résistant à la pourriture après sa mort et, comparativement à d'autres essences, son bois mort demeure sous cette forme pour une durée beaucoup plus longue [48].

## Habitat pour les espèces animales

Les arbres matures et les peuplements anciens fournissent un habitat de choix à plus de la moitié des vertébrés vivant dans les peuplements de thuyas des régions de la forêt boréale et de la forêt des Grands Lacs et du Saint-Laurent [65].

Le cerf, l'orignal (*Alces alces* Gray) et le lièvre d'Amérique (*Lepus americanus* Erxleben) broutent le thuya et l'utilisent comme abri en hiver. Dans la région de la forêt boréale, le thuya des basses terres est considéré comme l'habitat de reproduction de choix pour 21 espèces d'oiseaux et une espèce de mammifère, en plus d'être habité à l'année par la mésange à tête brune (*Poecile hudsonicus* Forster) et par trois mammifères [65] (figure 1); le thuya des hautes terres constitue quant à lui l'habitat de reproduction de choix pour 20 espèces d'oiseaux et il est habité à l'année par deux espèces d'oiseaux et six espèces de mammifères [65]. Plus au sud, dans la région de la forêt des Grands Lacs et du Saint-Laurent, le thuya des basses terres représente l'habitat de reproduction de choix pour 23 espèces d'oiseaux et pour une espèce de mammifère (*Lynx canadensis* Kerr), tandis que le thuya des hautes terres est celui de 17 espèces d'oiseaux et d'une espèce de mammifère [65]. De plus, les peuplements de thuyas de la région de la forêt des Grands Lacs et du Saint-Laurent offrent un habitat de choix à l'année pour trois espèces d'oiseaux et huit espèces de mammifères supplémentaires.

## Aires d'hivernage du cerf (ravages)

La survie hivernale du cerf aux limites nord de son aire de répartition est directement liée à la disponibilité et à la qualité de l'habitat dans les ravages constitués de peuplements dominés par des résineux présentant un couvert forestier élevé et majoritairement fermé. Ces peuplements fournissent de la nourriture et une protection aux cerfs pendant l'hiver, alors qu'une couche de neige épaisse empêche le broutage et que les dépenses énergétiques liées aux déplacements

Figure 1. Thuya au nord de Gatineau, au Québec. Photo utilisée avec la permission d'Éric Forget, Nova Sylva Inc.

sont importantes. Les sylviculteurs devraient prendre connaissance de la réglementation locale concernant les ravages afin de s'assurer de respecter les contraintes liées au taux de prélèvement et à la récolte des essences résineuses. Les contraintes découlant de ces réglementations et des besoins du cerf sur le plan de l'habitat pourraient limiter les traitements sylvicoles susceptibles d'y être appliqués.

## Diversité génétique

La morphologie du thuya varie peu dans l'ensemble de son aire de distribution, aucune race ni aucune variété n'ayant été signalées. Une étude de provenance à l'échelle de l'aire de répartition montre toutefois l'existence de variations génétiques significatives [72]. Des écotypes des hautes terres et des basses terres ont été repérés, dans le Wisconsin, dans un rayon d'un kilomètre l'un de l'autre [96]; la mesure de cette différenciation reste cependant mal documentée. Aucun hybride naturel ou artificiel n'a été signalé.

En l'absence de données sur les caractères adaptatifs du thuya, une politique raisonnable consisterait à utiliser des graines de provenance locale pour les plantations. Néanmoins, si l'on pense qu'un changement climatique est très susceptible de se produire, il pourrait être préférable de prendre en considération ce phénomène pour choisir les provenances des graines. Cependant, compte tenu du manque d'information concernant la génétique du thuya, la meilleure solution dans ce contexte serait de déterminer le choix des provenances en fonction du comportement mieux documenté de résineux associés comme l'épinette blanche (*Picea glauca* [Moench] Voss) et l'épinette noire (*Picea mariana* [Mill.] B.S.P.).

Le thuya se reproduit et se régénère fréquemment au sein de peuplements connaissant des perturbations de faible intensité qui créent de microtrouées dans le couvert forestier [9, 22], ou dans des zones où les perturbations catastrophiques à l'origine d'un rajeunissement des peuplements sont rares [140, 144] (figure 2). La susceptibilité et la vulnérabilité du thuya à ces perturbations et à d'autres perturbations d'origine naturelle dépendent d'un certain nombre de facteurs. Les caractéristiques morphologiques du thuya, c'est-à-dire une cime proche du sol [141] et une écorce fine et filandreuse, laissent supposer une probabilité élevée de mortalité par le feu. Il est de plus enclin aux dommages causés par le vent, la glace et la neige en raison de la faiblesse de son bois [8], et ce, particulièrement lorsque le duramen est attaqué par des champignons. Des cassures peuvent également provoquer une déformation permanente de la tige [116]. En revanche, il est probable que de grandes quantités de bois en décomposition se retrouvent sur le sol forestier du fait de ces perturbations, ce qui pourrait faciliter sa reproduction [26, 28]. Les chicots de thuya possèdent une longue durée de vie [48] et contribuent à la production de caractéristiques structurales et d'un habitat pour les espèces animales.

Les microtrouées créées par un ou plusieurs arbres mourants peuvent être remplies par une régénération préétablie de thuyas puisqu'ils sont adaptés à la production de banques de semis [78]. Les semis et les gaules de thuya peuvent survivre pendant de longues périodes au niveau du sous-étage sous réserve que le broutage des animaux sauvages soit limité, augmentant ainsi leurs chances d'atteindre l'étage dominant.

Le duramen du thuya est souvent attaqué par les champignons. La résistance du thuya à la carie est moyenne sur les sites xériques et basiques et très faible sur les sites humides et acides [14]. Le cœur rouge, provoqué par le *Stereum sanguinolentum*, est une maladie fréquente du fût, le champignon pénétrant les blessures de ce dernier, les branches vivantes ou mortes, les fourches brisées par le poids de la neige ou de la glace, ou les blessures produites par l'élagage. Les vieux arbres sont souvent victimes de la carie brune alvéolaire du pied (*Coniophora puteana* et *Phaeolus schweinitzii*) et de la carie blanche plumeuse du pied (*Odontia bicolor, Perenniporia subacida* et *Scytinostroma galactinum*) [4, 14].

Figure 2. Chablis dans un peuplement de thuyas au nord de Gatineau, au Québec. Photo utilisée avec la permission d'Éric Forget, Nova Sylva Inc.

Les fourmis charpentières (*Camponotus* sp.) s'attaquent souvent au duramen partiellement carié des arbres vivants [15]. Les mineuses des feuilles (*Argyresthia* sp. et *Pulicalvaria* sp.) sont aussi fréquentes; les feuilles attaquées par les mineuses flétrissent et brunissent, ce qui réduit la croissance et peut conduire à la mort de l'arbre [119].

Des observations sur le terrain et des études [10, 25, 78, 137] indiquent que le broutage des ongulés et des lièvres constitue le principal facteur entravant les capacités de recrutement du thuya à l'étage dominant. On suppose également qu'une exploitation forestière abusive et sélective du thuya serait à l'origine du déclin de l'abondance de cette espèce dans des régions entières du Québec et de l'Ontario [13, 112].

## Thuya

L'aire de distribution du thuya couvre le sud-est du Canada et le nord-est des États-Unis (figure 3). Au Canada, cette essence se retrouve du sud-est du Manitoba à la partie méridionale de la Nouvelle-Écosse. Aux États-Unis, elle s'étend du Minnesota au Maine et se prolonge vers le sud du Tennessee à la Caroline du Sud. Le thuya est considéré comme une espèce en péril dans plusieurs États, notamment dans l'Illinois, l'Indiana, le New Jersey et le Massachusetts [99].

Le tableau 4 présente l'habitat, la reproduction, la croissance et les facteurs de stress du thuya. L'annexe I fournit des informations quantitatives sur la croissance et la production.

Figure 3. Répartition du thuya [72] (en rose) en Amérique du Nord. Figure utilisée avec la permission d'Éric Forget, Nova Sylva Inc.

**Tableau 4. Habitat, dynamique, reproduction, croissance et facteurs de stress du thuya**

| Caractéristiques | Facteurs | Références |
|---|---|---|
| **Habitat** | | |
| Environnement physique | Toutes les situations topographiques | [59, 72, 73] |
| | Plus fréquent dans les dépressions et sur des sols imparfaitement à très mal drainés (niveau plus faible de compétition) | |
| | Tous les drainages et toutes les textures de sol Croissance optimale sur des sols à texture fine, bien drainés et à drainage oblique | |
| | Souvent présent sur des sols calcaires : croissance et état corrélés positivement avec le Ca et le Mg disponibles dans le sol, ce qui donne un avantage concurrentiel aux thuyas sur les sols très fertiles de la ceinture d'argile au Québec et en Ontario | |
| | Croissance et état corrélés négativement avec l'acidité et l'aluminium | |
| **Dynamique** | | |
| Sociologie | Généralement regroupés au sein de peuplements mixtes | [21, 72, 92] |
| | Sous la forme de peuplements purs sur des sols mal drainés de stations pauvres | |
| Tolérance à l'ombre | Semis : moyennement tolérants | [9, 72, 92, 137] |
| | Marcottes : très tolérants | |
| | Arbres matures : de tolérants à très tolérants | |
| **Reproduction – début de la régénération** | | |
| Mode de reproduction | | |
| Reproduction | Reproduction végétative sur des sols organiques mal drainés ou sur des stations très bien drainées | [9, 72, 92, 137] |
| | Marcottage ou reproduction sexuée sur des stations moyennement bien drainées | |
| Multiplication végétative | Reproduction végétative : abondant (sauf au sein de peuplements denses); en mesure de s'enraciner à partir de n'importe quelle partie d'une branche ou de la tige si les conditions d'humidité sont favorables | [9, 21, 72, 77, 92, 137] |
| | Les branches peuvent produire du des marcottes dès leur jeune âge (5 ans) | |
| Production et dispersion des graines | | |
| Maturité sexuelle | 20 à 30 ans | [21, 72, 94, 123] |
| Âge pour une production optimale des graines | 75 ans et plus | [21, 72] |
| Fréquence des bonnes années semencières | 2 à 5 ans | [51, 72, 77, 92] |
| Période de dispersion des graines | Août à mi-octobre | [72] |
| Distance et mode de dispersion des graines | 45 à 60 m (147,6 à 196,8 pi) par le vent Optimale : < 20 m (65,6 pi) | [72, 92, 94] |
| Durée de la viabilité des graines | Dans le sol : < 1 an Dans les cônes : < 1 an | [72] |
| Pertes de graines causées par la maladie et les prédateurs | Faible | [49] |

(Suite du tableau 4 à la page suivante)

**Tableau 4 (suite). Habitat, dynamique, reproduction, croissance et facteurs de stress du thuya**

| Caractéristiques | Facteurs | Références |
|---|---|---|
| **Reproduction – début de la régénération (suite)** | | |
| Établissement | | |
| Besoins en eau | Substrat humide (facteur limitatif) | [25, 72] |
| Besoin d'ombre | Ombrage partiel (50 % de recouvrement du couvert) | [80, 105] |
| Lits de germination privilégiés | Bois en décomposition de billes et de souches > sol minéral > matière organique brûlée<br>Positions microtopographiques élevées (monticules, bois en décomposition)<br>Survie limitée sur l'humus non perturbé et sur une couche épaisse de mousse | [27, 58, 72, 105, 125, 129] |
| **Développement et croissance des semis et des gaules** | | |
| Besoins en eau | Semis : élevés (apport constant d'humidité); facteur plus limitatif que la lumière<br>Gaules : moyens | [25, 72, 80] |
| Besoin d'ombre | Ombrage partiel (≈ 50 % de recouvrement du couvert) : croissance optimale (semis les plus grands)<br>Pleine lumière : pousses et racines plus importantes | [72] |
| Croissance | Semis : très lente; croissance en hauteur de 1 à 4 cm/an (0,4 à 1,6 po/an), jusqu'à 15 cm/an (5,9 po/an) dans des conditions optimales; croissance en diamètre au niveau du collet de 1 à 4 mm/an (0,04 à 0,16 po/an); minimum de 11 ans pour atteindre 30 cm (11,8 po) de hauteur et minimum de 14 à 32 ans pour atteindre 1,3 m (4,3 pi)<br>Gaules : lente; croissance moyenne en hauteur de 4 à 8 cm/an (1,6 à 3,1 po/an); environ 100 ans pour croître d'un dhp de 1,3 cm à un dhp de 11,4 cm (de 0,5 à 4,5 po) | [61-63, 77, 80] |
| Réponse à l'ouverture du couvert | Bonne, peut résister à plusieurs années d'oppression sévère | [72, 77, 125] |
| Sensibilité à la concurrence pour la lumière et les ressources du sol | Semis : moyenne<br>Gaules : faible | [77] |
| Principaux agents nuisibles | Broutage des cerfs (pour les tiges de 20 cm [7,9 po] à 2 m [6,6 pi] de haut) | [28, 72, 76, 78] |
| Tolérance et résistance au stress | Résistance au gel : faible (semis)<br>Résistance à la sécheresse : faible (semis) | [72, 77, 118] |
| Taux de mortalité | Semis : très élevé durant les premières années (sécheresse et autres dommages, notamment ceux dus à l'étouffement par les mousses de sphaignes et les résidus de coupe)<br>Gaules : élevé si le broutage est constant, sinon faible | [28, 59, 72, 79] |

(Suite du tableau 4 à la page suivante)

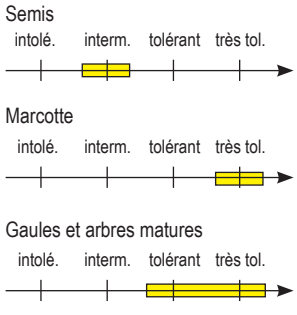
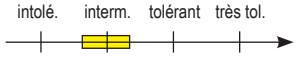
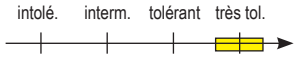
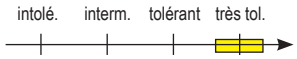
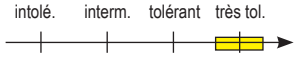
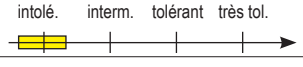
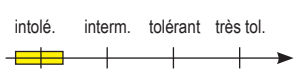
**Tableau 4 (suite). Habitat, dynamique, reproduction, croissance et facteurs de stress du thuya**

| Caractéristiques | Facteurs | Références |
|---|---|---|
| **Croissance des arbres matures** | | |
| Indice de qualité de station (hauteur à 50 ans) | Québec : la moyenne varie de 8,2 à 10,4 m (de 27 à 34 pi)<br>Ontario (forêt boréale) : moyenne = 8,5 m (28 pi)<br>N.-E. des É.-U. : moyenne ± écart type = 8,9 ± 2,4 m (29,2 ± 7,9 pi) | [24, 122] |
| Âge d'exploitabilité absolu (déterminé à partir de la valeur maximale de l'accroissement annuel moyen du volume marchand pour un dhp de 9 cm) par densité relative (densité relative faible, moyenne et élevée) | Indice de qualité de station 9 : 150, 115, 85 (Québec)<br>Indice de qualité de station 12 : 110, 85, 60 (Québec)<br>Indice de qualité de station 15 : 70, 60, 50 (Québec) | [113] |
| Longévité naturelle typique | 400 ans | [41, 72, 103, 123] |
| Croissance en diamètre moyenne | Québec :taux de recouvrement du couvert > 60 % : 1,34 à 1,86 mm/an; taux de recouvrement du couvert < 60 % : 2,08 à 2,36 mm/an<br>Ontario (forêt boréale) : 0,8 mm/an<br>N.-E. des É.-U. : 2 ± 1,4 mm/an | [24, 95] |
| Réponse à l'ouverture du couvert | Bonne, même pour les arbres plus âgés | [21, 72, 79] |
| **Facteurs de stress - Tolérance et résistance au stress** | | |
| Résistance au vent | Faible sur les sols très humides ou à la suite d'une ouverture du couvert forestier<br>Autrement, bonne | [103] |
| Résistance au verglas, à la glace et à la neige | Faible (bris)<br>Déformation permanente de la tige | [15, 21, 72] |
| Résistance à la sécheresse | Faible à moyenne sur les sols imparfaitement drainés<br>Élevée sur les sols calcaires | [60] |
| Tolérance aux inondations et aux remontées de la nappe phréatique | Faible à moyenne : taux de croissance réduit et mort de peuplements entiers en cas de manque d'aération du sol résultant de niveaux d'eau anormalement élevés | [21, 60, 72] |
| Tolérance au compactage du sol | Moyenne à élevée | [60, 67] |
| Autres facteurs de stress importants | Décollement de l'écorce | [72] |
| Principaux dommages d'origine animale | Tronc : ours, pics<br>Broutage des cerfs, des orignaux et des lièvres | [4, 15, 72, 105] |

## Essences compagnes

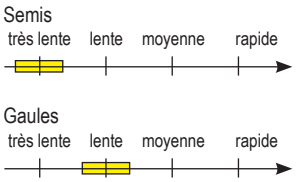
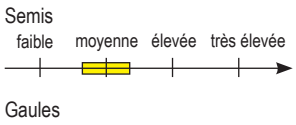
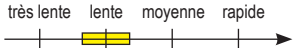
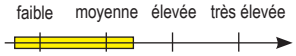
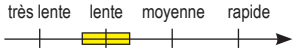
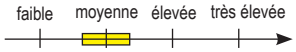
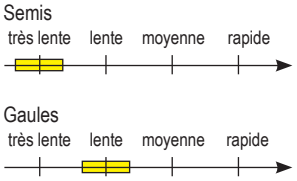
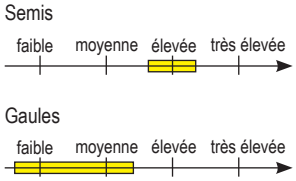
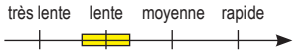
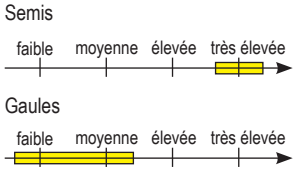
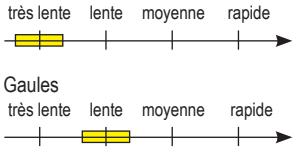
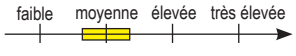
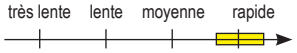
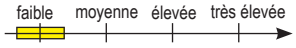
Les principales essences résineuses associées au thuya dans le nord-est des États-Unis, au Québec et en Ontario sont le sapin baumier (*Abies balsamea* [L.] Mill.), l'épinette blanche, l'épinette rouge (*Picea rubens* [Sarg.]), l'épinette noire et la pruche du Canada (*Tsuga canadensis* [L.] Carrière). Les essences compagnes feuillues sont l'érable rouge (*Acer rubrum* L.), l'érable à sucre (*Acer saccharum* Marsh.), le bouleau jaune (*Betula alleghaniensis* Britton), le bouleau blanc et le peuplier faux-tremble (*Populus tremuloides* L.) (tableau 5).

**Tableau 5. Comparaison de la tolérance à l'ombre, de la reproduction, de la régénération et de la croissance pour le thuya et pour dix essences compagnes**

| Essence | Dynamique | Reproduction | | |
|---|---|---|---|---|
| | Tolérance à l'ombre | Méthode de reproduction privilégiée | Périodicité des bonnes années semencières (années) | Lit de germination privilégié |
| Thuya occidental |  | ● Végétative (marcottage) sur les sols mal drainés et sur les sols secs<br>● Végétative (marcottage) ou sexuée sur les sols moyennement bien drainés<br>● Régénération préexistante | 2-5 | ● Bois en décomposition, sol minéral, litière, humus brûlé |
| Sapin baumier | | ● Sexuée<br>● Végétative (régénération préétablie) | 2-4 | ● Sol minéral, mousses, bois en décomposition |
| Épinette blanche |  | ● Sexuée<br>● Végétative (régénération préétablie) | 2-6 | ● Sol minéral riche, mélange de sol minéral et de matière organique, bois en décomposition |
| Épinette noire | | ● Habituellement végétative (marcottage)<br>● Sexuée après un feu - dénudé ou sur un sol minéral exposé | 4 | ● Humus, sol minéral, mélange de sol minéral et de matière organique, sphaignes |
| Épinette rouge |  | ● Sexuée | 3-8 | ● Bois en décomposition (gros), mousses, litière de forêt résineuse, mélange de sol minéral et de matière organique, sol minéral |
| Pruche du Canada |  | ● Sexuée | 2-3 | ● Sol minéral, mélange de sol minéral et de matière organique, litière et humus brûlés, bois en décomposition, souches |
| Érable rouge | | ● Végétative (rejet de souche) ou sexuée<br>● Régénération préexistante | 2 | ● Sol minéral, une grande variété de lits de germination |
| Érable à sucre |  | ● Sexuée<br>● Végétative (régénération préétablie) | 3-7 | ● Une grande variété de lits de germination (des litières de feuilles aux sols minéraux dénudés) |
| Bouleau jaune | | ● Sexuée | 2-3 | ● Sol minéral, mélange de sol minéral et de matière organique, bois en décomposition, litière et humus brûlé |
| Bouleau blanc |  | ● Habituellement sexuée | 2-3 | ● Sol minéral, bois en décomposition, mélange de sol minéral et de matière organique |
| Peuplier faux-tremble |  | ● Habituellement végétative (drageonnement)<br>● Sexuée sur des sols minéraux exposés | 4-5 | ● Sol minéral, humus, litière et humus brûlés |

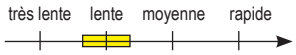
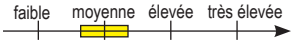
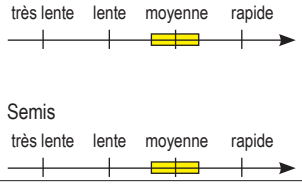
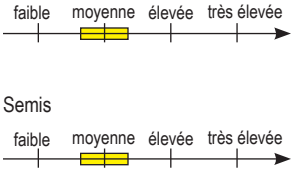
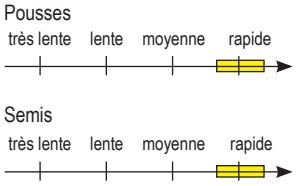
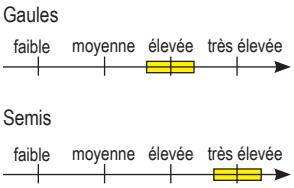
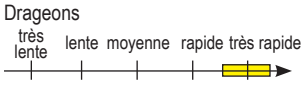
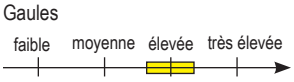
(Suite du tableau 5 à la page suivante)

**Tableau 5 (suite). Comparaison de la tolérance à l'ombre, de la reproduction, de la régénération et de la croissance pour le thuya et pour dix essences compagnes**

| Essence | Développement et croissance des semis et des gaules | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Croissance | Réaction à l'ouverture du couvert forestier | Sensibilité à la végétation concurrente | Mortalité |
| Thuya occidental |  | ● Bonne (même après une longue période d'oppression) |  | ● Semis : très élevée durant les premières années<br>● Gaules : élevée s'il y a broutage constant, sinon faible |
| Sapin baumier |  <br>Croissance lente, mais plus rapide que pour les épinettes blanches et rouges | ● Très bonne (même après une longue période d'oppression) |  | ● Faible après un an<br>● Élevée en peuplement ouvert |
| Épinette blanche |  | ● Bonne (même après une longue période d'oppression, mais doit être bien établie)<br>● Optimale entre 20 et 40 ans |  | ● Élevée la première et la deuxième année; décroissante après |
| Épinette noire |  | ● Bonne (même après une longue période d'oppression) |  | ● Marcottes : 20 % la première année, fortement décroissante après<br>● Semis : élevée la première année, < 10 % après la troisième année |
| Épinette rouge |  | ● Bonne en cas d'ouverture graduelle (même après une longue période d'oppression) |  | ● Élevée si les semis < 15 cm (6 po)<br>● Très élevée en peuplement ouvert |
| Pruche du Canada |  | ● Bonne en cas d'ouverture graduelle |  | ● Meilleur taux de survie sur les mousses et les couvertures herbacées plus denses |
| Érable rouge |  | ● Bonne |  | ● Semis : élevée sous un couvert forestier dense<br>● Renouvellement constant de la banque de semis |

(Suite du tableau 5 à la page suivante)

**Tableau 5 (suite). Comparaison de la tolérance à l'ombre, de la reproduction, de la régénération et de la croissance pour le thuya et pour dix essences compagnes**

| Essences | Développement et croissance des semis et des gaules | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Croissance | Réaction à l'ouverture du couvert forestier | Sensibilité à la végétation concurrente | Mortalité |
| Érable à sucre |  | ● Bonne (jusqu'à 30 ans) |  | ● Semis : 50 % durant la première année, décroissante chez les semis de 25 cm (10 po) ou moins<br>● Élevée sous un couvert forestier dense (< 5 ans) |
| Bouleau jaune |  | ● Bonne |  | ● Élevée en cas d'exposition à la sécheresse, au gel ou au broutage, ou en cas d'écrasement sous les feuilles |
| Bouleau blanc |  | ● Très bonne et rapide |  | ● Élevée sous un couvert forestier |
| Peuplier faux-tremble |  | ● Non applicable : ne peut pas subsister sous un couvert forestier |  | ● Semis : élevée en cas d'exposition à la sécheresse<br>● Gaules : élevée en présence de concurrence intraspécifique |

(Suite du tableau 5 à la page suivante)

**Tableau 5 (suite). Comparaison de la tolérance à l'ombre, de la reproduction, de la régénération et de la croissance pour le thuya et pour dix essences compagnes**

| Essence | Croissance des arbres matures | | | | Principales références |
|---|---|---|---|---|---|
| | Longévité (années) | Accroissement moyen en diamètre (mm/an) en fonction de la densité (D) (données du Québec) | Centile[1] d'accroissement en diamètre (mm/an) (données du Maine, du Québec, de la Nouvelle-Écosse et du Nouveau-Brunswick) | Réaction à l'ouverture du couvert forestier | |
| Thuya occidental | >400 | D > 60 %: 1,34-1,86<br>D < 60 %: 2,08-2,36 | 25 c: 1,06<br>50 c: 2,00<br>75 c: 2,53 | Bonne à tous les stades | [21, 58, 72, 77, 79, 104, 105, 125, 141] |
| Sapin baumier | 150 | D > 60 %: 1,58-2,25<br>D < 60 %: 2,08-2,96 | 25 c: 1,00<br>50 c: 2,00<br>75 c: 3,00 | Bonne | [21, 43, 103, 105, 106, 141] |
| Épinette blanche | >200 | D > 60 %: 1,64-2,11<br>D < 60 %: 2,77-3,04 | 25 c: 1,20<br>50 c: 2,33<br>75 c: 3,80 | Bonne à tous les stades | [41, 101, 104, 105, 141] |
| Épinette noire | 175-200 | D > 60 %: 0,99-1,44<br>D < 60 %: 1,15-1,88 | 25 c: 0,67<br>50 c: 1,33<br>75 c: 2,40 | Bonne | [21, 91, 103, 105, 106, 108, 114, 130, 141] |
| Épinette rouge | >200 | D > 60 %: 1,50-1,83<br>D < 60 %: 2,11-2,19 | 25 c: 1,20<br>50 c: 2,28<br>75 c: 3,38 | Très bonne en cas d'ouverture partielle | [12, 21, 37, 105, 141] |
| Pruche du Canada | >400 | 2,12-2,58 | 25 c: 1,60<br>50 c: 2,53<br>75 c: 3,81 | Bonne en cas d'ouverture partielle | [21, 50, 94, 103, 105, 141,143] |
| Érable rouge | 80 | D > 60 %: 1,70-2,69<br>D < 60 %: 2,01-2,69 | 25 c: 1,00<br>50 c: 1,80<br>75 c: 2,67 | Bonne à très bonne | [104, 105, 138, 141] |
| Érable à sucre | 300-350 | D > 60 %: 1,83-2,99<br>D < 60 %: 2,08-3,70 | 25 c: 1,00<br>50 c: 2,00<br>75 c: 2,80 | Moyenne | [21, 52, 87, 94, 105, 141] |
| Bouleau jaune | >300 | D > 60 %: 1,92-2,90<br>D < 60 %: 2,85-3,45 | 25 c: 1,20<br>50 c: 2,00<br>75 c: 3,12 | Bonne<br>Diminue avec l'âge | [21, 39, 87, 94, 104-106, 141] |
| Bouleau blanc | <125-200 | D > 60 %: 0,70-1,74<br>D < 60 %: 0,78-2,58 | 25 c: 0,67<br>50 c: 1,40<br>75 c: 2,31 | Diminue avec l'âge | [69, 94, 104, 105, 121, 141] |
| Peuplier faux-tremble | 100 | D > 60 %: 1,65-3,06<br>D < 60 %: 2,09-3,59 | 25 c: 1,40<br>50 c: 2,60<br>75 c: 4,11 | Bonne | [21, 105, 109, 111, 141] |

[1]Un centile est la valeur d'une variable en dessous de laquelle un certain pourcentage des observations se trouve. Dans le cas présent, 25 c signifie que 25 % des thuyas mesurés ont un accroissement en diamètre inférieur à 1,06 mm/an.

