

Tiré à part article Forêt.Nature

Merci pour votre participation à ce numéro de Forêt.Nature.

La version électronique de votre article est fournie uniquement à usage personnel et ne peut être diffusé largement sans l'autorisation préalable de la rédaction.

En cas d'archivage sur serveur informatique, merci d'indiquer la source originale de la publication comme ceci : « Article paru dans Forêt.Nature : www.foretwallonne.be ».

Abonnez-vous gratuitement au **Forêt-MAIL** sur notre site
www.foretwallonne.be

Bénéficiez d'une réduction sur votre abonnement à **Forêt.Nature**
pour la première année

et abonnez vos **étudiants** au tarif spécial qui leur est réservé

De nouvelles normes sylvicoles pour les futaies pures équiennes d'épicéa et de douglas en appui à la gestion de la forêt publique en Wallonie

Jérôme Perin | Jacques Hébert | Philippe Lejeune | Hugues Claessens
Unité de Gestion des Ressources forestières (ULg-GxABT)

Avec plus de 150 000 ha, l'épicéa et le douglas couvrent ensemble près du tiers de la forêt wallonne. Ces nouvelles normes sylvicoles, mises au point grâce à des outils de simulation, reflètent les orientations que le DNF souhaite insuffler dans les pessières et douglasaies qu'il gère en futaies pures équiennes.

RÉSUMÉ

L'importance de l'épicéa et du douglas pour notre filière bois n'est plus à démontrer. Les pessières et les douglasaies occupent en effet près du tiers de la surface productive de la forêt en Wallonie et représentent la moitié du volume sur pied. Néanmoins, les scénarios de gestion communément appliqués à ces deux essences ne font pas toujours l'unanimité auprès des acteurs

de la filière-bois. Par ailleurs, les dernières études de productivité menées sur ces deux essences ont mis en évidence que leur potentiel de croissance était parfois sous-estimé. Il apparaissait dès lors utile de répercuter ces avancées scientifiques sous la forme d'outils d'aide à la décision (normes sylvicoles et tables de production) en faisant ressortir les spécificités de ces deux essences.

L'épicéa est la première essence de production en Wallonie. On estime que les pessières pures représentent environ 25 % des surfaces forestières productives (environ 120 000 ha) et près de 40 % du volume de bois sur pied (environ 40 millions de mètres cubes). Néanmoins la surface forestière consacrée à cette essence diminue régulièrement depuis le début des années '90 pour une série de raisons liées à l'historique des plantations, aux conditions socio-économiques et écologiques actuelles et futures : 25 000 ha d'épicéa ont ainsi disparu entre 2000 et 2010 pour être convertis en d'autres peuplements résineux ou feuillus, en milieux ouverts ou tout simplement laissés en friches¹.

Le douglas est l'essence résineuse qui a le mieux profité de la régression de l'épicéa. Il représente en effet une alternative intéressante en raison de sa productivité supérieure, d'une meilleure stabilité au vent, des bonnes caractéristiques de son bois et de sa souplesse présumée face aux changements climatiques. On estime que la surface des douglasaies pures a pratiquement doublé depuis 1995, se situant maintenant à environ 21 000 ha. De même, les surfaces occupées par des peuplements en mélange épicéa-douglas ont également fortement progressé ces deux dernières décennies, pour atteindre environ 12 000 ha. Ainsi, les peuplements où le douglas est l'objectif final de production représentent près de 7 % de la surface forestière productive wallonne.

À la fin des années '80, les premiers outils quantitatifs d'aide à la gestion ont été développés pour guider les sylviculteurs dans la conduite des pessières en Wallonie. Ces outils ont été synthétisés dans des

tables de production décrivant l'évolution théorique des principaux paramètres dendrométriques d'un peuplement pur équienné soumis à des scénarios sylvicoles contrastés³. Des outils du même type ont ensuite été développés pour le douglas^{10,12}. Ils se présentent sous deux formes :

1. Des tables de production décrivant l'évolution théorique des principaux paramètres dendrométriques d'un peuplement soumis à une sylviculture moyenne.
2. Des courbes exprimant le niveau de productivité via une relation entre l'âge et la hauteur dominante des peuplements.

Ces tables de production n'ont toutefois pu être construites qu'à partir de données issues des peuplements existants qui relevaient d'une sylviculture globalement moins dynamique que celle qui est pratiquée actuellement.

Depuis lors, la politique forestière a mis l'accent sur la multifonctionnalité de la forêt et notamment sur les fonctions écologiques. Il y a donc lieu d'adapter la densité des peuplements afin de favoriser la biodiversité et le maintien de la fertilité des sols via la minéralisation des litières. Pour ce qui est des pessières, la sensibilité des peuplements aux chablis est devenue un paramètre déterminant de la sylviculture suite aux événements extrêmes de 1990 et 1999. On considère désormais que le risque de chablis dans les pessières denses devient élevé dès qu'elles dépassent 30 mètres de hauteur dominante⁶.