## Québec

Au Québec, on peut trouver le thuya dans les domaines bioclimatiques de l'érablière à bouleau jaune et de la sapinière à bouleau jaune, ainsi que dans le sous-domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau blanc de l'est. Bien qu'il soit largement répandu dans la province en dessous du 48e parallèle (figure 3), le thuya n'est présent que dans environ 15 % des peuplements dans son aire de distribution. Le volume total de thuya au Québec est estimé[1], pour 2010, à 102 millions de $m^3$; environ 35 millions de $m^3$ sont situés sur des terres privées et 67 millions de $m^3$ sont sur des terres publiques. Par ailleurs, à peu près 6 millions de $m^3$ se trouvent dans des forêts non aménagées. En tant qu'espèce ubiquiste, le thuya colonise une vaste gamme de milieux biophysiques présentant des conditions édaphiques diversifiées, mais seulement certaines d'entre elles lui fournissent des conditions permettant une croissance optimale. La proportion de thuyas est extrêmement variable en fonction des peuplements (figure 4); on le trouve aussi bien comme essence mineure au sein de peuplements mixtes qu'en peuplements purs.

Les stations au sein desquelles le thuya est une essence dominante (c'est-à-dire lorsque le thuya occupe plus de 50 % de la surface terrière) sont en général des terrains plats ou des dépressions occupés par un sol organique ou minéral avec présence d'un drainage hydrique minérotrophe (enrichissement en éléments nutritifs grâce à un apport d'eau) (figure 5). Les principales

[1] Extrapolation à partir de placettes-échantillons permanentes.

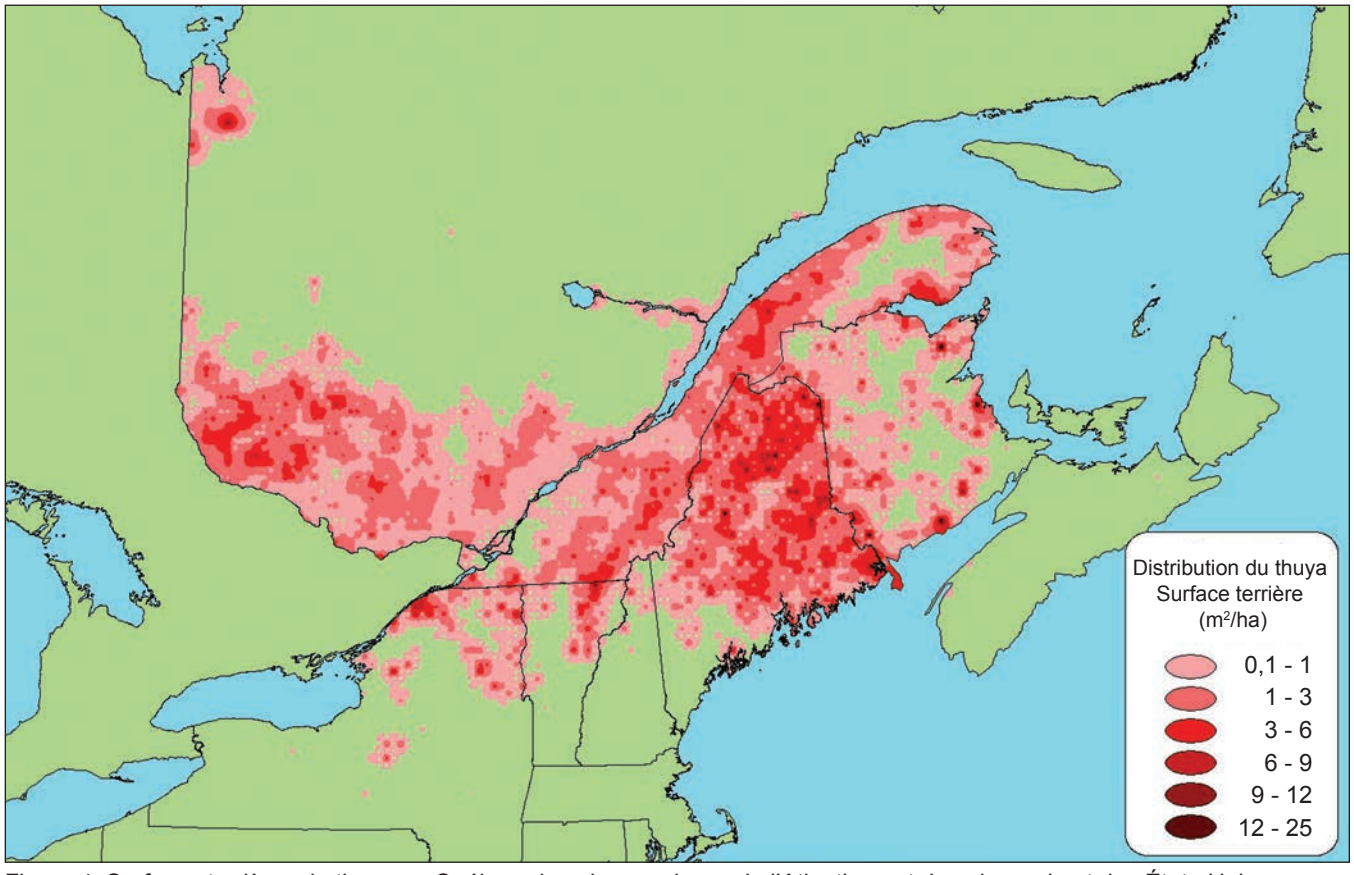



Figure 4. Surfaces terrières du thuya au Québec, dans les provinces de l'Atlantique et dans le nord-est des États-Unis. Consultez la figure 6 pour obtenir la distribution du thuya en Ontario. Figure utilisée avec la permission d'Éric Forget, Nova Sylva Inc.

Figure 5. Thuyas dans la région du Témiscamingue, au Québec. Photo utilisée avec la permission de Sabrina Morissette.

essences compagnes y sont le sapin baumier, les épinettes noires, rouges et blanches ainsi que le bouleau blanc (types écologiques [53-57] : RC38 et RS18). En de rares occasions, on peut aussi trouver le thuya en tant qu'essence dominante sur des stations xériques ou mésiques. Au Québec, le thuya constitue l'essence dominante dans environ 20 % des peuplements où il est présent.

Le thuya est une essence compagne importante (c'est-à-dire lorsque le thuya occupe entre 25 et 50 % de la surface terrière) dans environ 20 % des peuplements au sein desquels il est présent. On peut trouver le thuya sur des stations mésiques en compagnie du sapin baumier, du bouleau jaune, de l'érable à sucre, du bouleau blanc et de l'érable rouge (types écologiques RS12 et RS13). Sur les milieux relativement plats (bas de pente) ou à mi-pente où le drainage est subhydrique, le thuya se retrouve habituellement en compagnie d'une proportion élevée d'essences résineuses (sapin baumier, épinette rouge, etc.), même si des essences feuillues comme les bouleaux peuvent également être présentes (types écologiques principaux : RS15 et RS16). Le long des ruisseaux ou dans des dépressions de drainage hydrique minérotrophe (avec un enrichissement en éléments nutritifs), on peut aussi retrouver le thuya en tant qu'espèce compagne importante, accompagnée d'autres essences comme le sapin baumier, le frêne noir (*Fraxinus nigra* Marsh.), le peuplier faux-tremble, les bouleaux jaunes et blancs ainsi que l'érable rouge (types écologiques MJ28 et MF18).

Au Québec, c'est sur les stations au sein desquelles il est une essence mineure (c'est-à-dire lorsqu'il occupe moins de 25 % de la surface terrière) que l'on trouve le thuya le plus fréquemment. Ces stations, très diversifiées, peuvent être constituées de sols calcaires xériques situés sur des escarpements, de sols mésiques, subhydriques ou encore hydriques. Dans ces situations, le thuya est mélangé avec diverses essences dans des peuplements dominés par des résineux ou par des feuillus. Environ 60 % des peuplements comprenant

des thuyas appartiennent à cette catégorie. Dans la forêt boréale, les thuyas se retrouvent souvent autour des lacs en raison de la fréquence plus faible des feux de forêt qu'on y retrouve et de leur capacité à résister aux dommages mécaniques causés par la glace [34].

## Nord-est des États-Unis

Le thuya est présent dans le nord-est des États-Unis sur une grande variété de stations et dans plusieurs types forestiers, le plus souvent dans des peuplements mixtes en compagnie du sapin baumier, de l'épinette rouge et de feuillus. Bien qu'il soit souvent considéré comme une essence mineure, la densité et le volume de thuya sont importants, en particulier dans le Maine où il est le plus abondant (figure 4).

Les données du programme d'analyse et d'inventaire forestier (Forest Inventory and Analysis [FIA]) du USDA Forest Service indiquent qu'il y a plus d'un milliard de tiges de thuya sur pied (diamètre à hauteur de poitrine [dhp] ≥ 12,7 cm [5 po]), représentant un volume total supérieur à 56 millions de $m^3$ (2 milliards de $pi^3$), dans les États de New York, du Vermont, du New Hampshire et du Maine. Ce dernier abrite 83 % des tiges de thuya, alors que l'État de New York en abrite 10 %, le Vermont 7 % et le New Hampshire moins de 1 %.

Le groupe de types forestiers le plus fréquent dans le nord-est des États-Unis est le groupe « érable / hêtre / bouleau jaune » (les groupes de types forestiers sont ceux utilisés par le FIA [6]]). Bien que 10 % des thuyas sur pied appartiennent à ce groupe, le thuya y représente moins de 1 % des arbres et du volume, le nombre total d'arbres y dépassant néanmoins les 100 millions pour un volume de plus de 7 millions de $m^3$ (260 millions de $pi^3$).

Dans le nord-est des États-Unis, 77 % des thuyas sur pied se retrouve dans le groupe de types forestiers « épinette / sapin » comprenant les types forestiers « thuya occidental », « sapin baumier », « épinette rouge », « épinette rouge / sapin baumier » et « épinette noire ». Au sein du type forestier « thuya occidental », le thuya représente 34 % des arbres (près de 500 millions) et 58 % du volume (34 millions de $m^3$ [1,2 milliard de $pi^3$]), dépassé uniquement par le sapin baumier. Il représente 2 à 3 % des arbres et 5 à 10 % du volume dans le restant des types forestiers composant ce groupe; parmi ceux-ci, il est le plus abondant dans les types « sapin baumier » et « épinette rouge / sapin baumier ».

Le type forestier « thuya occidental » couvre environ 500 000 ha (1,2 million d'acres) dans la région, dont plus de 400 000 ha (1 million d'acres), soit 88 %, sont situés dans le Maine. Ce type forestier se retrouve à 54 % en plaines côtières et à 21 % en marécages et tourbières, soit un total de 75 % sur des basses terres. Le reste est situé sur des hautes terres, à près de 20 % dans des vallons et à 2 % sur des pentes de drainage subhydrique. La plupart de ces forêts se retrouvent sur des sols mésiques, alors que les marécages et tourbières sont hydriques.

## Ontario

Comme au Québec et dans le nord-est des États-Unis, le thuya se rencontre en Ontario dans des peuplements purs ou mixtes, son abondance dépendant de la présence des arbres matures, du type de sol, du climat et des perturbations passées (figure 6). Au sein de la forêt, les peuplements avec présence de thuya couvrent plus de 3,8 millions d'hectares (9,4 millions d'acres) et ceux dominés par des thuyas couvrent 0,8 million d'hectares (1,9 million d'acres) pour un volume total de thuya de

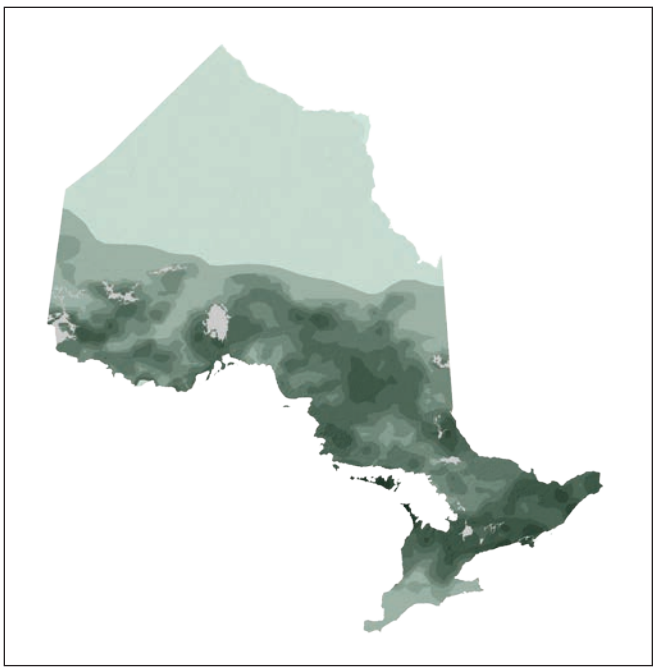


Figure 6. Répartition et abondance du thuya en Ontario. Plus les couleurs sont foncées, plus l'abondance de thuya est élevée [139]. Figure utilisée avec la permission de Larry Watkins, MRNO.

133 millions de $m^3$ (4,7 milliards de $pi^3$), soit environ 2,8 % du matériel sur pied de la province [139].

La synthèse la plus récente des ressources forestières de la province [139] indique que le thuya est souvent associé avec l'épinette noire, le bouleau blanc, le peuplier faux-tremble et le sapin baumier. C'est dans le type forestier provincial « résineux des basses terres » que le thuya est le plus abondant, suivi du type « résineux des hautes terres » et du type « mélangé » (tableau 6). Dans le centre de l'Ontario, on retrouve fréquemment le thuya en abondance sur des sols organiques et dans des sites subhydriques à hydriques présentant une fertilité moyenne à élevée. Dans le nord-ouest, on le retrouve dans des conditions similaires auxquelles s'ajoutent des conditions fertiles et sèches. Enfin, dans le nord-est, il est le plus abondant sur des stations humides présentant une fertilité moyenne [104].

## Description de quatre stations typiques du thuya

Le processus de prescription sylvicole doit prendre en considération, entre autres paramètres, le type de station. En ce qui concerne les thuyas, on peut définir quatre familles de stations en fonction des conditions générales qui y prévalent (annexe II) :

- Hautes terres, peuplements sur des sols très minces ou des affleurements
- Hautes terres, peuplements sur des sols épais xériques ou mésiques
- Basses terres, peuplements sur des sols épais subhydriques
- Basses terres, peuplements sur des sols épais minéral ou organique hydriques.

La description de ces quatre familles de station fournit des informations à propos des objectifs d'aménagement possibles, des caractéristiques de l'environnement physique, des espèces forestières commerciales présentes et des contraintes existantes (compétition, traficabilité, fragilité du sol et susceptibilité au chablis). Une énumération des différents milieux biophysiques que l'on peut retrouver dans chaque famille de stations, en faisant référence aux classifications écologiques nationales ou provinciales utilisées au Québec, en Ontario et dans le nord-est des États-Unis, est présentée à l'annexe III.

**Tableau 6. Volume total brut (VTB) du thuya comparé au VTB de toutes les autres essences dans tous les types forestiers provinciaux comprenant du thuya en Ontario [139]**

| Type forestier provincial | VTB du thuya (milliers de $m^3$) | VTB de toutes les essences (milliers de $m^3$) | Thuya (%) |
|---|---|---|---|
| Bouleau blanc | 3 325 | 353 456 | 0,94 |
| Résineux des basses terres | 57 018 | 828 559 | 6,88 |
| Résineux des hautes terres | 37 026 | 1 169 862 | 3,16 |
| Forêts mixtes | 21 785 | 886 548 | 2,46 |
| Pin gris | 22 | 311 521 | 0,01 |
| Peuplier faux-tremble | 1 066 | 601 108 | 0,18 |
| Pin rouge et pin blanc | 2 491 | 215 419 | 1,16 |
| Feuillus tolérants | 10 205 | 481 119 | 2,12 |
| Total | 132 938 | 4 847 592 | 2,74 |

Cette section traite du processus d'élaboration et de mise au point de prescriptions sylvicoles pour l'aménagement du thuya dans différents peuplements. Comparativement à d'autres essences présentant une valeur commerciale, on trouve peu d'études sur la sylviculture du thuya. Les recommandations s'appuient donc sur le cycle de développement, la dynamique des peuplements et l'autécologie de l'essence combinés avec les données provenant des quelques essais sylvicoles ayant été menés sur l'aire de répartition du thuya.

Les prescriptions sylvicoles pour le thuya doivent être développées en fonction de la connaissance des caractéristiques écologiques de l'essence et de ses potentiels marchands et non marchands. Les évaluations conduisant à des prescriptions doivent prendre en considération non seulement le thuya, mais les stations et leur composition spécifique. Le thuya est rarement la composante principale d'un peuplement. Les traitements sylvicoles du thuya (voir à l'annexe IV une description de ces traitements) pourraient ainsi être choisis en fonction des exigences relatives à d'autres essences et des objectifs d'aménagement qui leur sont propres. Toutefois, même dans cette situation, il demeure souhaitable d'envisager la possibilité de maintenir et de promouvoir le thuya ainsi que la façon d'y parvenir.

## Processus de sélection d'un traitement sylvicole

### Informations nécessaires à une évaluation sylvicole

L'évaluation sylvicole est un processus diagnostique qui nécessite la prise en considération minutieuse d'une grande variété d'information. Cette évaluation nécessitera, pour être menée à bien, des efforts plus ou moins importants en fonction de la superficie sous aménagement et de la familiarité du sylviculteur avec les peuplements à traiter. Nous avons recensé quatre catégories d'informations devant être prises en considération lors du choix de régimes et de prescriptions sylvicoles (figure 7).

- **Les objectifs d'aménagement forestier** : il convient de répertorier tous les objectifs d'aménagement à court et à long terme, qu'ils soient de nature économique ou non. Il faut aussi intégrer, parmi d'autres facteurs, les éléments suivants : production de bois, maintien de la biodiversité, gestion des habitats pour les espèces animales et possibilités récréatives. Les objectifs propres au thuya pourraient différer de ceux des autres essences d'un peuplement, et ce, en raison de sa valeur écologique, de son potentiel commercial, et du fait qu'il est fréquemment présent comme essence mineure au sein d'un peuplement. Plus les objectifs seront définis précisément, plus la prescription sera appropriée.
- **Les caractéristiques du peuplement et de la station** : il y a de nombreux paramètres à prendre en considération, notamment la structure et la densité du peuplement, la maturité des arbres, la composition spécifique, la qualité et la vigueur des arbres, ainsi que le statut de régénération. En ce qui concerne le thuya, il est important de pouvoir effectuer une évaluation objective de son abondance et de sa distribution horizontale et verticale par rapport au

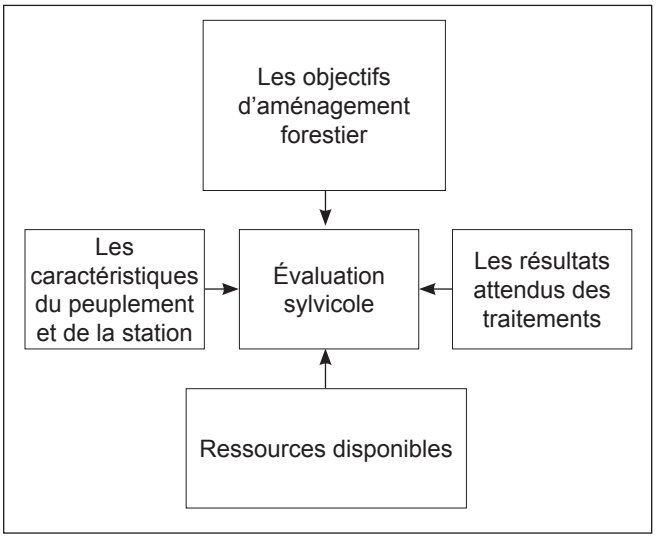



Figure 7. Informations nécessaires à une évaluation sylvicole [36]. Figure utilisée avec la permission de Guy Lessard, CERFO.

peuplement dans son ensemble. Les possibilités et les limitations liées aux caractéristiques de la station, comme la pente, le drainage, l'exposition au vent ainsi que la texture et l'épaisseur du sol, constituent des considérations essentielles. Il est recommandé de se référer aux types de stations décrits dans la section « Description de quatre stations typiques du thuya » de ce guide.

- **Les moyens disponibles** : il s'agit de déterminer les ressources (humaines, matérielles et financières) pouvant être utilisées pour appliquer les traitements, ainsi que la faisabilité de ces traitements. Les sylviculteurs doivent prendre en compte les compétences et la disponibilité du personnel, des entrepreneurs et des équipements, tout comme les revenus potentiels provenant de la récolte ou de subventions.
- **Les résultats attendus des traitements** : il faut tenir compte des effets du traitement sur la croissance et l'état du peuplement résiduel. Les traitements peuvent influer sur la qualité et le volume des futurs produits, sur l'habitat des espèces fauniques, sur l'esthétique, sur le potentiel pour la récréation, sur la qualité de l'eau et sur les produits forestiers non ligneux. Il faut également prendre en compte les modifications possibles de la fertilité de la station, du régime hydrique et du microclimat. Des prévisions raisonnables de production de bois peuvent être effectuées en utilisant les statistiques de rendement (annexe I).

## Étapes de la planification et de la mise en œuvre de traitements sylvicoles

L'élaboration d'un scénario sylvicole est un processus de résolution de problèmes qui nécessite le recensement et l'évaluation de nombreuses solutions. L'annexe V propose un formulaire d'évaluation sylvicole qui aidera à rassembler et à analyser les données recueillies sur le terrain. Ce processus comprend six étapes :

**Étape 1 – Analyse des écarts entre l'état actuel du peuplement et les objectifs d'aménagement :** prise en considération de l'état actuel par rapport à l'état futur souhaité. Quel est le potentiel de réalisation des objectifs d'aménagement?

**Étape 2 – Recensement des problèmes pour l'aménagement :** Est-ce qu'il existe un besoin immédiat de passer à l'action : maturité des arbres, problèmes de salubrité, peuplement trop dense ou manque de régénération. Prise en considération de l'importance relative des facteurs limitatifs. Une prise de décision judicieuse nécessite de déterminer les obstacles possibles. La composition spécifique, la qualité et la vigueur des arbres sont-elles suffisantes pour justifier un aménagement? Dans le cas où une régénération est souhaitée, le broutage empêchera-t-il le recrutement? Nous attendons-nous à de faibles revenus de récolte ou à des difficultés de mise en marché?

**Étape 3 – Recensement des solutions :** détermination des mesures sylvicoles appropriées. Est-il plus approprié, par exemple, d'adopter une sylviculture équienne ou inéquienne? Si la croissance doit être améliorée, faut-il éliminer sélectivement les essences les moins désirables ou réduire systématiquement la densité? Si une régénération, actuellement absente, est souhaitée, est-il possible d'obtenir une régénération naturelle ou faudra-t-il faire appel à une régénération artificielle? Toutes les solutions d'aménagement possibles, y compris l'absence de traitement, doivent être envisagées.

**Étape 4 – Choix des solutions appropriées et élimination des autres :** évaluation des forces et des faiblesses de chacune des possibilités par rapport aux objectifs et aux ressources disponibles. Il est tout aussi important d'intégrer dans le processus de décision les effets prévus du traitement sur les ressources forestières que de choisir un scénario sylvicole.

**Étape 5 – Élaboration et mise en œuvre d'une prescription sylvicole :** détermination, à la lumière des contraintes de station et de ressources, du traitement et des modalités d'application détaillées pouvant le mieux permettre d'atteindre les objectifs identifiés. On définira également des critères de suivi permettant d'effectuer une évaluation à la suite du traitement.

**Étape 6 – Évaluation des résultats :** adaptation du futur aménagement en tenant compte des succès et des échecs. Dans le cas d'une essence comme le thuya, pour laquelle on manque de connaissances fondamentales et appliquées, il s'agit d'une étape cruciale du processus.

## Considérations pour la sylviculture du thuya

### Reproduction et croissance initiale

Le thuya se reproduit par voie sexuée (grâce à ses graines) ou par voie asexuée (végétative) [30, 72]. Le marcottage, la forme la plus répandue de reproduction asexuée, se produit fréquemment sur des stations de basses terres humides (types de station S3 et S4) [72, 100].

La régénération naturelle à partir d'une graine dépend de la proximité d'une source de graines et de la réceptivité du sol forestier [80]. On a signalé des distances de dispersion des graines de thuyas allant de 45 à 60 m (environ 145 à 200 pi) [7, 72]. Toutefois, il est probable que ces distances s'avèrent bien plus courtes dans le contexte de coupes partielles où la vitesse du vent est réduite et où les arbres voisins constituent un obstacle physique à la dispersion des graines [85]. On peut estimer, à des fins pratiques, que la densité des graines sera probablement adéquate dans un rayon équivalant à deux fois la hauteur des arbres.

Comme pour toutes les essences, il faut prendre en considération la diversité génétique, ce point pouvant s'avérer particulièrement important pour le thuya compte tenu de sa présence sous la forme d'individus ou de petits peuplements isolés et éparpillés. De nouvelles études sont nécessaires afin de connaître la densité minimale de thuya et sa répartition à l'échelle du paysage permettant de maintenir un patrimoine génétique viable et diversifié. Il est également difficile de déterminer le rôle de la reproduction végétative dans ce domaine. Avant d'éliminer les thuyas matures, il conviendra, au minimum, de s'assurer que la régénération permettra de garantir la pérennité de cette essence dans les peuplements et de protéger la diversité génétique bien établie.

Le thuya présente des exigences relativement strictes en ce qui concerne les lits de germination. Les peuplements de basses terres humides (types de station S3 et S4), où on retrouve de nombreuses buttes, favorisent une régénération abondante du thuya en présence d'une source de graines, d'autant plus qu'ils sont dotés, au niveau du sous-étage, d'une végétation concurrente moins agressive [23]. Les débris ligneux et les souches à un stade avancé de décomposition constituent d'excellents lits de germination; en effet, ils retiennent l'humidité durant les périodes de sécheresse et ils sont faciles à pénétrer par les racines [22, 27, 28] (figure 8). Les mousses courtes sur le bois mort pourraient favoriser l'établissement des semis et limiter leur dessiccation en période de stress hydrique [64]. L'augmentation du nombre de gros débris ligneux sur le sol pourrait accroître l'abondance relative du thuya par rapport au sapin baumier [129], quoiqu'une abondance de déchets de coupe récente puisse conduire à des échecs dans l'établissement des semis [59]. Il est donc préférable de maintenir sur le parterre de coupe les gros débris ligneux, en particulier les tronçons en état de décomposition avancée, en vue de favoriser le développement des semis.

On a également observé une régénération abondante des thuyas sur les déblais de chemin et dans des contextes de brûlage dirigé lorsqu'une source de graines est disponible et que la végétation du sous-étage est clairsemée. En revanche, la régénération sur les litières de feuilles et sur des mousses épaisses est limitée [28, 118]. On peut utiliser le scarifiage mécanique ou le buttage pour accroître l'établissement du thuya en l'absence d'une régénération préexistante [74, 80]. Il conviendra toutefois de prendre soin de protéger les systèmes racinaires des semenciers durant le scarifiage. L'élimination d'une végétation concurrente agressive et profondément enracinée, comme l'érable à épis (*Acer spicatum* Lam.) [69], est susceptible de constituer une solution de rechange pour éviter un scarifiage profond; elle peut être mécanisée ou mise en œuvre à l'aide d'herbicides lorsque c'est autorisé.

Puisque la disponibilité de l'eau constitue un facteur crucial à l'étape de la germination et au début de la croissance, un ombrage partiel peut permettre

Figure 8. Régénération du thuya à Sainte-Anne-des-Monts, au Québec. Figure utilisée avec la permission de Stéphane Tremblay du MRN.

d'obtenir des taux de germination supérieurs puisque les semis de thuyas peuvent se dessécher lorsqu'ils sont en pleine lumière. [22, 80]. Cet ombrage partiel peut être obtenu, dans des peuplements présentant une surface terrière d'environ 25 m²/ha (109 pi²/acre), en créant de petites trouées d'une largeur inférieure à la hauteur des arbres ou en éliminant jusqu'à 50 % de la surface terrière [80]. La lumière dont ils disposent dépend de la végétation à l'étage dominant et en sous-étage, cette dernière ayant un effet plus important sur l'établissement des semis et sur le recrutement dans certains types de peuplements [80]. La concurrence peut s'avérer particulièrement importante dans les peuplements feuillus des hautes terres ou dans les peuplements mixtes se trouvant sur des sols secs ou sur des sols humides et profonds (type de station S2), ou dans les peuplements feuillus des basses terres ou les peuplements mixtes se trouvant sur des sols minéraux ou organiques humides et profonds (type de station S3).

Bien que de nombreuses conditions permettent l'établissement de semis de thuya, il est connu qu'il est difficile de faire croître ce dernier jusqu'au stade de gaulis, l'abondance des semis ne garantissant pas un recrutement adéquat de gaules [59]. Le thuya présente en effet une croissance initiale plus lente que celle de la végétation concurrente comme le sapin baumier, les arbrisseaux et les feuillus associés. De plus, le thuya constitue le résineux de broutage privilégié du cerf sur l'ensemble de son aire de répartition; il est préféré au sapin baumier, au peuplier faux-tremble et au pin gris (*Pinus banksiana* Lamb.) [132-134]. Dans les régions qui comptent d'importantes populations de cerfs, le broutage est souvent la cause principale d'un déficit de recrutement de gaules de thuya, ces dernières ayant besoin de 20 à 40 ans pour croître hors de portée du broutage des cerfs, soit une hauteur de 3 m (10 pi) (69). On a observé que les semis de thuyas ne poursuivaient pas leur croissance si plus de 25 % de leur feuillage était brouté [1]. Lors de plusieurs essais expérimentaux dans des régions de broutage intensif des cerfs, aucun semis de thuya n'avait survécu après 10 ans en dehors des parcelles clôturées [32].

En raison de cette croissance lente et des difficultés de recrutement, une régénération préétablie est souvent impérative pour obtenir une régénération réussie. La régénération ne sera pas considérée comme acquise tant que les semis n'auront pas crû jusqu'à une hauteur les mettant hors de portée du broutage[2]. Lorsque plusieurs ravages sont présents dans une région, un sylviculteur pourrait souhaiter évaluer les populations de cerfs actuelles et souhaitées ainsi que la qualité et la disponibilité de l'habitat offert par les ravages dans le temps. Si les ravages sont suffisamment étendus, il serait possible de choisir un ou plusieurs d'entre eux pour diminuer volontairement, durant une vingtaine d'années, leur compatibilité avec le cerf (p. ex., en réduisant le couvert) et de travailler à favoriser la régénération du thuya. Il pourrait être nécessaire de clôturer les zones où les populations de cerfs sont très nombreuses.

[2] En général, les cerfs broutent jusqu'à une hauteur de deux mètres [46]. La hauteur minimale de l'arbre doit donc être de trois mètres pour garantir une hauteur d'un mètre de cime inatteignable.

**Points clés pour un établissement réussi du thuya**

- Prendre en considération les populations de cerf lors du choix d'une stratégie de régénération du thuya.
- Favoriser une régénération préétablie du thuya grâce à des coupes partielles.
- Éviter les trouées du couvert forestier d'un rayon supérieur à la hauteur des arbres.
- Accroître le taux de réussite de germination par le scarifiage et le buttage du sol ou par le maintien de gros débris ligneux bien décomposés à une distance maximale de deux hauteurs d'arbres des thuyas semenciers.
- Réduire la concurrence des espèces associées à croissance rapide.
- Procéder à la plantation ou à l'ensemencement artificiel de thuyas sur les stations sans régénération établie et sans source locale de graines.
- Lorsque la pression de broutage exercée par les cerfs est élevée, il faut que les gaules soient hors d'atteinte, c'est-à-dire qu'elles mesurent plus de 3 m (10 pi), pour que l'on puisse considérer que la régénération est définitivement acquise.

Bien qu'un couvert forestier partiel peut favoriser l'établissement des semis et le début de leur croissance, la présence d'une pleine fermeture de l'étage dominant après l'établissement des semis conduit à un taux de survie pratiquement nul [32]. L'ouverture de l'étage dominant provoque une forte réaction chez les thuyas de régénération préétablie, même après de longues périodes de croissance réduite [59, 62]; la hauteur des semis établis s'accroît proportionnellement à la quantité de lumière disponible et peut être jusqu'à six fois plus importante en pleine lumière qu'en présence d'un couvert forestier fermé [80].

Dans les zones où la régénération préexistante n'est pas adéquate et où les sources de graines sont absentes, on peut utiliser le regarni ou la plantation en sous-étage. Les semis établis maintiennent des taux de survie et de croissance satisfaisants dans des trouées d'un diamètre d'environ 1,5 fois la hauteur des arbres [80]. Il a également été démontré que l'ensemencement artificiel pouvait accroître l'établissement des semis sur des lits de germination perturbés et sous des couverts forestiers partiels [80] (consulter le tableau 4 pour les préférences concernant les lits de germination). Compte tenu de l'écart de vitesse de croissance entre le thuya et la végétation concurrente, il sera probablement nécessaire d'entreprendre, après la plantation, une gestion de la densité de cette végétation. Les considérations relatives au broutage mentionnées pour la régénération naturelle s'appliquent également.

## Croissance des gaules, des perches et des grands arbres

Le recrutement des gaules, des perches et des grands arbres est inquiétant dans plusieurs États américains et au Canada [77, 78]. Les statistiques montrent que le recrutement est lent (annexe I). Il peut être amélioré grâce à des traitements précommerciaux hâtifs, les traitements commerciaux ultérieurs ayant pour but d'améliorer la croissance des arbres établis et de diminuer le délai nécessaire pour atteindre la taille de gros bois. En l'absence d'objectifs d'aménagement explicites visant à maintenir le thuya au sein de peuplements mixtes, il est probable qu'avec le temps, la proportion de thuyas déclinera par rapport à celle des essences associées, ces dernières ayant un taux de croissance plus élevé et étant moins appréciées pour le broutage, sauf si le thuya est favorisé au moyen de traitements d'éducation [70, 78].

Puisque de nombreux thuyas poussent sous un étage dominant existant et que les arbres dominés de cette essence réagissent positivement même après de longues périodes d'oppression [63], les traitements visant à dégager les semis et les gaules devraient produire des résultats favorables. L'élimination de la végétation concurrente (c'est-à-dire les sapins baumiers et les feuillus à croissance rapide) par l'intermédiaire de traitements d'éclaircie précommerciale ou de dégagement est recommandée en vue d'améliorer le recrutement de thuyas appartenant aux classes de dimensions marchandes [78]. Dans les zones fortement peuplées par les cerfs, ces traitement sont susceptibles d'accroître la visibilité et l'accessibilité des thuyas pour les cerfs et d'augmenter les dégâts par broutage. On pourrait alors convenir de retarder l'intervention, lorsque la végétation concurrente n'est pas trop dense, jusqu'au moment où les gaules ont dépassé 3 m de hauteur (10 pi). Lorsqu'on effectue une éclaircie précommerciale en faveur d'une autre essence, le thuya peut être traité comme une « essence invisible » et laissé en place puisque sa faible présence et la lenteur de sa croissance auront des impacts limités sur l'essence visée.

Lors des premiers stades de la croissance, l'accroissement en diamètre augmente avec la taille de l'arbre, puis il s'uniformise progressivement (annexe I, section « Valeurs de référence de l'accroissement en diamètre »). Le temps de passage moyen, c'est-à-dire le nombre d'années nécessaire pour passer d'une classe de diamètre à la suivante, varie de 7 à 27 ans pour les classes de 2 cm de diamètre et de 9 à 31 ans pour les classes de 2,5 cm (1 po) (annexe I, section « Valeurs de référence de l'accroissement en diamètre »). Le passage d'une classe de diamètre à une autre peut être estimé à

- **Les semis** sont de jeunes arbres ayant un dhp inférieur à 1 cm (⅜ po) et mesurant moins de 1,5 m (5 pi).
- **Les gaules** sont des arbres plus grands que les semis, mais avec un DHP inférieur à 9 cm (3,5 po).
- **Les perches** (ou petits bois) sont des arbres avec un dhp supérieur à 9 cm (3,5 po), mais inférieur à 19 cm (7,5 po).
- **Les grands arbres** incluent les bois moyens et les gros bois. Les bois moyens présentent un dhp de 19 cm (7,5 po) à 29 cm (11,5 po) et les gros bois ont un dhp supérieur à 29 cm (11,5 po).

l'aide de probabilités de transition qui ont été calculées pour des périodes de 20 ans en combinant la croissance du diamètre et la mortalité des arbres (annexe I, section « Dynamique de peuplement »).

La réaction du thuya à l'éclaircie commerciale est très mal documentée. Un essai non répliqué a démontré que les peuplements de thuyas des basses terres pouvaient avoir une réaction de croissance appréciable à la suite de ce traitement [117]. Ce même essai semblait également indiquer que l'éclaircie devrait être mise en œuvre sur des peuplements de tourbières bien drainées puisque des peuplements de stations pauvres présentant des eaux stagnantes peuvent avoir une réaction limitée à l'éclaircie. Cette hypothèse n'a toutefois pu être étayée à ce jour que par des preuves empiriques limitées. Une autre expérience d'éclaircie [42] sur une « tourbière fertile » a démontré qu'une seconde éclaircie incluant une vaste gamme de densités n'avait pas eu d'effet sur la croissance des thuyas. Indépendamment du mélange d'essences ou du traitement choisi, des traitements d'éducation devraient viser, lorsque c'est possible, le maintien d'individus sains, c'est-à-dire exempts de carie. Il convient toutefois de noter que la carie de souche ne réduit pas la valeur de l'arbre pour la production de bardeaux.

En l'absence d'une méthode d'éclaircie ayant fait ses preuves, nous faisons les recommandations suivantes en nous appuyant sur l'expérience acquise avec d'autres résineux et sur des données préliminaires :

(a) Envisager une éclaircie lorsque les arbres sont dominés ou qu'ils subissent un ombrage latéral si la longueur de leur cime est supérieure à 33 % (les arbres avec des cimes vivantes plus petites manquent de vigueur et peuvent ne pas réagir à l'ouverture). En vue de favoriser le développement à long terme de classes de cimes dominantes ou codominantes, on préférera appliquer une éclaircie par le haut plutôt qu'une éclaircie par le bas. En raison des capacités de survie du thuya dans les environnements ombragés, la réduction de la mortalité au moyen d'une éclaircie par le bas ne constitue probablement pas une priorité.

(b) Dégager les thuyas appartenant aux classes de cime intermédiaires et opprimées en raison des capacités de l'essence à réagir même après une longue période d'oppression.

Un sylviculteur qui planifie des traitements d'éducation pour le thuya devra être patient en raison de la croissance relativement lente de cette essence, de sa longue durée de vie et de ses bonnes réactions aux ouvertures [63]. Il pourra notamment avoir à se fixer un objectif à long terme nécessitant plus d'une révolution des essences compagnes. Le thuya est bien adapté au couvert forestier

**Points clés à propos de la croissance des gaules et des arbres marchands**

- Le recrutement du thuya est problématique et exige qu'on lui accorde une attention particulière au moyen de traitements.
- Le thuya répond bien aux ouvertures, même après de longues périodes d'oppression.
- Sur les stations où il est rare, il faut envisager de traiter le thuya comme une « essence invisible » durant les traitements d'éclaircie.
- Sur les basses terres, la réaction de croissance du thuya à des traitements d'éducation peut être meilleure sur les stations présentant des eaux souterraines en mouvement.
- Lorsque c'est possible, des initiatives doivent être prises pour favoriser les individus sains dans différentes classes de cime.
- Les risques de chablis sont inquiétants lorsqu'on effectue une éclaircie jusqu'à obtenir un couvert clairsemé, particulièrement sur des sols humides ou superficiels.
- Il convient de protéger les thuyas résiduels des blessures durant les traitements de récolte.
- En fonction de la classe de cime des thuyas marchands, il conviendra de prendre en considération des traitements d'éclaircie par le haut ou des coupes d'amélioration.
- Les traitements d'éclaircie ne sont pas recommandés pour des arbres dotés d'une longueur de cime de moins de 33 % ou de plus de 50 % de la hauteur totale de l'arbre.

stratifié et à la diversité des âges des peuplements inéquiennes, et ce, en raison de sa longévité et de la persistance de ses réactions à des dégagements répétés, un phénomène qui s'observe même à des âges avancés [63]. Par contre, il présente le bois le moins résistant de toutes les essences commerciales en Amérique du Nord [7]. En vue d'éviter les blessures infligées aux tiges résiduelles, il convient de procéder à une coupe avec protection de la régénération; les opérations sur des sols humides (type de station S4) doivent être menées durant les périodes sèches ou les périodes de gel pour éviter un compactage excessif du sol, l'orniérage, les blessures aux racines et les chablis.

## Guide décisionnel pour la sylviculture du thuya

Cette section propose un guide décisionnel pour aider les sylviculteurs à choisir le traitement sylvicole approprié pour le thuya en tenant compte des objectifs d'aménagement forestier, des risques de broutage des cerfs et de l'autécologie de l'espèce. Ce guide s'applique à des peuplements ou à des micropeuplements, c'est-à-dire aux portions d'un peuplement principal dans lesquelles le thuya est présent. Conformément à la proposition formulée dans la section « Processus de sélection d'un traitement sylvicole », il vient en complément, et non pas en remplacement, de votre propre évaluation des objectifs et des possibilités.

Compte tenu du peu de connaissances s'appuyant sur une expérience opérationnelle de la sylviculture du thuya, ce guide décisionnel se fonde sur la littérature scientifique existante et sur un nombre limité d'essais sur le terrain. Les recommandations qu'il formule nécessitent une validation sur le terrain conformément aux recommandations de la section « Processus de sélection d'un traitement sylvicole ».

Ce guide a été conçu en prenant en considération les objectifs d'aménagement suivants : a) garantir une viabilité à long terme du thuya; et b) produire des billes de fortes dimensions et de qualité supérieure (diamètre > 30 cm [12 po]). Le risque de broutage des cerfs constitue un facteur décisionnel essentiel.

Les guides sylvicoles existants qui traitent du thuya mettent généralement l'accent sur les peuplements purs (voir par exemple [[71, 84, 93, 123]]). Cependant, on trouve souvent le thuya mélangé avec d'autres essences et constituant une composante mineure d'un peuplement forestier; dans ce cas, le défi consiste à harmoniser sa sylviculture avec celle des autres essences. Les décisions concernant la sylviculture du thuya doivent prendre en compte le régime sylvicole et les traitements appliqués à la composante majeure du peuplement.

Un moyen pratique d'atteindre cet objectif consiste à adopter une approche par multitraitements qui considère les bouquets de thuyas comme des micropeuplements au sein d'une matrice générale (figure 9). Les décisions de sylviculture sont alors prises pour chaque micropeuplement sur une surface d'environ 400 m² (0,1 acre), ce qui correspond aux possibilités d'évaluation visuelle sur le terrain. Plusieurs micropeuplements similaires forment un microtype de sylviculture qui est associé à une prescription unique. Une approche de ce type est compatible avec la méthode des multitraitements, un procédé opérationnel souple élaboré pour les peuplements complexes [90]. Lorsque le thuya constitue la principale essence et que les peuplements sont plus homogènes, ce même processus peut être appliqué à l'échelle du peuplement entier plutôt qu'à celle d'un micropeuplement.

Ce guide traite essentiellement d'un nombre limité d'états typiques de peuplements, l'ensemble des situations que l'on trouve en forêt ne pouvant pas être couvertes. Notre objectif est de fournir des recommandations, ainsi que la logique sur laquelle elles s'appuient, pour des conditions répandues afin que l'aménagiste puisse les adapter à d'autres états n'ayant pas été traités expressément dans ce guide. La figure 10 représente une clé décisionnelle ayant pour but d'aider les aménagistes à choisir le type d'aménagement le plus approprié dans une situation donnée.

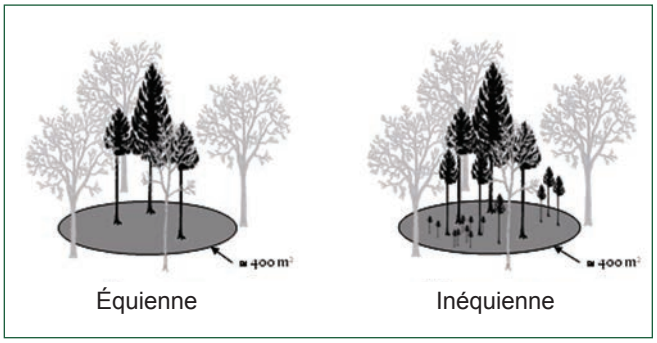



Figure 9. Vues schématiques de micropeuplements de thuyas équiennes et inéquiennes au sein d'un peuplement de feuillus équienne. Figure utilisée avec la permission de Jean-Martin Lussier, RNCan.

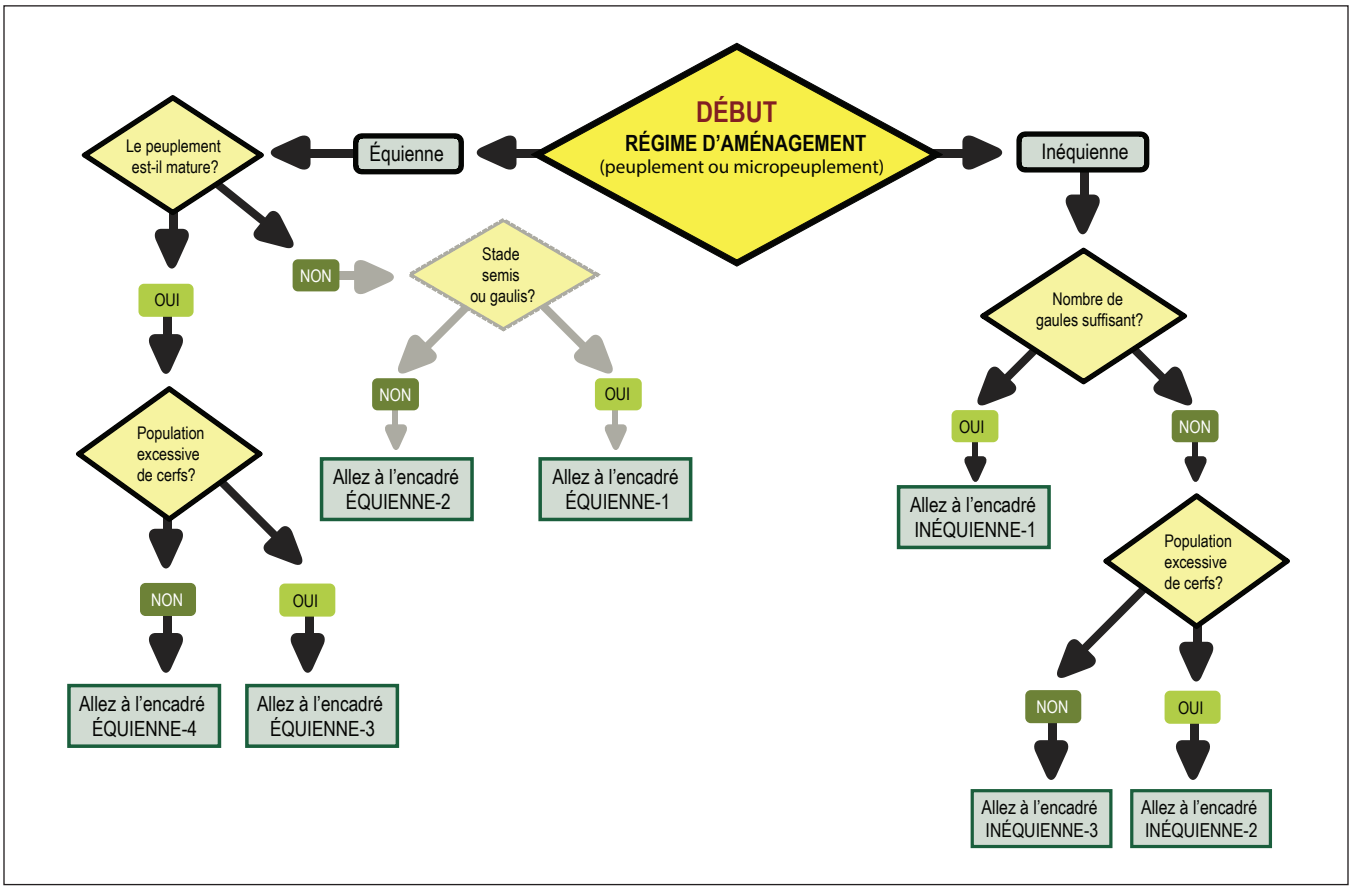



Figure 10. Clé de décision pour l'aménagement du thuya. Les boîtes bleues désignent les descriptions des traitements présentés dans le texte. Figure utilisée avec la permission de Jean-Claude Ruel, Jean-Martin Lussier et Guy Lessard.

## ÉQUIENNE-1

**Peuplements ou micropeuplements équiennes au stade de semis ou de gaulis**

- Si le peuplement ou le micropeuplement est dense et que l'on dispose de fonds suffisants, on peut envisager une éclaircie précommerciale. Une bonne réaction peut être attendue, même après de longues périodes d'oppression.

Note :

- Une éclaircie précommerciale peut accroître la visibilité des gaules de thuyas pour les cerfs et augmenter le broutage; il conviendra donc, dans les zones où les cerfs sont très nombreux, de retarder le traitement jusqu'à ce que les arbres aient atteint au moins 3 m (10 pi) de hauteur.
- Lorsqu'on réalise une éclaircie précommerciale dans un peuplement dépourvu d'objectif particulier de production pour le thuya, cette essence peut être considérée comme une « essence invisible » et ne pas être coupée puisqu'elle ne compromet pas la production des essences visées.
- Bien que l'on puisse s'attendre à des variations sur le plan des réactions de croissance en fonction de l'état des stations, plus particulièrement sur des stations extrêmes (hautes terres sèches [type de station S1] ou basses terres sans circulation d'eau souterraine [sous-groupe du type de station S4]), on dispose de peu de données permettant d'étayer cette supposition.

## ÉQUIENNE-2

**Peuplements ou micropeuplements équiennes au stade de perchis**

- Si le peuplement ou le micropeuplement est dense, on peut envisager une éclaircie commerciale lorsque la longueur de cime se situe entre 33 % et 50 % de la hauteur totale de l'arbre.
- Bien que peu d'essais d'éclaircie commerciale aient été conduits sur des thuyas, ces derniers réagissent bien aux ouvertures dans des peuplements partiellement coupés [77], et ce, même à des âges avancés [63].
- L'ouverture du couvert par des traitements d'éclaircie pourrait amoindrir les avantages offerts par les ravages. Dans les régions nordiques, les cerfs recherchent des ravages pour y trouver une couche de neige moins profonde, des températures plus chaudes, des vitesses du vent moins élevées et une plus grande abondance de végétaux à brouter [120].
- Des éclaircies peuvent être réalisées dans des ravages à condition que la densité de l'étage dominant soit suffisante pour maintenir les taux de recouvrement du couvert prescrits dans les directives de gestion des habitats pour votre région.
- Une coupe d'amélioration peut être envisagée lorsqu'on est en présence d'un grand nombre d'arbres moins désirables; il convient toutefois de prendre en compte le risque de chablis.

Note :

- En vue d'empêcher les pertes dues au chablis, il est recommandé de commencer les traitements d'éclaircie à une distance supérieure à une fois et demie la hauteur des arbres d'une ouverture (p. ex. : une coupe à blanc, une route, etc.).
- Bien que l'on puisse s'attendre à des variations sur le plan des réactions de croissance en fonction de l'état des stations, plus particulièrement sur des stations extrêmes (hautes terres sèches [type de station S1] ou basses terres sans circulation d'eau souterraine [sous-groupe du type de station S4]), on dispose de peu de données permettant d'étayer cette supposition. Il est par conséquent recommandé d'éviter les éclaircies à grande échelle sur des stations extrêmes jusqu'à ce que l'on soit en mesure de quantifier les réponses de croissance.

## ÉQUIENNE-3

**Peuplements ou micropeuplements équiennes matures dans une zone à haute densité de cerfs**

Avec une banque de gaules adéquate

- Une coupe progressive régulière pourrait être utilisée en vue d'augmenter la croissance des gaules tout en luttant contre les essences intolérantes à l'ombre. La récolte finale de l'étage dominant pourrait être mise en œuvre après qu'un nombre suffisant de gaules ait crû jusqu'à une hauteur permettant de les mettre hors de portée des cerfs.
- La coupe avec protection de la régénération et des sols (voir la définition à l'annexe IV) peut être utilisée. Compte tenu du faible taux de croissance et du potentiel d'échec de recrutement du thuya, on recommande de le conserver pour s'assurer d'une future source de graines.
- Tant que les gaules resteront à portée des cerfs, il est probable que le broutage demeure un problème.

En l'absence d'une banque de gaules adéquate

- Compte tenu de la pression élevée exercée par le broutage, la régénération des thuyas sera extrêmement difficile à assurer en l'absence de clôtures.
- Dans le cas d'une utilisation de clôtures, se référer à ÉQUIENNE-4.

(suite à la page 30)

## ÉQUIENNE-3 (suite)

**Peuplements ou micropeuplements équiennes matures dans une zone à haute densité de cerfs**

Note :

- On considère que les gaules sont en meilleure position que les semis pour faire face au stress hydrique.
- Une densité de cerfs supérieure à 4 à 7 têtes/km² (10 à 18 têtes/mi²) produira un impact important sur la régénération forestière. On peut évaluer la pression des cerfs sur le terrain grâce à un indice de broutage obtenu en comptant le nombre de rameaux de dernière année broutés et non broutés, entre 30 et 200 cm (12 à 79 po) au-dessus du sol, sur 12 à 20 gaules d'érables à sucre poussant dans des peuplements où les thuyas sont également présents [46, 118]. L'indice est égal au nombre de pousses broutées divisé par le nombre total de pousses recensées. Un indice supérieur à 40 ou 50 % indique une densité élevée de cerfs.
- Lorsque la pression de broutage est élevée, la hauteur minimale pour s'assurer qu'une régénération ne soit pas remise en cause devrait être de 3 m (10 pi).
- Dans le cas des peuplements équiennes, le nombre de gaules nécessaires pour remplacer les arbres matures dépend de la productivité du peuplement et du dhp visé (voir annexe I). Il est également fonction de la stratégie globale de gestion de la densité, qui comprend notamment le nombre et le type d'éclaircies prévues.
- Des clôtures permettent de contrôler la pression exercée par le broutage. Cependant, le coût des clôtures est habituellement prohibitif [31]. Même si le coût d'installation de clôtures électriques peut s'avérer plus bas, leur coût d'entretien est supérieur à celui des clôtures conventionnelles [31].
- Des micropeuplements de jeunes thuyas au sein d'un peuplement mature d'essences à plus courte durée de vie peuvent être conservés pour une deuxième révolution après la récolte de l'étage dominant; il conviendra toutefois de prendre garde à laisser une zone tampon d'arbres sur pied suffisante autour des micropeuplements (environ une fois et demie la hauteur des arbres) afin d'éviter le chablis.
- Dans les peuplements mixtes où les thuyas représentent une composante mineure et seraient sous-utilisés s'ils étaient récoltés (p. ex., en étant regroupés avec d'autres essences pour la mise en copeaux), il conviendra, à la suite de la récolte de l'étage dominant, de les conserver – en particulier les individus de petite taille, c'est-à-dire les perches – en tant que tiges d'avenir et source de graines, et ce, même s'ils sont isolés. Dans une telle situation, les avantages écologiques et économiques potentiels découlant de leur conservation ont toutes les chances de l'emporter sur les risques de mortalité.
- On doit s'attendre à de la concurrence de la part des arbustes ou des essences d'arbres à croissance rapide sur certaines stations; cette concurrence est toutefois plus probable sur des sols xériques ou mésiques des hautes terres et sur des sols humides de basses terres que sur des sols très humides de basses terres et sur des sols très minces de hautes terres.

## ÉQUIENNE-4

**Peuplements ou micropeuplements équiennes matures dans une zone à faible densité de cerfs**

Avec une banque de semis adéquate

- La coupe avec protection de la régénération et des sols (voir l'annexe IV pour la définition) peut être utilisée, mais il est probable que les semis subissent un stress hydrique à moins qu'ils ne soient déjà bien établis, c'est-à-dire qu'ils ont dépassé 30 cm (1 pi) de hauteur.
- Le prélèvement partiel de l'étage dominant peut être utilisé pour accroître la croissance des semis et des gaules tout en contrôlant les essences intolérantes à l'ombre. En ce qui concerne les semis d'une taille inférieure à 30 cm (1 pi), on recommande une surface terrière résiduelle dépassant 13 m²/ha (57 pi²/acre).

(suite à la page 31)

## ÉQUIENNE-4 (suite)

**Peuplements ou micropeuplements équiennes matures dans une zone à faible densité de cerfs**

En présence d'un couvert forestier fermé et en l'absence d'une banque de semis adéquate

- Il est probable qu'une coupe à blanc ne permette pas une régénération des thuyas en raison de l'absence d'une source de graines et de l'assèchement des lits de germination.
- Il est probable que la coupe avec réserve de semenciers échoue en raison d'une offre de graines limitée, du stress hydrique des lits de germination et du chablis touchant les arbres isolés sur les stations de basses terres. La conservation des bouquets au sein desquels le thuya est présent peut représenter une solution pour favoriser l'installation d'une nouvelle cohorte de régénération.
- Des coupes progressives régulières, conservant une fermeture du couvert forestier d'au moins 60 % [104] ou une surface terrière dépassant 13 m²/ha (57 pi²/acre), combinées avec des scarifiages, peuvent permettre un bon établissement des semis. Des intervalles de temps importants entre les éclaircies s'avéreront profitables pour le thuya. On suggère de considérer que les peuplements de thuyas ne sont pas établis tant que les semis n'ont pas atteint une hauteur de 30 cm (1 pi), et ce, même lorsque la pression de broutage est faible. L'atteinte de ce seuil peut prendre de 6 à 13 ans après la récolte de régénération, même avec une bonne densité relative de semis [59, 77].
- Bien que la plantation de thuyas puisse constituer une solution pour la régénération des peuplements en l'absence d'une banque de semis adéquate, on ne trouve actuellement dans la littérature aucun conseil à ce sujet. La création de trouées dans le couvert forestier (625 m² [0,15 acre]) et la plantation de thuyas au à l'intérieur de ces trouées ont donné de bons résultats initiaux, aussi bien sur le plan de la survie que sur celui de la croissance. La plantation de thuyas sous un couvert forestier partiel conduit à un bon taux de survie, mais avec une croissance réduite.

En présence d'un couvert forestier ouvert et en l'absence d'une banque de semis adéquate

- Il est probable qu'une coupe à blanc ne permette pas une régénération des thuyas en raison de l'absence d'une source de graines et l'assèchement des lits de germination.
- Il n'est pas nécessaire d'effectuer des coupes partielles, le couvert forestier étant déjà ouvert. Le scarifiage de placeaux peut être utilisé pour induire l'établissement d'une nouvelle cohorte de semis si la densité des arbustes est faible (voir la note ci-dessous à propos du scarifiage de placeaux); la plantation peut également être utilisée.
- Un débroussaillage combiné avec le scarifiage devrait être utilisé en cas de couverture importante de la végétation concurrente.

Note :

- Un débroussaillage peut être effectué localement autour des placeaux scarifiés.
- La concurrence par le couvert arbustif peut être élevée après la récolte de l'étage dominant [80].
- En vue d'empêcher les pertes dues au chablis, il est recommandé d'éviter d'effectuer des coupes progressives près d'une grande trouée. L'intervention doit être située à une distance équivalente à au moins une hauteur d'arbre et demie de la trouée.
- Dans les peuplements mixtes où les thuyas représentent une composante mineure et seraient sous-utilisés s'ils étaient récoltés (p. ex., en étant regroupés avec d'autres essences pour la mise en copeaux), il conviendra, à la suite de la récolte de l'étage dominant, de les conserver – en particulier les individus de petite taille, c'est-à-dire les perches – en tant que matériel sur pied et source de graines, et ce, même s'ils sont isolés. Les avantages écologiques et économiques potentiels découlant de leur conservation ont toutes les chances de l'emporter sur les risques de mortalité dans une telle situation.
- Afin de fournir une quantité de graines suffisante, le scarifiage doit être mis en œuvre à une distance des semenciers inférieure à deux fois leur hauteur.
- Les gros débris ligneux et les souches en décomposition, qui constituent des lits de germination privilégiés pour la régénération des thuyas, doivent être protégés lors du scarifiage.

## INÉQUIENNE-1

**Peuplements inéquiennes en présence d'une banque de gaules adéquate**

- On peut faire appel à une coupe de jardinage par pied d'arbre pour conserver de hauts taux d'humidité et de faibles températures au sol [72, 77].
- Dans les peuplements comprenant une composante importante de gaules (susceptibles de mieux faire face au stress hydrique que les semis), on peut utiliser une coupe de jardinage par groupe ou par trouée[3] avec des ouvertures supérieures à deux fois la hauteur des arbres. Il existe des directives pour gérer la taille et le nombre de trouées par rotation dans le cadre d'une coupe de jardinage par trouée [102].
- Il est également possible d'utiliser une coupe progressive irrégulière avec conservation des thuyas après récolte de l'étage dominant lorsque l'obtention d'une production constante au niveau du peuplement ou le maintien d'un couvert permanent ne sont pas exigés par la réglementation ou par les objectifs d'aménagement.

Note :

- L'aménagement de micropeuplements de thuya en tant que blocs inéquiennes est plus facile lorsque le peuplement entier est aménagé comme inéquienne. En effet, la fréquence des interventions dans les micropeuplements inéquiennes est souvent incompatible avec la séquence d'intervention pour le reste du peuplement géré de manière équienne.
- Il conviendra d'accorder un soin particulier aux arbres résiduels en vue d'éviter les infections fongiques et la carie dues aux blessures causées par le scarifiage et par la récolte. On privilégiera une récolte en période de gel.
- Les méthodes de régénération fondées sur la superficie, telles que la coupe de jardinage par groupe, créent des blocs adjacents d'étage dominant ainsi qu'une cohorte de régénération susceptible d'attirer les cerfs et d'autres mammifères [20]. Si l'on utilise ce système, les populations d'orignaux et de cerfs doivent être faibles ou contrôlées au moyen de clôtures.

[3] De manière pratique, la distinction entre le jardinage par groupe ou par trouées provient de la manière dont les consignes de martelage sont données: dans le jardinage par groupe, la consigne est de prélever les arbres en groupes de 2, 3, 4 tiges, etc., la taille du groupe étant ajustée en fonction des ouvertures désirées. Pour le jardinage par trouées, la consigne est directement formulée en terme de dimension de trouée à réaliser (exprimé en superficie ou en rayon) [102]. La première approche est plus pratique pour produire des ouvertures faibles à modérées. Lorsque la taille des groupes excède 5-6 arbres, il est préférable d'utiliser une approche par trouées.

## INÉQUIENNE-2

**Peuplements inéquiennes présentant une population de cerfs élevée et ne disposant pas d'une banque de gaules adéquate**

- On peut utiliser des clôtures conjointement avec des coupes de jardinage, en particulier si une coupe de jardinage par groupe est utilisée (voir la note ci-dessous). Idéalement, les ouvertures du couvert forestier devraient être inférieures en diamètre à une hauteur d'arbres en vue d'induire l'établissement des semis. Dans le cas où des clôtures seraient utilisées, se référer à INÉQUIENNE-3.
- En l'absence de clôtures, on peut continuer à utiliser des coupes de jardinage pour profiter des perches existantes. Toutefois, il est probable qu'un déficit de recrutement de thuya se produise, rendant cette approche non utilisable à long terme.

(suite à la page 33)

## INÉQUIENNE-2 (suite)

**Peuplements inéquiennes présentant une population de cerfs élevée et ne disposant pas d'une banque de gaules adéquate**

Note :

- Une densité de cerfs supérieure à 4 à 7 têtes/km2 (10 à 18 têtes/mi²) produira un impact important sur la régénération. Voir l'indice de broutage à la section ÉQUIENNE-3.
- La coupe de jardinage par groupe ou d'autres méthodes similaires de régénération fondées sur la superficie créent des blocs adjacents d'étage dominant ainsi qu'une cohorte de régénération susceptible d'attirer les cerfs et d'autres mammifères [20]. Si on utilise ce système, il pourrait être nécessaire de contrôler les cerfs avec des clôtures. Cependant, le coût des clôtures est habituellement prohibitif [31]. Même si le coût d'installation de clôtures électriques peut s'avérer plus bas, leur coût d'entretien est supérieur à celui des clôtures conventionnelles.
- L'aménagement de micropeuplements de thuya en tant que blocs inéquiennes est plus facile lorsque le peuplement entier est aménagé comme inéquienne.
- Il conviendra d'accorder un soin particulier aux arbres résiduels en vue d'éviter les infections fongiques et la carie dues aux blessures causées par le scarifiage et par la récolte.

## INÉQUIENNE-3

**Peuplements inéquiennes dans une zone à faible densité de cerfs en l'absence d'une banque de semis adéquate**

En présence d'un couvert forestier fermé

- Il est possible d'utiliser une coupe progressive irrégulière ou une coupe de jardinage par groupe avec conservation des thuyas en combinaison avec un scarifiage par placeaux. On pourra effectuer un regarni dans les trouées s'il n'y a pas un nombre suffisant de semenciers.

Avec un couvert forestier ouvert (fermeture du couvert inférieure à 60 %), mais un sous-étage dense

- On pourra utiliser un débroussaillage mécanique ou chimique (selon les moyens disponibles ou la réglementation en vigueur) pour éliminer ou limiter la végétation concurrente du sous-étage ainsi qu'un scarifiage par placeaux puisque la transmission de la lumière au travers du couvert est déjà suffisante pour l'établissement des semis. On pourra utiliser un regarni ou une plantation en sous-étage. Il sera nécessaire d'effectuer un suivi de la végétation.

Avec un couvert forestier ouvert, mais en l'absence d'un sous-étage dense

- On pourra utiliser le scarifiage par placeaux pour améliorer l'établissement des semis à proximité des semenciers, ou dans les cas où on utiliserait un ensemencement artificiel.
- On pourra utiliser un regarni ou une plantation en sous-étage supplémentaire.

Note :

- L'aménagement de micropeuplements de thuyas inéquiennes est plus facile lorsque le peuplement entier est aménagé comme inéquienne.
- Il conviendra d'accorder un soin particulier aux arbres résiduels en vue d'éviter les infections fongiques et la carie dues aux blessures causées par le scarifiage et par la récolte.

## Aménagement écosystémique

La sylviculture a pour objectif de contrôler la composition, la structure et la qualité des peuplements résiduels. Ainsi, elle peut être utilisée pour créer les conditions souhaitées correspondant à n'importe quel objectif, qu'il soit de nature économique ou non. Dans la pratique traditionnelle, la sylviculture est utilisée pour garantir que les forêts puissent produire un approvisionnement stable et déterminé en bois. Toutefois, de nombreux aménagistes souhaitent également maintenir l'intégrité écologique de leur forêt ou ont reçu le mandat de le faire. La simple application de systèmes sylvicoles conventionnels pourrait ne pas s'avérer suffisante pour atteindre cet objectif supplémentaire.

L'aménagement écosystémique utilise la connaissance des régimes de perturbations naturelles et des processus écologiques pour prendre des décisions d'aménagement concernant le type, l'intensité et la fréquence des traitements sylvicoles et par le fait même, concernant la structure et la composition du peuplement qui en résulte [128]. Les aménagistes ont besoin de comparer les régimes sylvicoles et les perturbations naturelles pour déterminer les différences entre ces types de perturbations. Les peuplements inéquiennes aménagés de façon traditionnelle sont par exemple souvent caractérisés par des perturbations régulières, une structure horizontale homogène et une composition résultant de la dynamique naturelle des trouées qui diffère de celle que l'on trouve dans les peuplements multicohortes [127]. De la même façon, les traitements équiennes qui éliminent l'étage dominant, comme les méthodes de coupe à blanc ou de coupes progressives régulières, créent des structures de peuplement plus simples, comprenant moins d'arbres résiduels – voire aucun – et moins de bois mort que les structures résultant des perturbations naturelles de remplacement des peuplements [44], comme la tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana* [Clem.]) et le feu.

En aménagement écosystémique, la prise en considération du type et de l'intensité de la perturbation doit servir de guide pour déterminer le type, l'intensité et la fréquence des traitements sylvicoles mis en œuvre. Il est souvent nécessaire de modifier les traitements en vue de maintenir les legs biologiques au moyen d'une conservation permanente ou de créer une hétérogénéité spatiale de composition et de structure. De telles modifications peuvent nécessiter une revue à la baisse,voire l'abandon, de certains objectifs de production, comme l'amélioration de la qualité des tiges.

Dans le nord-est des États-Unis et dans les régions mitoyennes du Canada, on a suggéré l'utilisation de méthodes sylvicoles fondées sur la superficie, telles que la coupe de jardinage par bouquet ou par bloc et les coupes progressives par trouées, dans le cadre d'un aménagement écosystémique [126]. Ces démarches offrent un moyen de contrôler directement le taux de perturbation du couvert forestier et peuvent être utilisées efficacement pour imiter les perturbations naturelles. Dans des écosystèmes ou des stations où les perturbations sévères prédominent, les observations concernant l'étendue géographique et les différentes fréquences de réapparition des perturbations naturelles peuvent servir de modèles pour les révolutions et les surfaces des peuplements équiennes [131]. De la même façon, lorsque le régime de perturbations naturelles se caractérise par des trouées dans le couvert forestier, la fréquence d'apparition de ces trouées et leur étendue peuvent servir de guide pour les rotations et les superficies des trouées dans les peuplements inéquiennes.

Les perturbations naturelles entraînant rarement une mortalité de tous les arbres sur pied, la conservation d'un nombre minimal d'arbres résiduels constitue probablement une composante importante de l'aménagement écosystémique. La longévité du thuya, ses capacités à bien réagir au dégagement, même à des âges avancés, et ses nombreuses valeurs quant à la biodiversité en font un excellent arbre à conserver. Cette démarche offre l'avantage supplémentaire de conserver les sources de graines du thuya, un avantage qui pourrait s'avérer appréciable en cas d'échec d'une régénération.

L'aménagement mis en œuvre dans le cadre d'un paradigme de perturbations naturelles exige des aménagistes qu'ils se familiarisent non seulement avec autécologie de leurs essences, mais également avec l'écologie des perturbations de la région [128]. Le thuya étant fréquemment présent comme l'une des composantes des peuplements mixtes, nous recommandons une approche d'évaluation et de traitement par micropeuplement. Une telle démarche convient bien à l'adaptation des régimes sylvicoles visant le maintien de l'intégrité écologique de notre région où la forêt dans son ensemble ainsi que la majorité des peuplements individuels sont naturellement hétérogènes.

# REMERCIEMENTS



Les auteurs souhaitent remercier Ked Coffin, Stephen Coleman, Mike Dann, Marc Deschene, Dave Dow, Kenny Fergusson, Roger Greene, Jacob Guimond, Michael Jurgiewich, Vernon Kelly, Vernon Labbe, Jim O'Malley, Jay Plourde, Jerry Poulin, Dan Smith, Matt Stedman, Hugh Violette, Chris White et Ken White qui ont bien voulu commenter une version préliminaire de ce document lors d'une séance de travail organisée dans le Maine.

Notre reconnaissance va également aux personnes du Québec qui, après un examen de ce document, nous ont fourni de nouvelles informations et de nouvelles idées; merci, donc, à Annie Malenfant, Michel Huot, Patrick Lupien, Barbara Hébert, Daniel Kneeshaw, Philippe Meek, Jean-Claude Racine, Luc Mageau, Anouk Pohu et Daniel Pin.

L'ébauche du manuscrit a été révisée par Yves Bergeron, Brian Brienesse, Johann Housset et Robert Seymour. Nous souhaitons leur exprimer notre gratitude pour leur contribution et leurs commentaires toujours constructifs.

Nous remercions George McCaskill du programme Forest Inventory and Analysis du USDA Forest Service de nous avoir fourni des données concernant les quantités de thuyas dans le nord-est des États-Unis et les associations de types forestiers où il est présent.

Nous tenons également à reconnaître de façon particulière la contribution de Charles Tardif (vice-président au développement corporatif et aux achats) et François Nobert (gestionnaire des achats de bois) de la société Maibec Inc.

La réalisation de ce guide a été financée par Maibec inc., le ministère du Développement économique, de l'Innovation et de l'Exportation du Québec, le Programme de mise en valeur des ressources du milieu forestier (Volet II) du ministère des Ressources naturelles du Québec ainsi que par la Conférence régionale des élus de l'Outaouais.

# CONVERSION DU SYSTÈME INTERNATIONAL AU SYSTÈME IMPÉRIAL 36

| Si on connaît une valeur en | la multiplier par | pour la déterminer en |
|---|---|---|
| Millimètres (mm) | 0,0394 | Pouces (po) |
| Centimètres (cm | 0,394 | Pouces (po) |
| Mètres (m) | 3,28 | Pieds (pi) |
| Mètres (m) | 1,094 | Verges |
| Kilomètres (km | 0,621 | Miles |
| Hectares (ha) | 2,47 | Acres |
| Mètres carrés ($m^2$) | 10,76 | Pieds carrés ($pi^2$) |
| Kilomètres carrés ($km^2$) | 0,386 | Miles carrés |
| Mètres cubes ($m^3$) | 35,3 | Pieds cubes ($pi^3$) |
| Mètres cubes ($m^3$) | 3,62 | Cordes |
| Mètres cubes solides | 2,41 | Cordes |
| Mètres carrés par hectare ($m^2$/ha) | 4,37 | Pieds carrés par acre ($pi^2$/acre) |
| Mètres cubes par hectare ($m^3$/ha) | 14,29 | Pieds cubes par acre ($pi^3$/acre) |
| Arbres par hectare | 0,405 | Arbres par acre |
| Degrés Celsius (°C) | 1,8 °C + 32 | Fahrenheit (°F) |

1. Aldous, S.E. 1941. **Deer management suggestions for northern white cedar types.** Journal of Wildlife Management 5(1):90-94.

2. Archambault, S.; Bergeron, Y. 1992. **A 802 yr tree-ring chronology from the Quebec boreal forest.** Canadian Journal of Forest Research 22:674-682.

3. Banton, E.; Johnson, J.; Lee, H.; Racey, G.; Uhlig, P.; Wester, M. 2009. **Ecosistes of Ontario.** Version 2.0. Ontario Ministry of Natural Resources, Sault Ste. Marie, ON. 91 p.

4. Basham, J.T. 1991. **Stem decay in living trees in Ontario's forests: a user's compendium and guide.** Forestry Canada, Ontario Region, Great Lakes Forestry Centre, Sault Ste. Marie, ON. Inf. Rep. O-X-408. 69 p.

5. Baumflek, M.J.; Emery, M.R.; Ginger, C. 2010. **Culturally and economically important nontimber forest product of northern Maine.** U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station, Newtown Square, PA. Gen. Tech. Rep. NRS-68. 74 p.

6. Bechtel, W.A.; Patterson, P.L. 2005. **The enhanced forest inventory and analysis program : national sampling design and estimation procedures.** U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station, Asheville, NC. 85 p.

7. Behr, E.A. 1974. **Distinguishing heartwood in northern white cedar.** Wood Science 6(4):394-395.

8. Behr, E.A. 1976. **Special physical and chemical properties of northern white cedar.** National northern white cedar conference, 1976, February; East Lansing, MI. Michigan State University, East Lansing, MI. : Publ. 3-76. p. 11-15.

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

10. Berven, K. 2011. **U.S. Forest Service northern conifer experimental forest: historical review and examples of silvicultural research applications.** School of Forest Resources, University of Maine, Orono, ME. x p. M.S. thesis.

11. Biggar, H.P. 1924. **The voyages of Jacques Cartier.** Public Archives of Canada, Ottawa, ON. 330 p.

12. Blum, B.M. 1990. **Picea rubens Sarg. - red spruce.** Pages 250-259 *In:* R.M. Burns and B.H. Honkala, eds. Silvics of North America. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Washington, DC. Vol. 1. Agric. Hndbk. 654.

13. Boucher, Y.; Arseneault, D.; Sirois, L. 2006. **Logging-induced change (1930-2002) of a preindustrial landscape at the northern range limit of northern Feuilluss, eastern Canada.** Canadian Journal of Forest Research 36:505-517.

14. Boulet, B. 2003. **Les champignons des arbres de l'est de l'Amérique du Nord.** Les Publications du Québec, Québec (Québec). 727 p.

15. Boulet, B. 2007. **Défauts et indices de la carie des arbres. 2e Édition.** Les Publications du Québec, Québec (Québec). 317 p.

16. Bowyer, J.L.; Shmulsky, R.; Havgreen, J.G. 2005. **Le bois et ses usages.** Centre collégial de développement de matériel didactique, Montréal (Québec). 528 p.

17. Bryan, R.R. 2007. **Focus Species Forestry: A guide to integrating timber and Biodiversity management in Maine. Third Edition.** Maine Audubon, Falmouth, ME. 92 p.

18. Buongiorno, J.; Gilless, J.K. 2003. **Decision methods forest resource management.** Academic Press, Burlington, MA. 439 p.

19. Conseil canadien des ministres des forêts. 2010. **Base de données nationale sur les forêts.** Disponible à *http://nfdp.ccfm.org/terms/terms_f.php.* (Consulté en décembre 2010).

20. Castleberry, S.B.; Ford, W.M.; Miller, K.V.; Smith, W.P. 2000. I**nfluences of herbivory and canopy openings in size on forest regeneration in a southern bottomland Feuillus forest.** Forest Ecology and Management 131:57-64.

21. Cauboue, M. 2007. **Description écologique des forêts du Québec.** Centre collégial de développement de matériel didactique, Montréal (Québec). 294 p.

22. Caulkins, H.L.J. 1967. **The ecology and reproduction of northern white cedar.** School of Natural Resources, University of Michigan, Ann Arbor, MI. x p. M.S. thesis.

23. Chimner, R.A.; Hart, J.B. 1996. **Hydrology and microtopography effects on northern white-cedar regeneration in Michigan's Upper Peninsula.** Canadian Journal of Forest Research 26(3):389-393.

24. Corbet, D.; McCaul, E. 2010. **Cedar pilot project report one: Preliminary data summary and project description.** Northwest Science and Information, Government of Ontario, Peterborough, ON. 27 p.

25. Cornett, M.W.; Frelich, L.E.; Puettmann, K.J.; Reich, P.B. 2000. **Conservation implications of browsing by *Odocoileus virginianus* in remanant upland Thuja occidentalis forests.** Biological Conservation 93:359-369.

26. Cornett, M.W.; Puettmann, K.J.; Frelich, L.E.; Reich, P.B. 2001. **Comparing the importance of seedbed and canopy type in the restoration of upland *Thuja occidentalis* forests in northeastern Minnesota.** Restoration Ecology 9(4):386-396.

27. Cornett, M.W.; Reich, P.B.; Puettmann, K.J. 1997. **Canopy feedbacks and microtopography regulate conifer seeding distribution in two Minnesota conifer-deciduous forests.** Ecoscience 4(3):353-364.

28. Cornett, M.W.; Reich, P.B.; Puettmann, K.J.; Frelich, L.E. 2000. **Seedbed and moisture availability determine safe sites for early *Thuja occidentalis* (Cupressaceae) regeneration.** American Journal of Botany 87:1807-1814.

29. Côté, M. 2003. **Dictionnaire de la foresterie.** Ordre des ingénieurs forestiers du Québec. Québec (Québec). 1 428 p.

30. Curtis, J.D. 1941. **Report of northern white cedar research in Maine.** Orono, ME. Unpublished manuscript. 23 p.

31. Cusson, M. 2004. **Le cerf de Virginie : comment faire face aux dommages qu'il peut causer dans la région de la Chaudière-Appalaches?** Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, Gouvernement du Québec, Québec (Québec). 13 p.

32. Davis, M.A.; Wrage, K.J.; Reich, P.B. 1998. **Competition between tree semis and herbaceous vegetation: support for a theory of resource supply and demand.** Journal of Ecology 86:652-661.

33. De Geus, R. 2011. **Personal communication.** Vermont Department of Forests, Parks & Recreation, Montpelier, VT

34. Denneler, B.; Asselin, H.; Bergeron, Y.; Bégin, Y. 2008. **Decreased fire frequency and increased water levels affect riparian forest dynamics in Southwestern boreal Quebec, Canada.** Canadian Journal of Forest Research 38:1083-1094.

35. Déry, S.; Labbé, P. 2006. **Lignes directrices rattachées à l'objectif sur la conservation du bois mort dans les forêts aménagées : sélection de lisières boisées riveraines à soustraire de l'aménagement forestier.** Gouvernement du Québec, Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de l'environnement forestier, Québec (Québec). 15 p.

36. Doucet, R.; Pineau, M.; Ruel, J.-C.; Sheedy, G. 1996. **Manuel de foresterie.** Les Presses de l'Université Laval, Québec (Québec). 1428 p.

37. Dumais, D.; Prévost, M. 2007. **Management for red spruce conservation in Quebec: the importance of some physiological and ecological characteristics - a review.** Forestry Chronicle 83(3):378-392.

38. Durzan, D.J. 2009. **Arginine, scurvy, and Jacques Cartier's "tree of life".** Journal of Ethnobiology & Ethnomedicine 5:5.

39. Erdmann, G.G. 1990. **Betula alleghaniensis Britton - yellow birch.** Pages 133-147 *In:* R.M. Burns and B.H. Honkala, eds. Silvics of North America. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Washington, DC. Vol. 2. Agric. Hndbk. 654.

40. Erichsen-Brown, C. 1989. **Medicinal and other uses of North American plants: an historical survey with special reference to the eastern Indian tribes.** Dover Publications, Mineola, NY. 512 p.

41. Farrar, J.L. 1996. **Les arbres du Canada.** Fides et Service canadien des forêts en collaboration avec Approvisionnements et Services Canada, St-Laurent (Québec). 502 p.

42. Foltz, J.L.; Knight, F.B.; Allen, D.C.; Mattson, W.J., Jr. 1968. **A technique for sampling populations of the jack-pine budworm.** Forest Science 14:277-281.

43. Frank, R.M. 1990. ***Abies balsamea*** **(L.) Mill. - balsam fir.** Pages 26-35 *In:* R.M. Burns and B.H. Honkala, eds. Silvics of North America. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Washington, DC. Vol. 1. Agric. Hndbk 654.

44. Franklin, J.F.; Berg, D.R.; Thomburgh, D.A.; Tappeiner, J.C. 1997. **Alternative silvicultural approaches to timber harvesting: variable retention harvest systems.** Pages 111–140 *In:* K.A. Kohm and J.F. Franklin, ed. Creating a forestry for the 21st century: The science of ecosystem management. Island Press, Washington, DC.

45. Fraver, S.; White, A.S.; Seymour, R.S. 2009. **Natural disturbance in an old-growth landscape in northern Maine.** Journal of Ecology 97:289-298.

46. Frelich, L.E.; Lorimer, C.G. 1985. **Current and predicted long-term effects of deer browsing in hemlock forests in Michigan, USA.** Biological Conservation 34:99-120.

47. Frelich, L.E.; Reich, P.B. 1998. **Disturbance severity and threshold responses in the boreal forest.** Conservation Ecology 2(2):7.

48. Garber, S.M.; Brown, J.P.; Wilson, D.S.; Maguire, D.A.; Heath, L.S. 2005. **Snag longevity under alternative silvicultural regimes in mixed-species forests of central Maine.** Canadian Journal of Forest Research 35(4):787-796.

49. Gashwiler, J.S. 1967. **Conifer seed survival in a western Oregon clearout.** Ecology 48:431-438.

50. Godman, R.M.; Lancaster, K. 1990. ***Tsuga canadensis*** **(L.) Carr - eastern hemlock.** Pages 604-612 *In:* R.M. Burns and B.H. Honkala, eds. Silvics of North America. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Washington, DC. Vol. 1. Agric. Hndbk 654.

51. Godman, R.M.; Mattson, G.A. 1976. **Seed crops and regeneration problems of 19 species in northeastern Wisconsis.** U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experiment Station, St. Paul, MN. Res. Pap. NC-123. 5 p.

52. Godman, R.M.; Yawney, H.M.; Tubbs, C.H. 1990. ***Acer saccharum*** **Marsh. - sugar maple.** Pages 78-91 *In:* R.M. Burns and B.H. Honkala, eds. Silvics of North America. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Washington, DC. Vol. 2. Agric. Hndbk 654.

53. Gosselin, J.; Grondin, P.; Saucier, J.-P. 1998. **Rapport de classification écologique du sous-domaine bioclimatique de l'érablière à bouleau jaune de l'est.** Ministère des Ressources naturelles du Québec, Direction des inventaires forestiers, Sainte-Foy (Québec). 173 p.

54. Gosselin, J.; Grondin, P.; Saucier, J.-P. 1998. **Rapport de classification écologique du sous-domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau jaune de l'ouest.** Ministère des Ressources naturelles du Québec, Direction des inventaires forestiers, Sainte-Foy (Québec). 163 p.

55. Gosselin, J.; Grondin, P.; Saucier, J.-P. 1999. **Rapport de classification écologique du sous-domaine bioclimatique de l'érablière à bouleau jaune de l'ouest.** Ministère des Ressources naturelles du Québec, Direction des inventaires forestiers, Sainte-Foy (Québec). 187 p.

56. Grondin, P.; Blouin, J.; Racine, P. 1999. **Rapport de classification écologique du sous-domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau jaune de l'est.** Ministère des Ressources naturelles du Québec, Direction des inventaires forestiers, Sainte-Foy (Québec). 198 p.

57. Grondin, P.; Blouin, J.; Racine, P.; D'Avignon, H.; Tremblay, S. 1998. **Rapport de classification écologique du sous-domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau blanc de l'est.** Ministère des Ressources naturelles du Québec, Direction des inventaires forestiers, Sainte-Foy (Québec). 261 p.

58. Heitzman, E.; Pregitzer, K.S.; Miller, R.O. 1997. **Origin and early development of northern white-cedar stands in northern Michigan.** Canadian Journal of Forest Research 27:1953-1961.

59. Heitzman, E.; Pregitzer, K.S.; Miller, R.O.; Lanasa, M.; Zuidema, M. 1999. **Establishment and development of northern white-cedar following strip clearcutting.** Forest Ecology and Management 123:97-104.

60. Hightshoe, G.L. 1978. **Native trees for urban and rural America - A planting design manual for environnemental designers.** Iowa State University, Ames, IA. 141 p.

61. Hofmeyer, P.V.; Seymour, R.S.; Kenefic, L.S. 2009. **Influence of soil site class on growth and decay of northern white-cedar and two associates in Maine.** Northern Journal of Applied Forestry 26(2):68-75.

62. Hofmeyer, P.V.; Seymour, R.S.; Kenefic, L.S. 2010. **Historical early stem development of northern white-cedar (*Thuja occidentalis* L.) in Maine.** Northern Journal of Applied Forestry 27(3):92-96.

63. Hofmeyer, P.V.; Seymour, R.S.; Kenefic, L.S. 2010. **Production ecology of *Thuja occidentalis* L. in Maine.** Canadian Journal of Forest Research 40:1155-1164.

64. Holcombe, J.W. 1976. **The bryophyte flora of Thuja seedbed logs in a northern white-cedar swamp.** Michigan Botanist 15:173-181.

65. Holloway, G.L.; Naylor, B.J.; Watt, W.R. 2004. **Habitat relationships of wildlife in Ontario. Revised habitat suitability models for the Great Lakes-St. Lawrence and Boreal East forests.** Ontario Ministry of Natural Resources, Science and Information Branch, Southern Science and Information and Northeast Science and Information, Toronto, ON. Joint Tech. Rep. #1. 120 p.

66. Horton, J. 2011. **Personal communication.** New Hampshire Division of Forests & Lands, Concord, NH.

67. Hydro-Québec. 2005. **Répertoire des arbres et arbustes ornementaux. 2e édition.** Hydro-Québec Distribution, Montréal (Québec). 547 p.

68. Jessome, A.P. 2000. **Résistance et propriétés connexes des bois indigènes au Canada.** Forintek Canada Corp, Sainte-Foy (Québec). Publ. SP-514F. 37 p.

69. Jobidon, R. 1995. **Autécologie de quelques espèces de compétition d'importance pour la régénération forestière au Québec - Revue de littérature.** Gouvernement du Québec, Ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière, Sainte-Foy (Québec). Mémoire de recherche forestière no 117. 180 p.

70. Johnston, W.F. 1972. **Balsam fir dominant species under rethinned northern white-cedar.** U.S. Department. of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experiment Station, St. Paul, MN. Res. Note NC-133. 4 p.

71. Johnston, W.F. 1977. **Manager's handbook for white cedar in the north central states**. U.S. Department. of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experiment Station, St. Paul, MN. Gen. Tech. Rep. NC-35. 18 p.

72. Johnston, W.F. 1990. ***Thuja occidentalis* L. - northern white-cedar.** Pages 580-589 *In:* R.M. Burns and B.H. Honkala, eds. Silvics of North America. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Washington, DC. Vol. 1. Agric. Hndbk. 654.

73. Kell, J. 2009. **Soil-site influences on northern white-cedar (*Thuja occidentalis* L.) stem quality and growth.** University of Maine, Orono, ME. x p. M.S. Thesis

74. Lanasa, M.; Zuidema, M. 1991. **Site preparation for northern white-cedar.** Cedar Evaluation Development Information and Research. Michigan State University, East Lansing, MI. Cedar note 2. 6 p.

75. Larouche, C. 2006. **Raréfaction du thuya**. *In: P.* Grondin et A. Cimon, éds. Les enjeux de biodiversité relatifs à la composition forestière. Chapitre 5 (Addenda). Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, Direction de la recherche forestière et Direction de l'environnement forestier, Sainte-Foy (Québec). 32 p.

76. Larouche, C. 2007. **Examples of browsing impact on cedar.** Université Laval, Québec (Québec). Rapport interne. 10 p.

77. Larouche, C. 2009. **La régénération du thuya après coupes partielles en peuplements mixtes.** Faculté de foresterie, géographie et géomatique, Université Laval. Québec (Québec). Thèse Ph.D. 158 p.

78. Larouche, C.; Kenefic, L.S.; Ruel, J.-C. 2010. **Northern white cedar regeneration dynamics on the Penobscot Experimental forest in Maine: 40 year results.** Northern Journal of Applied Forestry 27(1):5-12.

79. Larouche, C.; Morissette, S.; Ruel, J.-C.; Lussier, J.-M.; Kenefic, L.S. 2007. **Regeneration and growth of Thuja occidentalis in mixedwood stands after partial cutting.** Pages 64-68 *In:* Proceeding of the Carrefour de la recherche forestière. Carrefour de la recherche forestière, 19 - 20 septembre 2007. Québec (Québec).

80. Larouche, C.; Ruel, J.-C.; Lussier, J.-M. 2011. **Factors affecting northern white-cedar (*Thuja occidentalis* L.) seedling establishment and early growth in mixedwood stands.** Canadian Journal of Forest Research 41(3):568-582.

81. Larson, D.W.; Kelly, P.E. 1991. **The extent of old-growth *Thuja occidentalis* on cliffs of the Niagara Escarpment.** Canadian Journal of Botany 69: 1628-1636.

82. Larson, D.W.; Matthes-Sears, U.; Kelly, P.E. 1993. **Cambial dieback and partial shoot mortality in cliff-face Thuja occidentalis: Evidence for sectored radial architecture.** International Journal of Plant Sciences 154:496-505.

83. Lauriault, J. 1987. **Guide d'identification des arbres du Canada.** Musée national des sciences naturelles et Éditions Marcel Broquet, Montréal (Québec). 551 p.

84. Leak, W.B.; Solomon, D.S.; DeBald, P.S. 1987. **Silviculture guide for northern feuillus types in the northeast. Revised edition.** U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeast Forest Experiment Station, Upper Darby, PA. Gen. Tech. Rep. NE-603. 36 p.

85. LePage, P.T.; Canham, C.D.; Caoates, K.D.; Bartemucci, P. 2000. **Seed abundance versus substrate limitation of seeling recruitment in northern temperate forests of British Columbia.** Canadian Journal of Forest Research 30:415-427.

86. Lihra, T.; Ganev, S. 1999. **Machining properties of Eastern species and composite panels.** Forintek Canada Corp, Québec (Québec). Project No. 2306. 62 p.

87. Lupien, P. 2004. **Des feuillus nobles en Basse-Mauricie. Guide de mise en valeur.** Syndicat des producteurs de bois de la Mauricie, Shawinigan (Québec). 248 p.

88. Maine, F.S. 2010. **2009 Wood processor report.** Department of Conservation, Maine Forest Service, Forest Policy and Management Division, Augusta, ME. 10 p. Disponible à *www.maine.gov/doc/mfs/pubs/pdf/wdproc/09wdproc.pdf.*

89. McWilliams, W.H.; Butler, B.J.; Caldwell, L.E.; Griffith, D.M.; Hoppus, M.L.; Laustsen, K.M.; Lister, A.J.; Lister, T.W.; Metzler, J.W.; Morin, R.S.; Sader, S.A.; Stewart, L.B.; Steinman, J.R.; Westfall, J.A.; Williams, D.A.; Whitman, A.; Woodall, C.W. 2005. **The forests of Maine, 2003.** U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Research Station, Newtown Square, PA. Res. Bull. NE-164. 188 p.

90. Meek, P.; Lussier, J.-M. 2006. **L'application du système des coupes progressives par une approche multitraitement pour l'aménagement des peuplements feuillus irréguliers de faible densité.** FERIC/Service canadien des forêts, Montréal (Québec). 37 p.

91. Miller, B. 1995. **Autecology of black spruce.** Queen's Printer for Ontario, Toronto, ON. 7 p.

92. Miller, R.O. 1990. **Ecology and management of northern white-cedar.** Pages 1-14 *In:* Regenerating conifer cover in deer yards: proceedings of a workshop, 1990 Dec. 4-5. Central Ontario Forest Technology Development Unit. Ministry of Natural Resources, North Bay, ON.

93. Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs du Québec. 2003. **Manuel d'aménagement forestier, 4e édition.** Direction des programmes forestiers du ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs. Sainte-Foy (Québec). 245 p.

94. Ministère des Ressources naturelles du Québec. 1995. **Petit manuel des semences forestières au Québec.** Gouvernement du Québec, Ministère des Ressources naturelles, Sainte-Foy (Québec). 72 p.

95. Ministère des Ressources naturelles du Québec. 1999. **Manuel de mise en valeur des forêts privées du Québec.** Gouvernement du Québec, Ministère des Ressources naturelles, Sainte-Foy (Québec). 180 p.

96. Musselman, R.C.; Lester, D.T.; Adams, M.S. 1975. **Localized ecotypes of *Thuja occidentalis* L. in Wisconsin.** Ecology 56(3):647-655.

97. Naser, B.; Bodinet, C.; Tegtmeier, M.; Lindequist, U. 2005. ***Thuja occidentalis* (*Arbor vitae*): A review of its pharmaceutical, pharmacological and clinical properties.** Evidence-Based Complementary and Alternative Medecine 2(1):69-78.

98. Natural, R.C.S. 2011. **Plants database.** Available at *http://plants.usda.gov/threat.html*. (consulté le 8 avril 2011).

99. NatureServe. 2011. **NatureServe explorer.** NatureServe, Arlington, VA. Disponible à *http://www.natureserve.org/explorer/servlet/NatureServe?init=Ecol*. (Consulté le 8 avril 2011).

100. Nelson, T.C. 1951. **A reproduction study of northern white cedar including results of investigations under federal aid in wildlife restoration project Michigan 49-R.** Michigan Department of Conservation Game Divison, Lansing, MI. 100 p.

101. Nienstaedt, H.; Zasada, J.C. 1990. ***Picea glauca* (Moench) Voss. - white spruce.** Pages 204-226 *In:* R.M. Burns and B.H. Honkala, eds. Silvics of North America. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Washington, DC. Vol. 1. Agric. Hndbk. 654

102. Nyland, R.D. 2002. **Silviculture: Concepts and applications.** McGraw-Hill Science/Engineering/Math, New York, NY. 633 p.

103. Ontario, Ministry of Natural Resources. 1997. **Silvicultural guide to managing for black spruce, jack pine and aspen on boreal forest ecosites in Ontario.** Version 1.1. Ontario Ministry of Natural Resources, Toronto, ON. 822 p.

104. Ontario, Ministry of Natural Resources. 1998. **A silvicultural guide for the Great Lakes-St. Lawrence conifer forest in Ontario.** Version 1.1. Ontario Ministry of Natural Resources, Toronto, ON. 424 p.

105. Ontario, Ministry of Natural Resources. 2000. **A Silvicultural Guide to Managing Southern Ontario Forests.** Ontario Ministry of Natural Resources, Toronto, ON. 654 p.

106. Ontario, Ministry of Natural Resources. 2003. **Silviculture Guide to Managing Spruce, Fir, Birch, and Aspen Mixedwoods in Ontario's Boreal Forest**. Ontario Ministry of Natural Resources, Toronto, ON. 382 p.

107. Ontario, Ministry of Natural Resources. 2011. **Species at risk in Ontario (SARO) list.** Ontario Ministry of Natural Resources, Toronto, ON. Disponible à *www.mnr.gov.on.ca/en/Business/Species/2ColumnSubPage/276722.html*. (Consulté le 8 avril 2011).

108. Paquin, R.; Margolis, A.; Doucet, R.; Coyea, M.A. 1999. **Comparaison of growth and physiology of layers and naturally established semis of black spruce in a boreal cutover in Quebec.** Canadian Journal of Forest Research 29:1-8.

109. Perala, D.A. 1990. ***Populus tremuloides* Michx. - quaking aspen.** Pages 555-569 *In:* R.M. Burns and B.H. Honkala, eds. Silvics of North America. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Washington, DC. Vol. 2. Agric. Hndbk. 654

110. Perron, J.Y. 1985. **Tarif de cubage général - volume marchand brut.** Gouvernement du Québec, Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec (Québec). 60 p.

111. Peterson, E.B.; Peterson, N.M. 1992. **Ecology, management and use of aspen and balsam poplar in the prairie provinces.** Forestry Canada, Northwest Region, Northern Forestry Centre, Edmonton, AB. Spec. Rep. 1. 252 p.

112. Pinto, F.; Romaniuk, S.; Ferguson, M. 2008. **Changes to pre-industrial forest tree composition in central and northeastern Ontario, Canada.** Canadian Journal of Forest Research 38:1842-1854.

113. Pothier, D.; Savard, F. 1998. **Actualisation des tables de production pour les principales espèces forestières du Québec.** Ministère des Ressources naturelles du Québec, Québec (Québec). Publ. no RN98-3054. 183 p.

114. Prévost, M. 1997. **Effects of scarification on seedbed coverage and natural regeneration after a group seed-tree cutting in a black spruce (*Picea mariana*) stand**. Forest Ecology and Management 94:219-231.

115. Raymond, P.; Bédard, S.; Roy, V.; Larouche, C.; Tremblay, S. 2009. **The irregular shelterwood system: review, classification, and potential application to forests affected by partial disturbances.** Journal of Forestry 107(8): 405-413.

116. Rea, R.V. 2011. **Impacts of moose (*Alces alces*) browsing on paper birch (*Betula papyrifera*) morphology and potential timber quality.** Silva Fennica 45(2):227-236.

117. Roe, E.I. 1947. **Thinning in cedar swamp.** U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Lake States Forest Experiment Station, St. Paul, MN. Tech. Note 279. 1 p.

118. Rooney, T.P.; Solheim, S.L.; Waller, D.M. 2002. **Factors affecting the regeneration of northern white cedar in lowland forests of the Upper Great Lakes region, USA.** Forest Ecology and Management 163:119-130.

119. Rose, A.H.; Lindquist, O.H. 1980. **Insectes du mélèze, du thuja et du génévrier de l'est du Canada.** Ministère de l'Environnement, Service canadien des forêts, Ottawa (Ontario). Rapp. tech. 28F. 100 p.

120. Sabine, D.L.; Morrison, S.F.; Whitlaw, H.A.; Ballard, W.B.; Forbes, G.J.; Bowman, J. 2002. **Migration behavior of white-tailed deer under varying winter climate regimes in New Brunswick.** Journal of Wildlife Management 66(3): 718-728.

121. Safford, L.O.; Bjorkbom, J.C.; Zasada, J.C. 1990. ***Betula papyrifera* Marsh. - paper birch.** Pages 158-171 *In:* R.M. Burns and B.H. Honkala, eds. Silvics of North America. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Washington, DC. Vol. 2. Agric. Hndbk. 654.

122. Saucier, J.-P.; Gagné, C.; Bernier, S. 2007. **Indices de qualité de station des principales essences commerciales en fonction des types écologiques du Québec méridional.** Version: septembre 2007. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction des inventaires forestiers, Québec (Québec). 130 p.

123. Schaffer, W.W. 1996. **Silvicultural guidelines for the eastern white cedar.** Ontario Ministry of Natural Resources, Southern Region Science & Technology Transfer Unit, Peterborough, ON. Tech. Rep. TR-006. 62 p.

124. Schütz, J.-P. 1997. **Sylviculture 2 - La gestion des forêts irrégulières et mélangées.** Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne, Suisse. 168 p.

125. Scott, M.L.; Murphy, P.G. 1987. **Regeneration patterns of northern white cedar, an old-growth forest dominant.** American Midland Naturalist 117: 10-16.

126. Seymour, R.S.; Guldin, J.; Marshall, D.; Palik, B. 2006. **Large-scale, long-term silvicultural experiments in the United States.** Allgemeine Forst Und Jagdseitung 177(6/7):104-112.

127. Seymour, R.S.; Hunter, M.L. 1999. **Principles of ecological forestry.** Chapter 2. Pages 22-61 *In:* M.L. Hunter Jr., ed. Managing Biodiversity in forest ecosystems. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

128. Seymour, R.S.; White, A.S.; deMaynadier, P.G. 2002. **Natural disturbance regimes in northeastern North America: Evaluating silvicultural systems using natural scales and frequencies.** Forest Ecology and Management 155(2): 357-367.

129. Simard, M.-J.; Bergeron, Y.; Sirois, L. 2003. **Substrate and litterfall effects on conifer seedling survivorship in southern boreal stands of Canada.** Canadian Journal of Forest Research 33:672-681.

130. Sims, R.A.; Kershaw, H.M.; Wickware, G.M. 1990. **The autecology of major tree species in the North Central region of Ontario.** Ontario Ministry of Natural Resources, Sault Ste. Marie, ON. COFRDA Rep. 3302, NWOFTDU Tech. Rep. 48. 126 p.

131. Society of American Foresters. 2010. **Dictionary of forestry.** Society of American Foresters, Bethesda, MD. Disponible à http://dictionaryofforestry.org/. (Consulté le 2 décembre 2010).

132. Ullrey, D.E.; Youatt, W.G.; Johnson, H.E.; Fay, L.D.; Brent, B.E. 1967. **Digestibility of cedar and jack pine browse for the white-tailed deer.** Journal of Wildlife Management 31(3):448-454.

133. Ullrey, D.E.; Youatt, W.G.; Johnson, H.E.; Fay, L.D.; Brent, B.E.; Kemp, K.E. 1968. **Digestibility of cedar and balsam fir browse for the white-tailed deer.** Journal of Wildlife Management 32(1):162-171.

134. Ullrey, D.E.; Youatt, W.G.; Johnson, H.E.; Ku, P.K.; Fay, L.D. 1964. **Digestibility of cedar and aspen browse for the white-tailed deer.** Journal of Wildlife Management. 28(4):791-797.

135. Ung, C.-H.; Guo, X.J. 2011. **Canadian national taper equations.** Unpublished manuscript. Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Laurentian Forestry Centre, Ste-Foy, QC. 8 p.

136. Van Deelen, T.R. 1999. **Deer-cedar interaction during a period of mild winters: implications for conservation of conifer swamp deeryards in the Great Lakes region.** Natural Areas Journal 19:263-274.

137. Verme, L.J.; Johnston, W.F. 1986. **Regeneration of northern white cedar deeryards in upper Michigan.** Journal of Wildlife Management 50:307-313.

138. Waiters, R.S.; Yawney, H.M. 1990. ***Acer rubrum* L. - red maple.** Pages 60-69 *In:* R.M. Burns and B.H. Honkala, eds. Silvics of North America. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Washington, DC. Vol. 2. Agric. Hndbk. 654.

139. Watkins, L. 2011. **The forest resource of Ontario 2011.** Ontario Ministry of Natural Resources, Sault Ste. Marie, ON. 307 p.

140. Wein, R.W.; Moore, J.M. 1979. **Fire history and recent fire rotation periods in the Nova Scotia Acadian forest.** Canadian Journal of Forest Research 9(2):285-294.

141. Weiskittel, A.R.; Hofmeyer, P.V.; Seymour, R.S. 2010. **Modelling primary branch frequency and size for five conifer species in Maine, USA.** Forest Ecology and Management 259:1912-1921.

142. Weiskittel, A.R.; Kenefic, L.S.; Seymour, R.S.; Phillips, L.M. 2009. **Long-term effects of precommercial thinning on the stem dimensions, form and branch characteristics of red spruce and balsam fir crop trees in Maine, USA.** Silva Fennica 43(3):397-409.

143. Wilson, G.F.; Maguire, D.A. 1996. **Simulation of early regeneration processes in mixed-species forests of Maine, USA: germination, survival, and height growth.** Pages 530-539 *In: J.P.* Skorsgaard and V.K. Johannsen, eds. Modeling regression success and early growth of forest stands. Danish Forest and Landscape Research Institute, Horsholm, Denmark

144. Zhang, Q.; Pregitzer, K.S.; Reed, D.D. 1999. **Catastrophic disturbance in the presettlement forests of the Upper Peninsula of Michigan.** Canadian Journal of Forest Research 29:106-114.

## Dimension et croissance des arbres

### Valeurs de référence de l'accroissement en diamètre

Les valeurs de référence de l'accroissement en diamètre fournissent les courbes supérieures, moyennes et inférieures de l'accroissement annuel en diamètre par rapport au diamètre de l'arbre (figure 11). Ces valeurs ont été obtenues à partir de données provenant de placettes permanentes de l'est du Canada et du nord-est des États-Unis[4,5].Les valeurs de référence de l'accroissement peuvent être utilisées pour :

**1. Évaluer la croissance d'un arbre ou d'un peuplement**

En carottant un arbre et en mesurant le nombre de cernes de croissance sur le dernier centimètre (1/2 po) de croissance, on peut déterminer s'il présente une croissance en diamètre dans la moyenne de celle des autres arbres appartenant à la même classe de diamètre, supérieure à cette moyenne ou inférieure à cette moyenne.

À l'échelle d'un peuplement, les valeurs moyennes des dhp et des accroissements peuvent être calculées pour évaluer la croissance globale du peuplement.

Sur le terrain, il est plus pratique d'estimer l'accroissement en diamètre d'un arbre en utilisant le **temps de passage**[6] (tableau 7). Le temps de passage

[4] Les données des placettes permanentes des États-Unis proviennent de la base de données du programme FIA (Forest Inventory and Analysis) du U.S. Forest Service pour le Maine, le Vermont, le New Hampshire et l'État de New York. On a également utilisé des données de placettes permanentes en provenance du Québec, du Nouveau-Brunswick, de la Nouvelle-Écosse et de l'Île-du-Prince-Édouard.

[5] Une croissance de niveau moyen correspond à un accroissement compris entre le 33e et le 67e centile d'accroissement du dhp. Une croissance de niveau inférieur correspond à un accroissement inférieur au 33e centile, tandis que le niveau supérieur correspond à un accroissement supérieur au 67e centile.

[6] D'un point de vue mathématique, le temps de passage est égal à $w/i_d$, où w est l'étendue de la classe de diamètre et $i_d$ est l'accroissement annuel, ces deux valeurs étant exprimées dans la même unité.

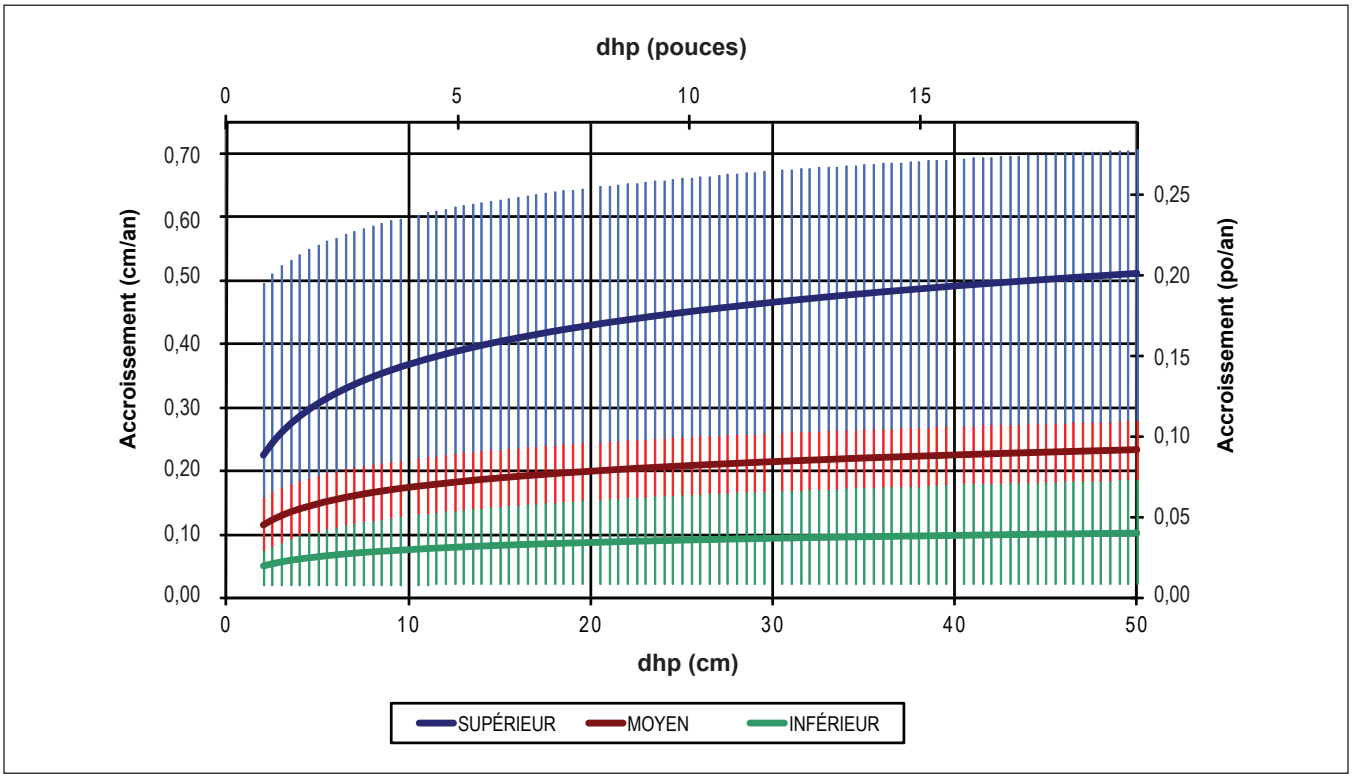



Figure 11. Valeurs de référence pour l'accroissement en diamètre du thuya. Figure utilisée avec la permission de Jean-Martin Lussier et Aaron Weiskittel.

d'un arbre est estimé par le nombre de cernes de croissance sur le dernier centimètre (1/2 po) de croissance le plus proche de l'écorce (si l'on considère des classes de dhp de 2 cm [1 po]). Le temps de passage correspond alors au temps que l'arbre a pris pour changer de classe diamétrale. Une méthode simple pour comparer les arbres ayant des diamètres différents consiste à utiliser un **indice relatif de croissance** calculé en divisant l'accroissement en diamètre mesuré par la valeur moyenne de référence de l'accroissement en diamètre pour cette classe de diamètre. Un arbre de 20 cm présentant un accroissement en dhp de 0,3 cm/an aura, par exemple, un indice de croissance de 1,5 (0,3 divisé par 0,2) puisque l'accroissement moyen en dhp d'un arbre d'une taille similaire est de 0,2 cm/an (figure 11). En d'autres termes, cet arbre croît 1,5 fois plus vite que la moyenne. On peut procéder au même type d'évaluation au niveau d'un peuplement en utilisant l'accroissement moyen en dhp et le dhp moyen du peuplement.

La croissance en diamètre est influencée par des facteurs génétiques, climatiques, biologiques (comme la concurrence, la prédation ou les maladies) ainsi que par des facteurs liés à la station. Il est donc difficile de relier la croissance d'un arbre ou d'un peuplement à un facteur unique. Les valeurs de référence sont néanmoins utiles pour le suivi de la croissance des individus et des peuplements, ainsi que pour la prise de décisions sylvicoles.

### 2. Faire des hypothèses à propos de la croissance future

La mortalité des arbres étant liée à la vigueur, il est possible de faire des hypothèses raisonnables quant à leur taux de survie à partir de leur dimension et de leur accroissement en diamètre actuel.

**Table 7. Temps de passage pour le thuya avec une croissance en diamètre supérieure, moyenne et inférieure**

| SYSTÈME INTERNATIONAL | | | | SYSTÈME IMPÉRIAL | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Nombre d'années pour une croissance en diamètre de 2 cm | | | | Nombre d'années pour une croissance en diamètre de 1 po | | |
| Dhp (cm) | Supérieur | Moyenne | Inférieure | Dhp (po) | Supérieur | Moyenne | Inférieur |
| 2 | <13 | 13-27 | >27 | 1 | <15 | 15-31 | >31 |
| 4 | <11 | 11-20 | >20 | 2 | <13 | 13-24 | >24 |
| 6 | <10 | 10-18 | >18 | 3 | <12 | 12-21 | >21 |
| 8 | <9 | 9-16 | >16 | 4 | <12 | 12-19 | >19 |
| 10 | <9 | 9-15 | >15 | 5 | <11 | 11-18 | >18 |
| 12 | <9 | 9-15 | >15 | 6 | <11 | 11-18 | >18 |
| 14 | <9 | 9-14 | >14 | 7 | <11 | 11-17 | >17 |
| 16 | <8 | 8-14 | >14 | 8 | <10 | 10-16 | >16 |
| 18 | <8 | 8-13 | >13 | 9 | <10 | 10-16 | >16 |
| 20 | <8 | 8-13 | >13 | 10 | <10 | 10-16 | >16 |
| 22 | <8 | 8-13 | >13 | 11 | <10 | 10-15 | >15 |
| 24 | <8 | 8-12 | >12 | 12 | <10 | 10-15 | >15 |
| 26 | <8 | 8-12 | >12 | 13 | <10 | 10-15 | >15 |
| 28 | <8 | 8-12 | >12 | 14 | <10 | 10-15 | >15 |
| 30 | <8 | 8-12 | >12 | 15 | <9 | 9-14 | >14 |
| 32 | <8 | 8-12 | >12 | 16 | <9 | 9-14 | >14 |
| 34 | <8 | 8-12 | >12 | 17 | <9 | 9-14 | >14 |
| 36 | <8 | 8-11 | >11 | 18 | <9 | 9-14 | >14 |
| 38 | <7 | 7-11 | >11 | 19 | <9 | 9-14 | >14 |
| 40 | <7 | 7-11 | >11 | 20 | <9 | 9-14 | >14 |
| 42 | <7 | 7-11 | >11 | 21 | <9 | 9-13 | >13 |
| 44 | <7 | 7-11 | >11 | 22 | <9 | 9-13 | >13 |
| 46 | <7 | 7-11 | >11 | 23 | <9 | 9-13 | >13 |
| 48 | <7 | 7-11 | >11 | 24 | <9 | 9-13 | >13 |
| 50 | <7 | 7-11 | >11 | 25 | <9 | 9-13 | >13 |

Si nous supposons qu'un arbre ou un peuplement conservera la même croissance relative[7] (c'est-à-dire la même valeur de référence moyenne), nous pouvons utiliser la figure 11 pour estimer sa croissance future et le temps nécessaire pour atteindre la dimension souhaitée (figure 12). Voici un exemple d'application : un sylviculteur souhaite estimer le délai nécessaire pour produire des thuyas de grande valeur avec un dhp de 30 cm. Selon sa croissance, un arbre de 9 cm (4 po) aura besoin de 50, 110 ou 250 ans pour atteindre cet objectif (figure 12). De plus, afin de prendre en compte le taux de mortalité attendu, le forestier devra s'assurer du passage de 1,1 arbre du stade de gaule au stade de perche en vue de produire un seul arbre de 30 cm (12 po) de dhp en présence d'un taux de croissance moyen. Si le niveau de croissance est faible, il faudra identifier six arbres pour s'assurer de l'atteinte du même objectif. En revanche, si le taux de croissance est supérieur, l'identification d'un seul arbre sera suffisante en raison d'une mortalité négligeable.

[7] Si l'on tient compte du grand nombre de classes de taux de croissance, cette hypothèse est raisonnable; on ne dispose pas à ce jour d'un meilleur modèle.

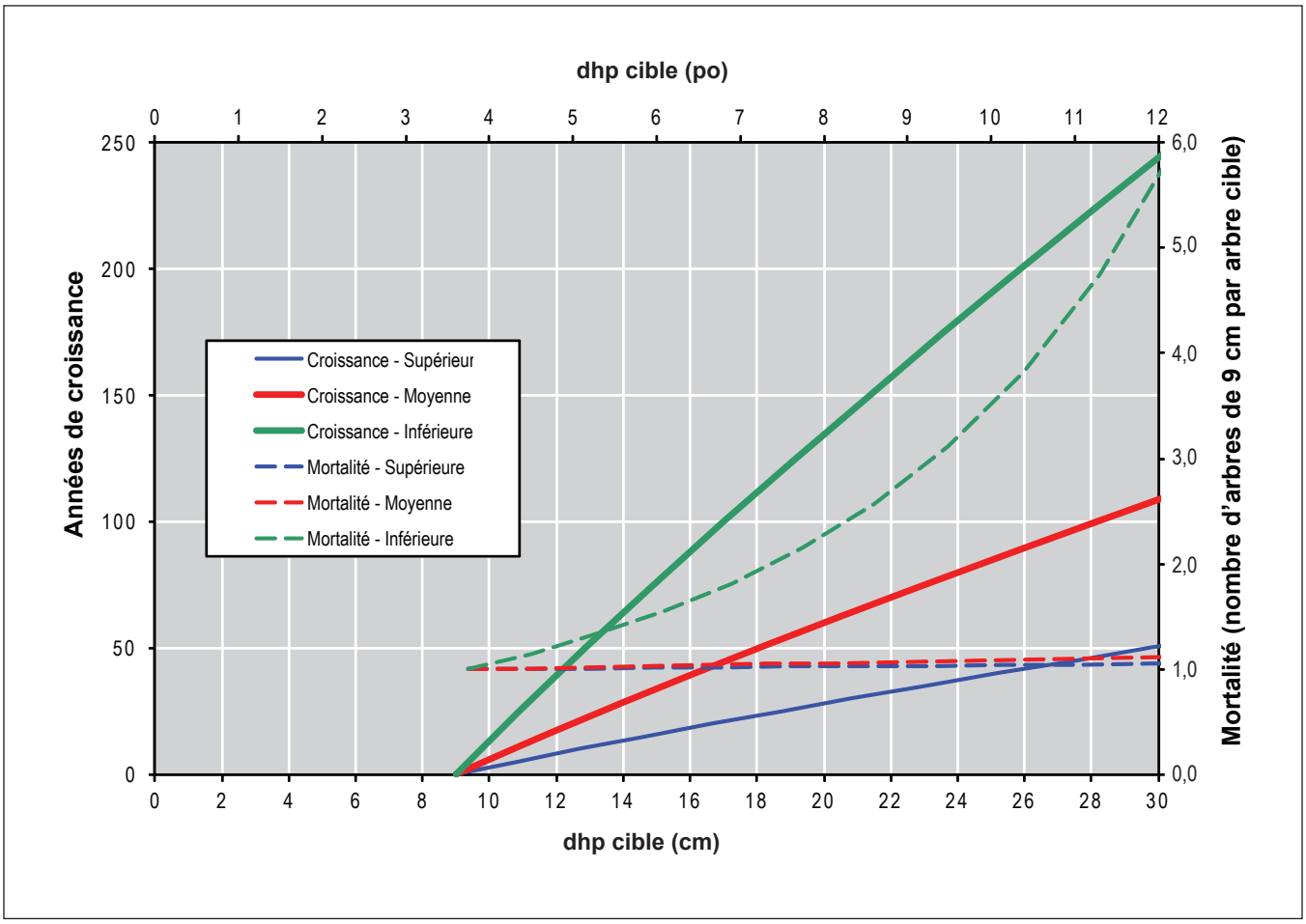



Figure 12. Temps moyen nécessaire pour atteindre un dhp visé et la mort des thuyas de 9 cm, pour trois niveaux d'accroissement (les taux de mortalité sont exprimés en nombre d'arbres de 9 cm [4 po] nécessaires pour produire un arbre-cible d'un diamètre donné). Figure utilisée avec la permission de Jean-Martin Lussier et Aaron Weiskittel.

## Forme de la tige, volume et production de billes

Un modèle démontrant la relation entre le dhp d'un thuya et sa hauteur a récemment été élaboré [135] (figure 13). On a établi, à partir de données provenant de placettes permanentes de l'est du Canada et du nord-est des États-Unis, les équations de calcul du volume marchand au niveau de l'arbre (tableau 8) et la relation entre le dhp et la longueur maximale des billes (figure 14).

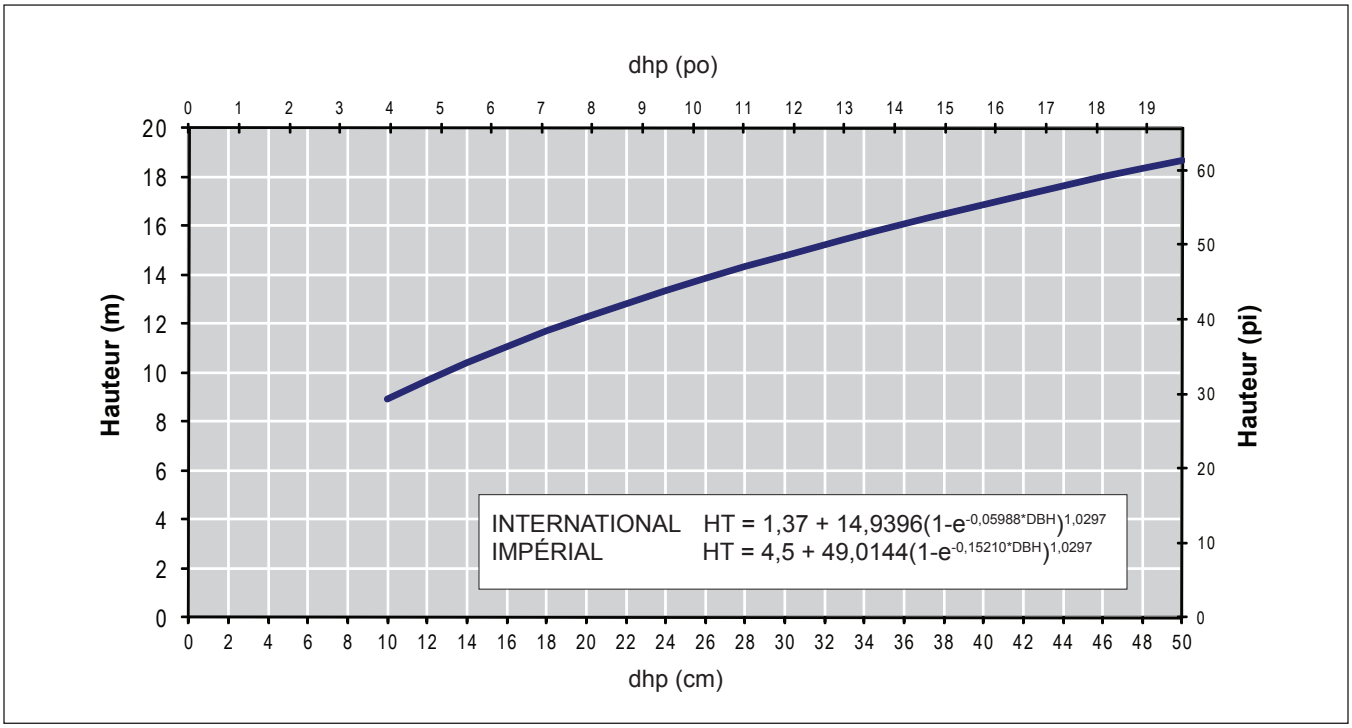



Figure 13. Relation entre le dhp et la hauteur de l'arbre pour le thuya [135]. Figure utilisée avec la permission de Jean-Martin Lussier et Aaron Weiskittel.

**Tableau 8. Équations du volume marchand à l'échelle de l'arbre et du peuplement pour le thuya (pour un dhp minimal de 9 cm ou 4 po)**

| Système d'unités | Système d'unités | Équation | Variables | Référence |
|---|---|---|---|---|
| Arbre | Système international | $V = 0{,}03224\ D^2 - 4{,}14505\ H + 0{,}39731\ DH + 0{,}01995\ D^2H$ | V = volume marchand ($dm^3$)<br>H = hauteur totale (m)<br>D = dhp (cm) | [110] |
| | Système impérial | $V = 0{,}00735\ D^2 - 0{,}04462\ H + 0{,}01086\ DH + 0{,}00139\ D^2H$ | V = volume marchand ($pi^3$)<br>H = hauteur totale (pi)<br>D = dhp (po) | |
| Peuplement | Système international | $V = 0{,}53095 \times H^{0{,}42474} \times G^{0{,}9044} \times D_q^{0{,}47797}$ | V = volume marchand ($m^3$/ha)<br>H = hauteur dominante (m)<br>Dq = dhp quadratique (cm)<br>G = surface terrière ($m^2$/ha) | [113] |
| | Système impérial | $V = 1{,}8901 \times H^{0{,}42474} \times G^{0{,}9044} \times D_q^{0{,}47797}$ | V = volume marchand ($pi^3$/acre)<br>H = hauteur dominante (pi)<br>Dq = dhp quadratique (po)<br>G = surface terrière ($pi^2$/acre) | |

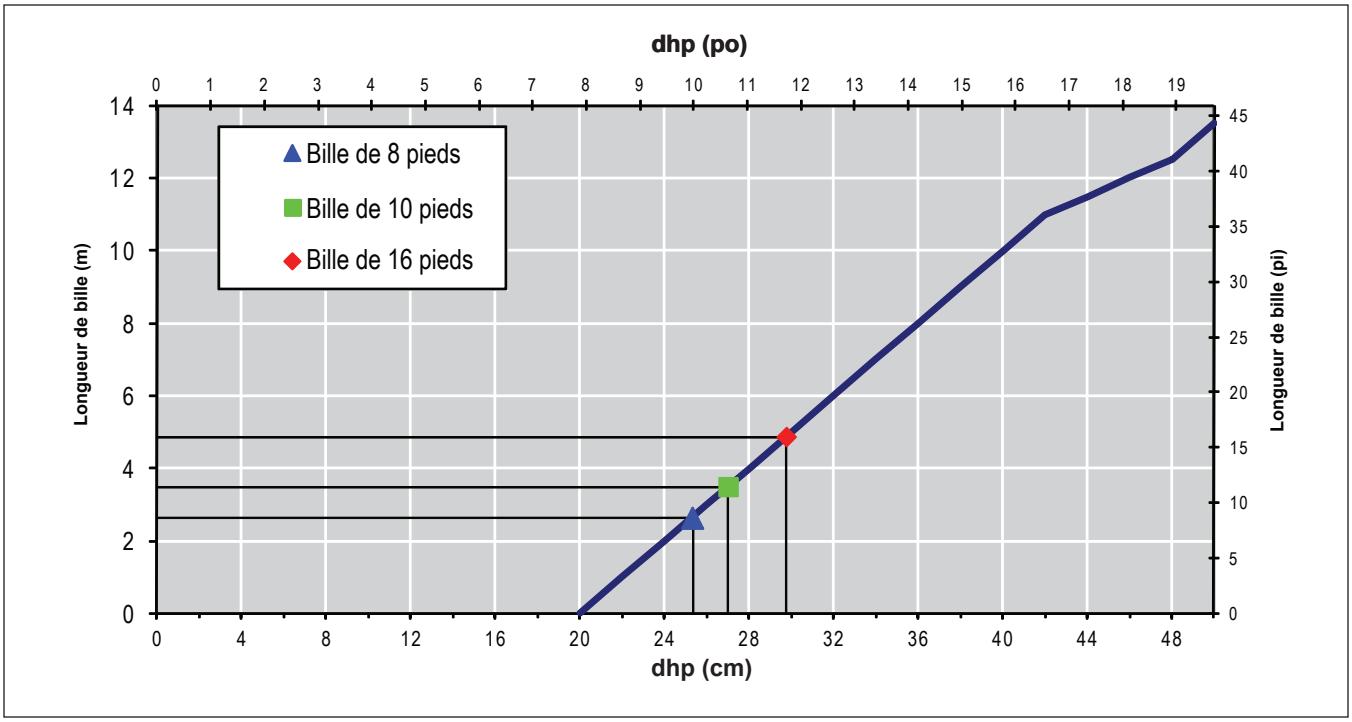



Figure 14. Relation entre le dhp et la longueur maximale des billes pour le thuya (diamètre minimal des billes de 22 cm [8,5 po]). Figure utilisée avec la permission de Jean-Martin Lussier et Aaron Weiskittel.

## Dynamique des peuplements

La structure d'un peuplement évolue avec le temps en raison de la croissance des arbres et des modifications démographiques (régénération et mortalité). La plupart des mesures sylvicoles visent à essayer de modifier la dynamique des peuplements pour atteindre des objectifs d'aménagement.

Les modèles de classes de dimension représentent les peuplements en répartissant les arbres entre différentes classes de grosseur. À des fins pratiques, nous proposons au tableau 9 des **définitions des classes de dimension**. Un « gros bois » correspond à un individu qui présentera probablement une bille de 4,8 m (16 pi) avec un diamètre au fin bout supérieur ou égal à 22 cm (9 po). Selon les données des inventaires forestiers, 90 % des thuyas dans le nord-est des États-Unis et dans les régions mitoyennes du Canada présentent un DHP inférieur ou égal à 29 cm (11 po).

La **mortalité annuelle des arbres** a été calculée à partir des données de placettes permanentes de l'est des États-Unis et de la province de Québec pour chaque classe de dimension (tableau 10). La mortalité du thuya est corrélée avec la croissance des arbres : d'une façon générale, elle est faible (< 0,2 %) pour les individus présentant une croissance moyenne ou supérieure, alors que les arbres présentant une croissance inférieure affichent des taux de mortalité plus élevés qui augmentent avec la dimension de l'arbre. Aucune donnée n'était disponible pour les gaules (c'est-à-dire des arbres avec un dhp ≤ 9 cm [3,5 po]).

**Tableau 9. Définitions des classes de dimension**

| Classe de dimension des arbres | Système international (cm) | | | Système impérial (po) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Dhp minimum | Dhp maximum | Classes de dhp | Dhp minimum | Dhp maximum | Classes de dhp |
| Petit bois | 9 | 19 | 10,12,14,16,18 | 3,5 | 8,5 | 4-5-6-7 |
| Bois moyen | 19 | 29 | 20-22-24-26-28 | 8,5 | 12,5 | 8-9-10-11 |
| Gros bois | 29 | | 30 et plus | 12,5 | | 12 et plus |

**Tableau 10. Taux de mortalité moyen pour le thuya par classe de dimension d'arbres et par niveau d'accroissement en dhp**

| Classe de dimension des arbres | Niveau d'accroissement du dhp | | |
|---|---|---|---|
| | Inférieur | Moyen | Supérieur |
| Petit bois | 0,68 % | 0,08 % | 0,11 % |
| Bois moyen | 0,73 % | 0,14 % | 0,08 % |
| Gros bois | 1,16 % | 0,11 % | 0,14 % |

Les statistiques de mortalité peuvent être combinées avec les données de croissance (figure 13) en vue de calculer des **matrices de transition**. Ces matrices fournissent la probabilité, pour une période de temps donnée, qu'un arbre reste dans la même classe de dimension, qu'il évolue dans une classe de dimension plus importante, ou qu'il meure. Le tableau 11 fournit les probabilités de transition à 10 ans pour des peuplements présentant une croissance inférieure, moyenne ou supérieure. L'interprétation de ces matrices est relativement simple. Par exemple, dans des conditions moyennes, un petit bois (c'est-à-dire un arbre pour lequel le dhp est supérieur ou égal à 9 cm [3,5 po] et inférieur à 19 cm [8,5 po]) a 80,8 % de chances de demeurer pour les 10 prochaines années dans la même classe de dimension et 18,5 % de chances de croître jusqu'à appartenir à la classe de dimension des bois moyens. La somme des deux probabilités est de 99,3 %, ce qui signifie que la probabilité que l'arbre meure est de 0,7 % (100 − 99,3 %).

**Tableau 11. Matrices de transition à 10 ans pour le thuya pour 3 classes de croissance**

| **Croissance inférieure** | | **Stade initial** | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Petit bois | Bois moyen | Gros bois |
| **Stade en fin de période** | Petit bois | 0,869 | <0,001 | <0,001 |
| | Bois moyen | 0,079 | 0,844 | <0,001 |
| | Gros bois | 0,000 | 0,085 | 0,890 |

| **Croissance moyenne** | | **Stade initial** | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Petit bois | Bois moyen | Gros bois |
| **Stade en fin de période** | Petit bois | 0,808 | <0,001 | <0,001 |
| | Bois moyen | 0,185 | 0,782 | <0,001 |
| | Gros bois | 0,000 | 0,204 | 0,989 |

| **Croissance supérieure** | | **Stade initial** | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Petit bois | Bois moyen | Gros bois |
| **Stade en fin de période** | Petit bois | 0,597 | <0,001 | <0,001 |
| | Bois moyen | 0,396 | 0,547 | <0,001 |
| | Gros bois | 0,000 | 0,445 | 0,986 |

L'évolution des peuplements dans le temps peut ainsi être facilement modélisée à l'aide d'une feuille de calcul, pour autant que l'utilisateur dispose d'un inventaire du nombre d'arbres par classe de grosseur et par unité de surface [18].

Le recrutement est la dernière – mais non la moindre – des composantes d'un modèle de classes de dimension. Il est égal au nombre de gaules qui atteint périodiquement la dimension minimale de commercialisation (9 cm [3,5 po] ). La figure 15 indique les données de recrutement de 7 566 placettes permanentes dans l'est du Canada et des États-Unis.

Les résultats montrent qu'aucun recrutement n'a été enregistré sur 87 % des placettes échantillons (figure 15). Seulement 1 % des placettes ont connu un recrutement supérieur à 150 tiges/ha/an (61 tiges/acre/an) et 95 % des placettes avait un recrutement égal ou inférieur à 12 arbres/ha/an (5 arbres/acre/an).

Le recrutement est un processus extrêmement variable pour lequel une majorité des modèles ne fournit pas de prédictions précises. Il est possible, à l'aide des données de régénération provenant des inventaires, d'effectuer des estimations plus ou moins grossières, en

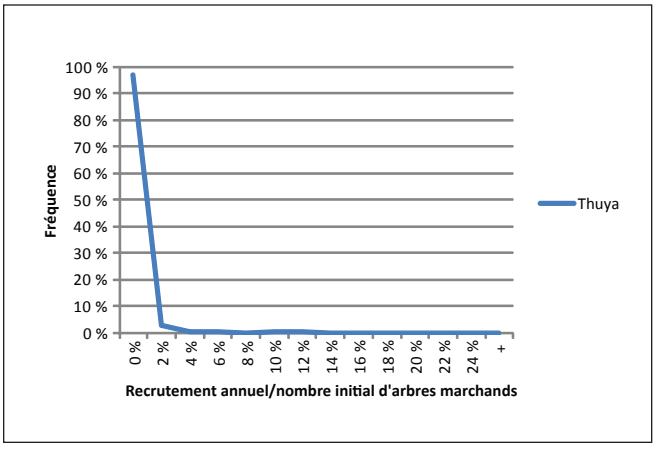



Figure 15. Fréquence du recrutement annuel pour le thuya en fonction des données de placettes-échantillons de l'est du Canada et du nord-est des États-Unis. Figure utilisée avec la permission de Jean-Martin Lussier et Aaron Weiskittel.

considérant le temps nécessaire pour que les classes de gaules atteignent une dimension de qualité marchande (tableau 13). Si nous avons, par exemple, 50 gaules de 6 cm de dhp par hectare, nous pouvons nous attendre à un recrutement sur les 10 prochaines années se situant entre 14 (50 × 29 %) et 27 (50 × 53 %) arbres par hectare. Ces estimations sont, bien entendu, relativement optimistes, car elles ne prennent pas en compte la mortalité des gaules, laquelle est inconnue.

## Tables de rendement pour un aménagement équienne

Des courbes d'indices de qualité de stations (figure 15) et des tables de production (tableau 14) pour le thuya au Québec ont été élaborées [113].

**Tableau 12. Temps nécessaire pour le passage des gaules à la classe des perches et taux de passage bruts correspondants sur une période de 10 ans (sans mortalité)**

| Classe de dhp des gaules | Nombre d'années pour atteindre la classe des perches | Taux de passage brut des gaules à la classe des perches sur 10 ans | Classe de dhp des gaules | Nombre d'années pour atteindre la classe des perches | Taux de passage brut des gaules à la classe des perches sur 10 ans |
|---|---|---|---|---|---|
| | Système international | | | Système impérial | |
| 2 cm | 42-81 ans | 12-24 % | 1 po | 40-76 ans | 13-25 % |
| 4 cm | 29-54 ans | 19-34 % | 2 po | 25-45 ans | 22-40 % |
| 6 cm | 19-34 ans | 29-53 % | 3 po | 12-21 ans | 48-83 % |
| 8 cm | 9-16 ans | 63-100 % | | | |

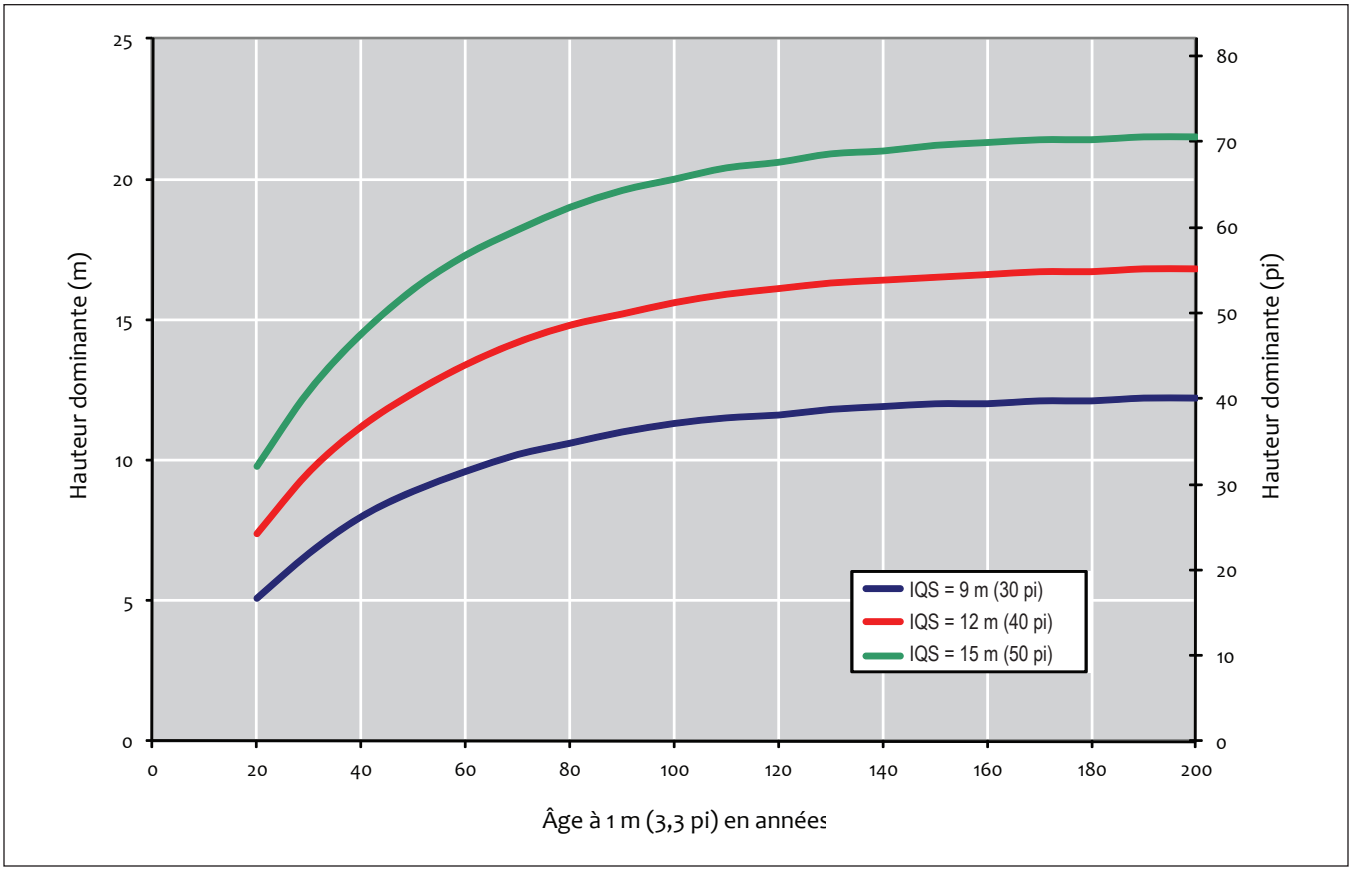



Figure 16. Courbes d'indices de qualité de station pour le thuya [113]. Figure utilisée avec la permission de Jean-Martin Lussier et Aaron Weiskittel.

**Tableau 13. Tables de rendement du thuya[a,b] (volume marchand pour un diamètre > 9 cm) [113]**

**SYSTÈME INTERNATIONAL**

Volume marchand brut (> 9 cm [3,5 po] de diamètre en $m^3$/ha)

| Âge du peuplement pour une hauteur de 1 m (années) | Indice de qualité de station (50 ans) = 9 m | | | Indice de qualité de station (50 ans) = 12 m | | | Indice de qualité de station (50 ans) = 15 m | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Faible densité | Densité moyenne | Densité élevée | Faible densité | Densité moyenne | Densité élevée | Faible densité | Densité moyenne | Densité élevée |
| 20 | 0 | 2 | 8 | 2 | 11 | 33 | 23 | 43 | 72 |
| 30 | 2 | 9 | 25 | 12 | 36 | 77 | 66 | 100 | 140 |
| 40 | 7 | 23 | 47 | 30 | 69 | 121 | 114 | 157 | 201 |
| 50 | 15 | 39 | 70 | 53 | 102 | 161 | 160 | 206 | 252 |
| 60 | 26 | 57 | 92 | 77 | 134 | 195 | 200 | 247 | 292 |
| 70 | 37 | 74 | 111 | 101 | 162 | 224 | 235 | 282 | 325 |
| 80 | 50 | 90 | 129 | 124 | 187 | 248 | 265 | 310 | 351 |
| 90 | 62 | 105 | 144 | 145 | 209 | 269 | 290 | 334 | 373 |
| 100 | 73 | 118 | 158 | 164 | 228 | 286 | 312 | 354 | 392 |
| 110 | 85 | 130 | 170 | 181 | 245 | 301 | 331 | 371 | 407 |
| 120 | 95 | 141 | 180 | 197 | 260 | 313 | 347 | 386 | 420 |
| 130 | 105 | 151 | 189 | 211 | 272 | 324 | 362 | 399 | 431 |
| 140 | 114 | 160 | 197 | 223 | 283 | 333 | 373 | 409 | 439 |
| 150 | 122 | 167 | 203 | 230 | 287 | 333 | 376 | 410 | 438 |
| 160 | 127 | 171 | 205 | 229 | 282 | 324 | 368 | 399 | 425 |
| 170 | 128 | 169 | 200 | 220 | 268 | 306 | 349 | 376 | 399 |
| 180 | 124 | 162 | 190 | 203 | 245 | 277 | 318 | 341 | 360 |
| 190 | 115 | 148 | 172 | 177 | 210 | 237 | 272 | 291 | 307 |
| 200 | 101 | 128 | 148 | 139 | 164 | 183 | 211 | 225 | 237 |

**SYSTÈME IMPÉRIAL**

Volume marchand brut (> 9 cm [3,5 po] de diamètre en $pi^3$/acre)

| Âge du peuplement pour une hauteur de 3,3 pi (années) | Indice de qualité de station (50 ans) = 30 pi | | | Indice de qualité de station (50 ans) = 40 pi | | | Indice de qualité de station (50 ans) = 50 pi | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Faible densité | Densité moyenne | Densité élevée | Faible densité | Densité moyenne | Densité élevée | Faible densité | Densité moyenne | Densité élevée |
| 20 | 0 | 29 | 114 | 29 | 157 | 472 | 329 | 615 | 1 029 |
| 30 | 29 | 129 | 357 | 171 | 514 | 1 100 | 943 | 1 429 | 2 001 |
| 40 | 100 | 329 | 672 | 429 | 986 | 1 729 | 1 629 | 2 244 | 2 873 |
| 50 | 214 | 557 | 1 000 | 757 | 1 458 | 2 301 | 2 287 | 2 944 | 3 601 |
| 60 | 372 | 815 | 1 315 | 1 100 | 1 915 | 2 787 | 2 858 | 3 530 | 4 173 |
| 70 | 529 | 1 058 | 1 586 | 1 443 | 2 315 | 3 201 | 3 358 | 4 030 | 4 645 |
| 80 | 715 | 1 286 | 1 844 | 1 772 | 2 672 | 3 544 | 3 787 | 4 430 | 5 016 |
| 90 | 886 | 1 501 | 2 058 | 2 072 | 2 987 | 3 844 | 4 144 | 4 773 | 5 331 |
| 100 | 1 043 | 1 686 | 2 258 | 2 344 | 3 258 | 4 087 | 4 459 | 5 059 | 5 602 |
| 110 | 1 215 | 1 858 | 2 430 | 2 587 | 3 501 | 4 302 | 4 730 | 5 302 | 5 817 |
| 120 | 1 358 | 2 015 | 2 572 | 2 815 | 3 716 | 4 473 | 4 959 | 5 516 | 6 002 |
| 130 | 1 501 | 2 158 | 2 701 | 3 015 | 3 887 | 4 630 | 5 173 | 5 702 | 6 160 |
| 140 | 1 629 | 2 287 | 2 815 | 3 187 | 4 044 | 4 759 | 5 331 | 5 845 | 6 274 |
| 150 | 1 744 | 2 387 | 2 901 | 3 287 | 4 102 | 4 759 | 5 374 | 5 859 | 6 260 |
| 160 | 1 815 | 2 444 | 2 930 | 3 273 | 4 030 | 4 630 | 5 259 | 5 702 | 6 074 |
| 170 | 1 829 | 2 415 | 2 858 | 3 144 | 3 830 | 4 373 | 4 988 | 5 374 | 5 702 |
| 180 | 1 772 | 2 315 | 2 715 | 2 901 | 3 501 | 3 959 | 4 545 | 4 873 | 5 145 |
| 190 | 1 644 | 2 115 | 2 458 | 2 530 | 3 001 | 3 387 | 3 887 | 4 159 | 4 387 |
| 200 | 1 443 | 1 829 | 2 115 | 1 986 | 2 344 | 2 615 | 3 015 | 3 216 | 3 387 |

[a] Ces tables de rendement se fondent sur l'hypothèse que le peuplement s'effondrera aux alentours de 160-180 ans (zones ombragées). Cette hypothèse, qui n'est étayée par aucune donnée de long terme, demeure sujette à caution.

[b] La référence originale fournit également des estimations des volumes pour les billes à scier (pour des diamètres de plus de 13 et 17 cm).

## ANNEXE II : Description de quatre stations typiques du thuya 55

# S1 : HAUTES TERRES -
## PEUPLEMENTS SUR DES SOLS TRÈS MINCES OU AVEC AFFLEUREMENTS ROCHEUX

# DESCRIPTION DE LA STATION

## Classification écologique

Voir annexe III

## Caractéristiques de l'environnement physique

### Situation topographique

Hauts des pentes, sommets de collines et escarpements

### Dépôts de surface et humidité

Sol très mince (< 25 cm [10 po]) présentant souvent des affleurements rocheux

| Texture | HUMIDITÉ | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Xérique (excessivement drainé) | Mésique (bien drainé) | Subhydrique (imparfaitement drainé) | Hydrique (très mal drainé) |
| Sol très mince, affleurements rocheux | • | • | • | s.o. |
| Texture grossière | | | | |
| Texture moyenne | | | | |
| Texture fine | | | | |
| Sol organique | s.o. | s.o. | s.o. | |

## Description de la végétation

- Peuplements purs de feuillus tolérants, peuplements mixtes et peuplements purs résineux au sein desquels le thuya constitue une composante mineure
- Peuplements purs résineux au sein desquels le thuya constitue une espèce compagne importante (sapinière à thuya) ou une composante mineure

Exemples des principales espèces compagnes :

**Feuillus:** bouleau jaune, bouleau blanc, érable à sucre, érable rouge, peuplier

**Résineux :** sapin baumier, épinette rouge, épinette blanche, épinette noire, pruche du Canada, pin blanc, pin gris

Peuplement d'épinettes et de sapins (avec présence marginale de thuya) sur un sol très mince. Photo : Guy Lessard, CERFO.

Peuplement de bouleaux jaunes et de sapins (avec présence marginale de thuya) sur un sol très mince. Photo : Guy Lessard, CERFO.

# PRINCIPALES CONTRAINTES

**Objectifs d'aménagement possibles**

- Potentiel de production de bois d'œuvre **faible** (peuplements de résineux) **à moyen** (peuplements mixtes et peuplements de feuillus)
- **Biodiversité**

**Mise en garde**

## Niveau de compétition

Peuplements mixtes et purs feuillus

Peuplements purs résineux

## Contraintes de traficabilité

Pente de 15 à 30 %

Pente de 30 à 40 %

!

Dans toutes les situations

!

## Fragilité du sol

Pente de 15 à 40 %

!

Dans toutes les situations

!

## Susceptibilité au chablis

Dans toutes les situations

!

**Légende des pictogrammes**

**Objectifs d'aménagement possibles**

**Production de bois**

**Protection de la biodiversité**

**Niveau de compétition**

**Niveau de compétition**

**Contraintes de traficabilité**

**Accessibilité**

**Solidité**

**Rugosité**

**Fragilité du sol**

**Remontée de la nappe phréatique**

**Orniérage**

**Scalpage**

**Érosion**

**Susceptibilité au chablis**

**Risque plus élevé**

**Niveau d'intensité**

**Bas**

**Moyen**

**Élevé**

**Très élevé**

# S2 : HAUTES TERRES -
## PEUPLEMENTS SUR DES SOLS PROFONDS SECS OU FRAIS

# DESCRIPTION DE LA STATION

## Classification écologique

Voir annexe III

## Caractéristiques de l'environnement physique

### Situation topographique

Hauts de pente jusqu'à mi-pente

### Dépôts de surface et humidité

Sol souvent mince (25 à 50 cm [10 à 20 po]) à épais (> 50 cm [> 20 po])

| Texture | HUMIDITÉ | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Xérique (excessivement drainé) | Mésique (bien drainé) | Subhydrique (imparfaitement drainé) | Hydrique (très mal drainé) |
| Sol très mince, affleurements rocheux | | | | s.o. |
| Texture grossière | • | • | | |
| Texture moyenne | • | • | | |
| Texture fine | • | • | | |
| Sol organique | s.o. | s.o. | s.o. | |

## Description de la végétation

- Peuplements purs de feuillus tolérants et peuplements mixtes au sein desquels le thuya constitue une composante mineure
- Peuplements de résineux au sein desquels le thuya constitue une espèce compagne importante (peuplements de sapins comprenant des thuyas) ou une composante mineure

Exemples des principales espèces compagnes :

**Feuillus :** bouleau jaune, bouleau blanc, érable à sucre, érable rouge, peuplier

**Résineux :** sapin baumier, épinette rouge, épinette blanche, épinette noire, pruche du Canada, pin blanc

Peuplement de bouleaux jaunes et de sapins (avec présence marginale de thuya) sur un sol frais et profond.
Photo : Guy Lessard, CERFO.

Peuplement de thuyas et de sapins sur un sol frais et profond.
Photo : Jocelyn Gosselin, MRN.

# PRINCIPALES CONTRAINTES

**Objectifs d'aménagement possibles**

- Potentiel de production de bois d'œuvre **moyen** (peuplements de résineux) **à élevé** (peuplements mixtes et peuplements de feuillus)
- **Biodiversité**

**Légende des pictogrammes**

**Objectifs d'aménagement possibles**

- Production de bois
- Protection de la biodiversité

**Niveau de compétition**

- Niveau de compétition

**Contraintes de traficabilité**

- Accessibilité
- Solidité
- Rugosité

**Fragilité du sol**

- Remontée de la nappe phréatique
- Orniérage
- Scalpage
- Érosion

**Susceptibilité au chablis**

- Risque plus élevé

**Niveau d'intensité**

- Bas
- Moyen
- Élevé
- Très élevé

| | Mise en garde |
|---|---|
| **Niveau de compétition** | |
| Peuplements mixtes et purs feuillus | ! |
| Peuplements purs résineux | |
| **Contraintes de traficabilité** | |
| Pente de 15 à 30 % | |
| Pente de 30 à 40 % | ! |
| Pente de 15 à 40 % et sol mince | |
| **Fragilité du sol** | |
| Drainage oblique | |
| Pente de 15 à 30 % et sol mince | |
| Pente de 30 à 40 % et sol mince | ! |
| Pente de 30 à 40 % et sol mince | |
| Texture fine | |
| **Susceptibilité au chablis** | |
| Sol mince (25 à 50 cm [10 à 20 po]) | ! |
| Sol profond (> 50 cm [20 po]) | |

# S3 : BASSES TERRES –
## PEUPLEMENTS SUR DES SOLS ÉPAIS SUBYDRIQUES

# DESCRIPTION DE LA STATION

## Classification écologique

Voir annexe III

## Caractéristiques de l'environnement physique

### Situation topographique

Bas de pente, dépressions et terrains plats

### Dépôts de surface et humidité

Sol mince (25 à 50 cm [10 à 20 po]) à profond (> 50 cm [> 20 po])

| Texture | HUMIDITÉ | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Xérique (excessivement drainé) | Mésique (bien drainé) | Subhydrique (imparfaitement drainé) | Hydrique (très mal drainé) |
| Sol très mince, affleurements rocheux | | | | s.o. |
| Texture grossière | | | • | |
| Texture moyenne | | | • | |
| Texture fine | | | • | |
| Sol organique | s.o. | s.o. | s.o. | |

## Description de la végétation

- Peuplements de feuillus et peuplements mixtes tolérants au sein desquels le thuya constitue une composante mineure
- Peuplements de résineux au sein desquels le thuya constitue une espèce compagne importante (peuplements de sapins comprenant des thuyas) ou une composante mineure

Exemples des principales espèces compagnes :

**Feuillus :** bouleau jaune, bouleau blanc, érable à sucre, érable rouge, peuplier

**Résineux :** sapin baumier, épinette rouge, épinette blanche, épinette noire, pruche du Canada, pin blanc

Peuplement de thuyas et de sapins sur un sol épais subhydrique. Photo : Jocelyn Gosselin, MRN

Peuplement de bouleaux jaunes et de sapins (avec présence marginale de thuya) sur un sol épais subhydrique. Photo : Jocelyn Gosselin, MRN

# PRINCIPALES CONTRAINTES

**Objectifs d'aménagement possibles**

- Potentiel de production de bois d'œuvre **moyen** (peuplements de résineux) à **élevé** (peuplements mixtes et peuplements de feuillus)
- **Biodiversité**

**Légende des pictogrammes**

**Objectifs d'aménagement possibles**

- Production de bois
- Protection de la biodiversité

**Niveau de compétition**

- Niveau de compétition

**Contraintes de traficabilité**

- Accessibilité
- Solidité
- Rugosité

**Fragilité du sol**

- Remontée de la nappe phréatique
- Orniérage
- Scalpage
- Érosion

**Susceptibilité au chablis**

- Risque plus élevé

**Niveau d'intensité**

- Bas
- Moyen
- Élevé
- Très élevé

| | Mise en garde |
|---|---|
| **Niveau de compétition** | |
| Peuplements purs feuillus | ! |
| Peuplements de résineux | |
| **Contraintes de traficabilité** | |
| Pente de 15 à 30 % | |
| Pente de 15 à 30 % et sol mince | |
| **Fragilité du sol** | |
| Drainage oblique | |
| Pente de 15 à 30 % et sol mince | |
| Sol mince (25 à 50 cm [10 à 20 po]) | |
| Sol de texture fine (argileux) | ! |
| Sols de texture grossière ou moyenne | |
| Dans toutes les conditions | ! |
| **Risque de chablis plus élevé** | |
| Sol mince (25 à 50 cm [10 à 20 po]) | ! |
| Sol profond (> 50 cm [20 po]) | |

# S4 : BASSES TERRES
## PEUPLEMENTS SUR DES SOLS ÉPAIS MINÉRAL OU ORGANIQUE HYDRIQUE

# DESCRIPTION DE LA STATION

## Classification écologique

Voir annexe III

## Caractéristiques de l'environnement physique

### Situation topographique
Bas de pente, dépressions et terrains plats

### Dépôts de surface et humidité
Surtout sur sols épais (> 50 cm [20 po])

| Texture | HUMIDITÉ | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Xérique (excessivement drainé) | Mésique (bien drainé) | Subhydrique (imparfaitement drainé) | Hydrique (très mal drainé) |
| Sol très mince, affleurements rocheux | | | | s.o. |
| Texture grossière | | | | • |
| Texture moyenne | | | | • |
| Texture fine | | | | • |
| Sol organique | s.o. | s.o. | s.o. | • |

## Description de la végétation

- Peuplements purs de résineux au sein desquels le thuya constitue une espèce compagne importante (sapinière à thuya, cédrière) ou une espèce mineure
- Peuplements purs de feuillus tolérants et peuplements mixtes au sein desquels le thuya constitue une composante mineure

Exemples des principales espèces compagnes :

**Feuillus :** bouleau blanc, bouleau jaune, frêne noir, érable rouge

**Résineux :** sapin baumier, épinette rouge, épinette noire

Photo du haut : Cédrière sur sol minéral épais hydrique.

Photo de droite : Pessière sur sol organique hydrique.
Photo : Jocelyn Gosselin, MRN

# PRINCIPALES CONTRAINTES

**Objectifs d'aménagement possibles**

√ Potentiel de production de bois d'œuvre **faible** (peuplements de résineux avec présence de drainage ombrotrophe) **à moyen** (peuplements de résineux, peuplements de feuillus et peuplements mixtes avec présence de drainage minérotrophe)

√ **Biodiversité**

**Mise en garde**

## Niveau de compétition

Peuplements mixtes et purs feuillus

Peuplements purs résineux

## Contraintes de traficabilité

Dans toutes les situations

!

## Fragilité du sol

Texture fine ou sol organique

!

Texture grossière ou moyenne

!

Dans toutes les situations

## Susceptibilité au chablis

Dans toutes les situations

!

**Légende des pictogrammes**

**Objectifs d'aménagement possibles**

**Production de bois**

**Protection de la biodiversité**

**Niveau de compétition**

**Niveau de compétition**

**Contraintes de traficabilité**

**Accessibilité**

**Solidité**

**Rugosité**

**Fragilité du sol**

**Remontée de la nappe phréatique**

**Orniérage**

**Scalpage**

**Érosion**

**Susceptibilité au chablis**

**Risque plus élevé**

**Niveau d'intensité**

**Bas**

**Moyen**

**Élevé**

**Très élevé**

# ANNEXE III : Classifications écologiques



## S1 : HAUTES TERRES – Peuplements sur des sols très minces ou avec affleurements rocheux

| | Associations nord-américaines (99)[1] | Classification du Québec (types écologiques) (53-57) | Classification de l'Ontario (écosites) (3) |
|---|---|---|---|
| **S1.1 – Peuplements de hautes terres sur des sols très minces (sols très bien drainés)** | | | |
| **Stations typiques** | 2451 : Peuplements de *Thuja occidentalis* sur falaise<br>5126 : Peuplements de *Pinus banksiana – Thuja occidentalis – Picea glauca / Juniperus communis*<br>6021 : Peuplements de *Thuja occidentalis / Carex eburnea* | MS20 : Sapinière à bouleau blanc sur sol très mince<br>MS60 : Sapinière à érable rouge sur sol très mince<br>RE20 : Pessière noire à mousses ou à éricacées sur sol très mince<br>RP10 : Pinède blanche ou rouge sur sol très mince<br>RS10 : Sapinière à thuya sur sol très mince<br>RS20 : Sapinière à épinette noire sur sol très mince<br>RS50 : Sapinière à épinette rouge sur sol très mince | G013 : Peuplements de pruches du Canada et de thuyas sur sol très mince, sec ou frais<br>G014 : Peuplements de résineux sur sol très mince, sec ou frais<br>G023 : Peuplements de pins rouges et pins blancs sur sol très mince, humide<br>G025 : Peuplements de pruches du Canada et de thuyas sur sol très mince, humide<br>G026 : Peuplements de résineux sur sol très mince, humide |
| **Stations riches** | 5050 : Peuplements de *Thuja occidentalis* sur roche calcaire de fond<br>5251 : Peuplements de *Acer spicatum – Thuja occidentalis – Betula papyrifera / Taxus canadensis*<br>6093 : Peuplements de *Thuja occidentalis / Oligoneuron album*<br>5172 : Peuplements de *Thuja occidentalis* sur talus carbonaté | FE30 : Érablière à bouleau jaune sur sol très mince<br>MJ10 : Bétulaie jaune à sapin et érable à sucre sur sol très mince<br>MJ20 : Bétulaie jaune à sapin sur sol très mince<br>MS10 : Sapinière à bouleau jaune sur sol très mince<br>RT10 : Prucheraie sur sol très mince | G028 : Peuplements mixtes sur sol mince, humide |

## S2 : HAUTES TERRES – Peuplements sur des sols profonds secs ou frais

| | | | |
|---|---|---|---|
| **S2.1- Peuplements de résineux sur des sols bien drainés** | | | |
| **Stations pauvres** | 6411: Peuplements de *Thuja occidentalis / Gaylussacia baccata – Vaccinium angustifolium* | RB12 : Sapinière à bouleau blanc ou à thuya issue d'agriculture sur sol profond de texture moyenne, sec ou frais<br>RB13 : Sapinière à bouleau blanc ou à thuya issue d'agriculture sur sol profond de texture fine, sec ou frais<br>RS11 : Sapinière à thuya sur sol profond de texture grossière, sec ou frais<br>RE22 : Pessière noire à mousses ou à éricacées sur sol profond de texture moyenne, sec ou frais | G036 : Peuplements de pruches du Canada et de thuyas sur sol sablonneux, sec<br>G037 : Peuplements d'épinettes noires et sapins sur sol sablonneux, sec<br>G038 : Résineux sur sol sablonneux, sec |

[1] Le numéro à quatre chiffres fait référence aux quatre derniers chiffres du U.S. National Vegetation Code (p. ex. : GEGL00XXXX).

| | Associations nord-américaines (99) | Classification du Québec (types écologiques) (53-57) | Classification de l'Ontario (écosites) (3) |
|---|---|---|---|
| **S2.1. Peuplements de résineux sur des sols bien drainés (suite)** | | | |
| **Stations typiques** | 2449 : Peuplements de *Thuja occidentalis / Abies balsamea – Acer spicatum* | MS21 : Sapinière à bouleau blanc sur sol profond de texture grossière, sec ou frais<br>MS22 : Sapinière à bouleau blanc sur sol profond de texture moyenne, sec ou frais<br>MS23 : Sapinière à bouleau blanc sur sol profond de texture fine, sec ou frais<br>MS61 : Sapinière à érable rouge sur sol profond de texture grossière, sec ou frais<br>MS62 : Sapinière à érable rouge sur sol profond de texture moyenne, sec ou frais<br>MS63 : Sapinière à érable rouge sur sol profond de texture fine, sec ou frais<br>RS12 : Sapinière à thuya sur sol profond de texture moyenne, sec ou frais<br>RS13 : Sapinière à thuya sur sol profond de texture fine, sec ou frais<br>RS21: Sapinière à épinette noire sur sol profond de texture grossière, sec ou frais<br>RS22 : Sapinière à épinette noire sur sol profond de texture moyenne, sec ou frais<br>RS23 : Sapinière à épinette noire sur sol profond de texture fine, sec ou frais<br>RS51: Sapinière à épinette rouge sur sol profond de texture grossière, sec ou frais<br>RS52 : Sapinière à épinette rouge sur sol profond de texture moyenne, sec ou frais<br>RS53 : Sapinière à épinette rouge sur sol profond de texture fine, sec ou frais<br>RT11 : Prucheraie sur sol profond de texture grossière, sec ou frais<br>RT12 : Prucheraie sur sol profond de texture moyenne, sec ou frais | G050 : Peuplements de pins et d'épinettes noires sur sol à texture grossière, sec ou frais<br>G052 : Peuplements d'épinettes noires et sapins sur sols à texture grossière, sec ou frais<br>**Stations plus riches**<br>G051 : Peuplements de pruches du Canada et thuyas sur sols à texture grossière, sec à frais<br>G053 : Peuplements de résineux sur sol à texture grossière, sec à frais<br>G083 : Peuplements d'épinettes noires et de pins sur sols argileux, frais<br>G084 : Peuplements de pruches du Canada et thuyas sur sols argileux, frais<br>G086 : Peuplements de résineux sur sol argileux, frais<br>G097 : Peuplements de pins rouges et de pins blancs sur sol limoneux à loameux, frais<br>G099 : Peuplements de pins et d'épinettes noires sur sol limoneux ou loameux fin, frais<br>G100 : Peuplements de pruches du Canada et de thuyas sur sol limoneux à loameux fin, frais<br>G101 : Peuplements d'épinettes et sapins sur sol limoneux ou loameux fin, frais<br>G102 : Peuplements de résineux sur sols limoneux ou texture moyenne fin, frais |
| **S2.2 – Peuplements mixtes et peuplements de feuillus tolérants sur des sols bien drainés** | | | |
| **Stations riches – peuplements mixtes** | 2595 : Peuplements de *Thuja occidentalis – (Betula alleghaniensis, Tsuga canadensis)* | MJ11 : Bétulaie jaune à sapin et érable à sucre sur sol profond de texture grossière, sec ou frais<br>MJ12 : Bétulaie jaune à sapin et érable à sucre sur sol profond de texture moyenne, sec ou frais<br>MJ13 : Bétulaie jaune à sapin et érable à sucre sur sol profond de texture fine, sec ou frais<br>MJ21 : Bétulaie jaune à sapin sur sol profond de texture grossière, sec ou frais<br>MJ22 : Bétulaie jaune à sapin sur sol profond de texture moyenne, sec ou frais<br>MJ23 : Bétulaie jaune à sapin sur sol profond de texture fine, sec ou frais | |

| | Associations nord-américaines (99) | Classification du Québec (types écologiques) (53-57) | Classification de l'Ontario (écosites) (3) |
|---|---|---|---|
| **S2.2 – Peuplements mixtes et peuplements de feuillus tolérants sur des sols bien drainés (suite)** | | | |
| **Stations riches – peuplements mixtes** | | MS11 : Sapinière à bouleau jaune sur sol profond de texture moyenne, sec ou frais<br>MS12 : Sapinière à bouleau jaune sur sol profond de texture moyenne, sec ou frais<br>MS13 : Sapinière à bouleau jaune sur sol profond de texture fine, sec ou frais<br>RP11 : Pinède blanche ou rouge sur sol profond de texture grossière, sec ou frais<br>RP12 : Pinède blanche ou rouge sur sol profond de texture moyenne, sec ou frais | |
| **Stations riches – peuplements de feuillus** | 6508 : Peuplements de *Thuja occidentalis – Fraxinus pennsylvanica / Acer pensylvanicum* | FE12 : Érablière à caryer cordiforme sur sol profond de texture moyenne, sec ou frais<br>FE22 : Érablière à tilleul sur sol profond de texture moyenne, sec ou frais<br>FE31 : Érablière à bouleau jaune sur sol profond de texture grossière, sec ou frais<br>FE32 : Érablière à bouleau jaune sur sol profond de texture moyenne, sec ou frais<br>FE33 : Érablière à bouleau jaune sur sol profond de texture fine, sec ou frais<br>FE52 : Érablière à ostryer sur sol profond de texture moyenne, sec ou frais<br>FE62 : Érablière à chêne rouge sur sol profond de texture moyenne, sec ou frais | G120 : Peuplement de frênes et d'ormes sur sol à texture fine, humide |

## S3 : BASSES TERRES – Peuplements sur des sols épais subhydriques

| | | | |
|---|---|---|---|
| **S3.1 – Peuplements de résineux sur des sols imparfaitement drainés** | | | |
| **Stations pauvres** | 6361: Peuplements de *Picea mariana – Picea rubens / Pleurozium schreberi* | RS24 : Sapinière à épinette noire sur sol profond et humide de texture grossière<br>RS25 : Sapinière à épinette noire sur sol loameux profond et humide<br>RS26 : Sapinière à épinette noire sur sol argileux profond et humide<br>RS54 : Sapinière à épinette rouge sur sol profond et humide de texture grossière<br>RS55 : Sapinière à épinette rouge sur sol loameux profond et humide<br>RS56 : Sapinière à épinette rouge sur sol argileux profond et humide<br>RE24 : Pessière noire à mousses ou à éricacées sur sol profond et humide de texture grossière<br>RE25 : Pessière noire à mousses ou à éricacées sur sol loameux profond et humide<br>RE26 : Pessière noire à mousses ou à éricacées sur sol argileux profond et humide | G068 : Peuplements de résineux sur sol à texture grossière, humide |

| | Associations nord-américaines (99) | Classification du Québec (types écologiques) (53-57) | Classification de l'Ontario (écosites) (3) |
|---|---|---|---|
| **S3.1 – Peuplements de résineux sur des sols imparfaitement drainés (suite)** | | | |
| **Stations typiques** | 6199: Peuplements de *Thuja occidentalis – Acer rubrum / Cornus sericea*<br>6175: Peuplements de *Thuja occidentalis – (Picea rubens) / Tiarella cordifolia* | MS24 : Sapinière à bouleau blanc sur sol profond et humide de texture grossière<br>MS25 : Sapinière à bouleau blanc sur sol loameux profond et humide<br>MS26 : Sapinière à bouleau blanc sur sol argileux profond et humide<br>RB15 : Sapinière à bouleau blanc issue d'agriculture sur sol loameux profond et humide<br>RB16 : Sapinière à bouleau blanc ou à thuya issue d'agriculture sur sol argileux profond et humide<br>RS14 : Sapinière à thuya sur sol profond et humide de texture grossière<br>RS15 : Sapinière à thuya sur sol loameux profond et humide<br>RS16 : Sapinière à thuya sur sol argileux profond et humide | G066 : Peuplements de pruches du Canada et thuyas sur sol à texture grossière, humide<br>G113 : Peuplements de pins blancs sur sol à texture fine, humide<br>G115 : Peuplements de pruches du Canada et thuyas sur sol à texture fine, humide<br>G116 : Peuplements d'épinettes et sapins sur sol à texture fine, humide<br>G117 : Peuplements résineux sur sol à texture fine, humide |
| **S3.2 – Peuplements mixtes et peuplements de feuillus tolérants sur des sols imparfaitement drainés** | | | |
| **Stations riches** | 2450 : Peuplements de *Thuja occidentalis – Betula alleghaniensis*<br>2595 : Peuplements de *Thuja occidentalis – (Betula alleghaniensis, Tsuga canadensis)* | FE35 : Érablière à bouleau jaune sur sol loameux profond et humide<br>FE36 : Érablière à bouleau jaune sur sol argileux profond et humide<br>MJ14 : Bétulaie jaune à sapin et érable à sucre sur sol profond et humide de texture grossière<br>MJ15 : Bétulaie jaune à sapin et érable à sucre sur sol loameux profond et humide<br>MJ16 : Bétulaie jaune à sapin et érable à sucre sur sol argileux profond et humide<br>MJ24 : Bétulaie jaune à sapin sur sol profond et humide de texture grossière<br>MJ25 : Bétulaie jaune à sapin sur sol loameux profond et humide<br>MJ26 : Bétulaie jaune à sapin sur sol argileux profond et humide<br>MS15 : Sapinière à bouleau jaune sur sol loameux profond et humide<br>MS16 : Sapinière à bouleau jaune sur sol argileux profond et humide<br>MF14 : Frênaie noire à sapin sur sol profond et humide de texture grossière<br>MF15 : Frênaie noire à sapin sur sol loameux profond et humide<br>MF16 : Frênaie noire à sapin sur sol argileux profond et humide<br>RT14 : Prucheraie sur sol profond et humide de texture grossière<br>RT15 : Frênaie noire à sapin sur sol loameux profond et humide | G070 : Peuplement de peupliers et bouleaux sur sol à texture grossière, humide<br>G071 : Peuplements d'ormes et frênes sur sol à texture grossière, humide<br>G073 : Érablières à sucre sur sol à texture grossière, humide<br>G074 : Peuplements d'érables rouges sur sol à texture grossière, humide<br>G119 : Peuplements de bouleaux sur sol à texture fine, humide<br>G124 : Érablières sur sol à texture fine, humide |

## S4 : BASSES TERRES – Peuplements sur des sols épais minéral ou organique hydrique

| | Associations nord-américaines (99) | Classification du Québec (types écologiques) (53-57) | Classification de l'Ontario (écosites) (3) |
|---|---|---|---|
| **S4.1 – Peuplements de résineux sur des sols mal drainés** | | | |
| **Stations pauvres (sans circulation d'eau souterraine)** | 2456 : Peuplements de *Thuja occidentalis – (Picea mariana, Abies balsamea) / Alnus incana*<br>5225 : Peuplements de *Thuja occidentalis – Larix laricina / Sphagnum* spp.<br>6007 : Peuplements de *Thuja occidentalis / Sphagnum (girgensohnii, warnstorfii)*<br>6363 : Peuplements de *Chamaecyparis thyoides – Picea rubens / Gaylussacia baccata / Gaultheria hispidula*<br>6321 : Peuplements de *Chamaecyparis thyoides / Chamaedaphne calyculata* | RE37 : Pessière noire à sphaignes sur sol minéral ombrotrophe très humide<br>RE39 : Pessière noire à sphaignes sur sol organique ombrotrophe très humide<br>RS37 : Sapinière à épinette noire et sphaignes sur sol minéral ombrotrophe très humide<br>RS39 : Sapinière à épinette noire et sphaignes sur sol organique ombrotrophe très humide<br>RB19 : Sapinière à bouleau blanc ou à thuya d'agriculture sur sol organique ombrotrophe très humide | G128 : Peuplements de résineux sur sol organique intermédiaire, très humide<br>G223 : Peuplements de résineux sol minéral intermédiaire, très humide |
| **Stations riches (avec circulation d'eau souterraine)** | 2455 : Forêt de drainage de type *Thuja occidentalis – (Larix laricina)*<br>6507 : Peuplements de *Thuja occidentalis – Abies balsamea / Ledum groenlandicum / Carex trisperma* | RC38 : Cédrière sur sol minéral ou organique minérotrophe très humide<br>RE38 : Pessière noire à sphaignes sur sol minéral ou organique minérotrophe très humide<br>RS18 : Sapinière à thuya sur sol minéral ou organique minérotrophe très humide<br>RS38 : Sapinière à épinette noire et sphaignes sur sol minéral ou organique minérotrophe très humide | G129 : Peuplements de résineux sur sol organique riche, très humide<br>G224 : Peuplements de résineux sur sol minéral riche, très humide |
| **S4.2 – Peuplements mixtes et peuplements de feuillus sur des sols mal drainés** | | | |
| **Stations riches (avec circulation d'eau souterraine)** | 5165 : Peuplements de *Thuja occidentalis – Fraxinus nigra* | FO18 : Ormaie à frêne noir sur sol minéral ou organique minérotrophe très humide<br>FE38 : Érablière à bouleau jaune sur sol minéral ou organique minérotrophe très humide<br>MF18 : Frênaie noire à sapin sur sol minéral ou organique minérotrophe très humide<br>MJ18 : Bétulaie jaune à sapin et érable à sucre sur sol minéral ou organique minérotrophe très humide<br>MJ28 : Bétulaie jaune à sapin sur sol minéral ou organique minérotrophe très humide<br>MS18 : Sapinière à bouleau jaune sur sol minéral ou organique minérotrophe très humide | G130 : Peuplements de feuillus intolérants, très humide<br>G131 : Peuplements de feuillus tolérants, très humide<br>G133 : Peuplements de feuillus purs, très humide |

# ANNEXE IV : Définitions des traitements sylvicoles 69

## Peuplements équiennes[8]

**La coupe à blanc**

La coupe à blanc est un procédé de régénération comportant une seule intervention, consistant à abattre pratiquement tous les arbres de dimension marchande, ce qui crée un microclimat pleinement exposé pour le développement d'une nouvelle cohorte. La régénération s'établit après la coupe, par plantation ou à partir des semences propagées par les semenciers en bordure du parterre, des débris de coupe ou de la banque de graines dans le sol [36]. Des bandes ou des îlots non abattus peuvent être conservés; on parlera alors de coupe à blanc par bande ou avec rétention variable

**La coupe avec protection de la régénération et des sols**

La coupe avec protection de la régénération et des sols (aussi appelée CPRS ou CLAAG, Carefull logging around advanced growth) est une intervention de coupe totale, où tous les arbres de taille marchande sont récoltés et où des mesures particulières sont prises pour protéger la régénération préétablie. Cette intervention s'apparente à la coupe finale d'un système de coupes progressives (voir ci-dessous). En absence de régénération préétablie, cette intervention est identique à une coupe à blanc [36].

**Coupe progressive**

La coupe progressive est un procédé de régénération comportant plusieurs interventions successives, visant l'établissement d'une régénération sous couvert avant la récolte finale du peuplement mature. Trois types de coupe peuvent faire partie d'une séquence de traitements : a) une coupe préparatoire pour améliorer les conditions de production des semences (cette étape n'est en général pas nécessaire pour le thuya); b) une coupe d'ensemencement pour préparer le lit de germination et pour donner naissance à une nouvelle cohorte; et c) une coupe finale (ou définitive) en vue de libérer la régénération établie de la concurrence de l'étage dominant. Une coupe progressive peut être mise en œuvre de façon uniforme dans l'ensemble du peuplement (on parlera alors de coupe progressive régulière), par groupe, par bande ou par trouée. Dans la variante appelée coupe progressive avec réserve, une partie ou la totalité des arbres-semenciers sont conservés après l'établissement de la régénération en vue d'atteindre d'autres objectifs, par exemple pour laisser un legs biologique, ou pour s'assurer de la présence d'une source de semences locales dans le cas où la régénération échouerait lors de l'application de la première suite de traitements [131]. La période de régénération est courte, généralement moins du cinquième de la période de révolution.

**Dégagement**

Traitement de coupe partielle appliqué à une cohorte n'ayant pas dépassé le stade de gaulis en vue de libérer les arbres privilégiés des individus de la même cohorte qui sont moins désirés et qui les dominent ou qui ont de bonnes chances de le faire [131].

**Éclaircie commerciale**

Traitement de coupe partielle visant à réduire la densité d'un peuplement en vue de favoriser la croissance des arbres résiduels, d'améliorer la santé de la forêt ou de compenser une éventuelle mortalité. Une éclaircie commerciale fait référence à n'importe quel type d'éclaircie mise en œuvre en vue de produire des matériaux marchands dont la valeur sera au moins égale aux coûts directs de la récolte [131]. L'éclaircie commerciale peut aussi désigner une éclaircie réalisée lorsque les arbres ont atteint une taille marchande, sans égard aux revenus nets de l'intervention [29].

**Coupe avec réserve de semenciers**

La coupe avec réserve de semenciers est un procédé de récolte comportant deux interventions. La première consiste à couper tous les arbres à l'exception d'un faible nombre d'arbres dispersés, conservés pour la production de semences permettant l'établissement

[8] D'une forêt, d'un peuplement ou d'un type forestier dans lequel les arbres individuels présentent des différences d'âge relativement limitées. Les différences d'âge permises sont habituellement de 10 à 20 ans; si la récolte du peuplement n'est pas prévue avant qu'il ait atteint un âge entre 100 et 200 ans, des différences plus importantes, pouvant aller jusqu'à 25 % de l'âge de révolution, peuvent être autorisées [19].

d'une nouvelle cohorte dans un microenvironnement pleinement exposé. Les semenciers peuvent être récoltés une fois la régénération établie ou laissés sur pied jusqu'à la prochaine intervention [131].

**Éclaircie par le bas**

Coupe partielle qui consiste à abattre les arbres appartenant aux classes de cimes inférieures en vue de favoriser ceux faisant partie des classes de cimes supérieures [115].

**Éclaircie par le haut**

Coupe partielle qui consiste à abattre les arbres appartenant aux classes de cime dominantes et codominantes en vue de favoriser les meilleurs arbres appartenant à ces mêmes classes [115].

**Éclaircie précommerciale**

Coupe partielle qui consiste à abattre les arbres de dimension non marchande en vue de réduire la densité relative afin de favoriser la croissance des arbres plus désirés [131].

## Peuplements inéquiennes[9]

**Coupe de jardinage**

Le système sylvicole du jardinage vise la récolte, la régénération et l'éducation de peuplements inéquiennes par une série continue de coupes partielles fréquentes en vue d'une production soutenue et constante de biens et de services à l'échelle du peuplement [102, 124]

Il faut distinguer deux types de coupes de jardinage [131] :

- La coupe de jardinage par pied d'arbre dans lequel des arbres individuels appartenant à toutes les classes de diamètre sont récoltés de façon plus ou moins uniforme dans tout le peuplement en vue de favoriser la croissance des arbres résiduels et d'offrir un espace pour la régénération.
- La coupe de jardinage par groupe dans lequel des arbres sont récoltés et de nouvelles cohortes sont établies en petits groupes. La taille des groupes varie de deux ou trois tiges à des ouvertures dont le diamètre est d'environ deux fois la hauteur des arbres. De petites ouvertures fournissent des microenvironnements adaptés à une régénération tolérante à l'ombre alors que des ouvertures plus importantes fournissent des conditions propices pour une régénération plus intolérante à l'ombre. L'unité d'aménagement ou le peuplement au sein duquel la régénération, la croissance et la production sont contrôlées consiste en un ensemble de groupes. Il existe également une variante de coupe de jardinage par bande.

**Coupe progressive irrégulière**

Le système sylvicole des coupes progressives irrégulières est un procédé de régénération similaire aux coupes progressives régulières, à la différence que le couvert forestier dominant est récolté en effectuant une ou plusieurs récoltes partielles sur une longue période de temps (période qui est parfois indéfinie). Cet objectif peut être atteint en régénérant séquentiellement des groupes au sein des peuplements – plutôt qu'un peuplement complet lors d'un même traitement – ou en effectuant une coupe partielle uniforme unique et en laissant passer une très longue période de régénération avant la récolte finale [115]. Une coupe partielle peut être combinée avec un scarifiage.

La coupe progressive irrégulière est un système sylvicole inéquienne, comme le système de la coupe de jardinage, qui ne comprend pas d'objectifs de production soutenue et constante de biens et de services au niveau du peuplement. Une production soutenue peut en revanche être atteinte au niveau de l'unité d'aménagement forestier, comme c'est le cas pour un aménagement équienne.

## Équienne ou inéquienne

**Coupe d'amélioration**

Coupe partielle qui consiste à abattre les arbres les moins intéressants, quelles que soient leurs essences, dans un peuplement de gaules ou d'arbres de plus grandes dimensions, avec comme premier objectif d'améliorer la composition et la qualité du bois [131].

[9] D'une forêt, d'un peuplement ou d'un type forestier dans lequel les arbres mélangés présentent des différences d'âge marquées. Les différences d'âge permises dans un peuplement inéquienne sont habituellement supérieures à 10 à 20 ans. Il se forme habituellement plus de trois classes d'âge distinctes [19].

## Priorités et objectifs d'aménagement

Production de bois (préciser) _____ ❑
Produits forestiers non ligneux_____ ❑
Valeurs autochtones _____ ❑
Habitat pour les espèces animales _____ ❑
Biodiversité _____ ❑
Esthétique _____ ❑
Autres_____ ❑

**Thuya :**

Quantité souhaitée de thuyas en régénération (tiges/ha et réserves) _____
Dhp visé maximum ou révolution cible _____
Nombre d'arbres à conserver pour la biodiversité (réserves et chicots)_____

**Problèmes** (à remplir après la description du peuplement)

Besoin de prendre des mesures immédiates? ❑
Maturité ❑
Assainissement ❑
Régénération excessive ❑
Régénération insuffisante ❑
Faibles revenus de récolte attendus ❑
Problèmes de mise en marché ❑
Qualité insuffisante ❑
Faible vigueur ❑
Faible productivité de la station ❑
Problèmes de structure du peuplement (préciser) _____ ❑
Végétation concurrente (préciser l'espèce)_____ ❑
Fragilité (érosion, chablis et scalpage) _____ ❑
Problèmes de praticabilité (pente, humidité et solidité) _____ ❑

Autres problèmes ou commentaires :

**Thuya :**

Risque de stress hydrique des semis ❑
Régénération préexistante à protéger lors de la récolte ❑
Faible croissance actuelle par rapport à la croissance passée ❑
Ombrage insuffisant pour la croissance ou l'établissement des thuyas ❑
Besoin de scarifiage ❑
Besoin de maîtriser la concurrence du sous-étage ❑
Faible croissance actuelle par rapport au potentiel de la station ❑
Broutage excessif ❑

## Solutions possibles

**Options restantes**

1) Aucune mesure, pas de traitement avant le _____ ❑

Pour la régénération (si nécessaire)

2) Scarifiage de la superficie complète ❑

3) Scarifiage d'une partie de la superficie et protection de la régénération préexistante ❑

4) ❑

Pour les soins culturaux des gaules ou des perches

5) Contrôler l'espacement ❑

6) Éliminer la végétation concurrente avec des herbicides ❑

7) Suppression mécanique de la végétation concurrente ❑

8) ❑

Pour la récolte

9) Ajuster l'espacement pour optimiser la croissance des thuyas (et des autres arbres de qualité) ❑

10) Abattre les arbres de mauvaise qualité et les arbres présentant une faible vigueur ❑

11) Abattre les arbres matures ❑

12) Conserver un couvert résiduel de 60 à 70 % ❑

13) ❑

Pour la structure du peuplement

14) Peuplement bi-étagé ❑

15) Structure irrégulière ❑

16) Structure équilibrée (essences tolérantes à l'ombre nécessaires) ❑

17) Peuplement équienne ❑

18) ❑

## Éliminer les options inadaptées et justifier les options restantes

**Solutions**

# _____ Trop d'efforts par rapport aux avantages obtenus

# _____ Inacceptable du point de vue écologique ((p. ex., érosion, etc.)

# _____ Trop risqué

# _____ Outrepasse les contraintes financières

# _____ En opposition avec les objectifs (préciser)

Options sélectionnées : _____

Justification :

## Prescription sylvicole

Régime sylvicole :

Traitement :

Patron d'application (uniforme, par bande et par groupe) :

Exigences :

Mesures d'atténuation :

## Évaluer les résultats

**Suivi obligatoire**

À quel moment l'évaluation sera-t-elle réalisée?

Type d'évaluation :

- Régénération ❑
- Niveau de concurrence ❑
- Croissance ❑
- Vigueur ❑
- Chablis ❑

Pour de plus amples renseignements sur
le Service canadien des forêts, visitez notre site Web
ou contactez l'un de nos établissements.

# scf.rncan.gc.ca

## Contactez-nous


1 **Centre de foresterie de l'Atlantique**
C.P. 4000
1350, rue Regent Sud
Fredericton (Nouveau-Brunswick) E3B 5P7
Tél. : 506-452-3500
Téléc. : 506-452-3525
scf.rncan.gc.ca/centres/afc

**Centre de foresterie de l'Atlantique**
**Bureau de Corner Brook**
C.P. 960
26, Promenade University
Corner Brook (Terre-Neuve-et-Labrador) A2H 6J3
Tél. : 709-637-4900
Téléc. : 709-637-4910

2 **Centre de foresterie des Laurentides**
C.P. 10380, succursale Sainte-Foy
1055, rue du P.E.P.S.
Québec (Québec) G1V 4C7
Tél. : 418-648-3335
Téléc. : 418-648-5849
scf.rncan.gc.ca/centres/lfc

3 **Centre de foresterie des Grands Lacs**
1219 Queen Street East
Sault Ste. Marie (Ontario) P6A 2E5
Tél. : 705-949-9461
Téléc. : 705-541-5700
scf.rncan.gc.ca/centres/glfc

4 **Centre de foresterie du Nord**
5320-122nd Street NW
Edmonton (Alberta) Canada T6H 3S5
Tél. : 780-435-7210
Téléc. : 780-435-7359
scf.rncan.gc.ca/centres/nofc

5 **Centre de foresterie du Pacifique**
506 West Burnside Road
Victoria (Colombie-Britannique) V8Z 1M5
Tél. : 250-363-0600
Téléc. : 250-363-0775
scf.rncan.gc.ca/centres/pfc

6 **Administration centrale**
580, rue Booth
Ottawa (Ontario) K1A 0E4
contact-contactez.nrcan-rncan.gc.ca
scf.rncan.gc.ca

**Centre canadien sur la fibre de bois**
580, rue Booth, 7e étage
Ottawa (Ontario) K1A 0E4
Tél. : 613-947-9001
Téléc. : 613-947-9033
ccfb.rncan.gc.ca

Pour commander des publications en ligne, visitez le site Web
« Publications du Service canadien des forêts » à l'adresse :

**scf.rncan.gc.ca/publications**