La dernière norme de traitement de la pessière équienné que préconise le DNF via la circulaire 2707



Les cloisonnements d'exploitation proposés par la norme sont les garants d'une sylviculture efficace et d'une exploitation respectueuse des sols et des peuplements.

publiée en 2009 tient déjà compte de ces évolutions. Elle vise à installer une sylviculture plus dynamique en imposant une première éclaircie hâtive (vers 13 mètres de hauteur dominante) et une surface terrière voisine de 30 à 35 m²/ha selon la position du peuplement au sein de la rotation. De cette manière, les pessières en forêt soumise devraient progressivement devenir moins denses.

En ce qui concerne le douglas, les itinéraires de gestion appliqués suivent encore souvent des standards proches de ceux appliqués à l'épicéa. Le douglas est pourtant caractérisé par une vitesse de croissance et un potentiel de production nettement supérieurs (de l'ordre de 30 %), auxquels ces itinéraires ne sont pas adaptés.

En outre, l'analyse approfondie de données issues de divers réseaux d'observations et de plusieurs dispositifs expérimentaux a permis de mettre en évidence d'importants écarts entre les accroissements mesurés et les valeurs de référence présentées dans les tables de production. Ce constat est particulièrement marqué dans les pessières et les douglasaies âgées de plus de 50 ans où la vitesse de croissance et le niveau de production seraient significativement sous-estimés. Un tel écart justifiait pleinement le développement de nouveaux modèles de croissance permettant de mieux prédire la dynamique de croissance de ces deux essences et leur réaction aux traitements sylvicoles pratiqués.

L'objet de cet article est de présenter la synthèse des travaux récemment menés sur la construction de nouveaux modèles de croissance pour l'épicéa et le

douglas en Wallonie et d'illustrer l'utilisation de ces derniers pour la définition de normes sylvicoles adaptées spécifiquement à chacune de ces deux essences.

Méthode

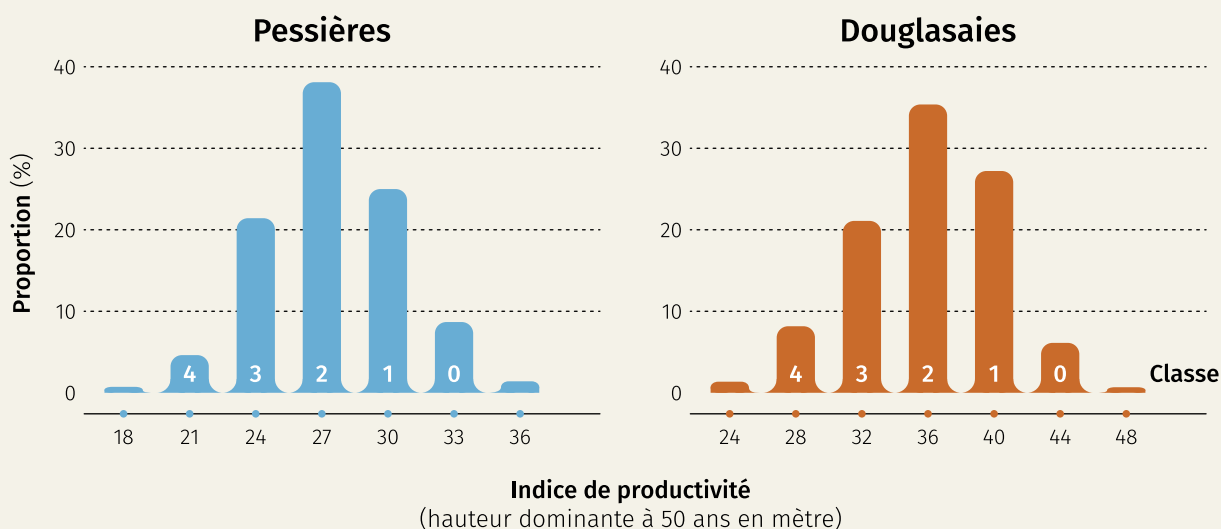
Développement des outils

De nouveaux modèles de croissance en hauteur dominante ont récemment été mis au point pour l'épicéa et le douglas^{7,8}. Tirant profit des derniers développements statistiques ainsi que de séries d'observations plus adéquates et récentes, ces nouveaux modèles sont plus performants et d'utilisation plus simple que leurs prédécesseurs. Les classes de productivité ont par ailleurs été redéfinies pour ces essences de manière, d'une part, à centrer le niveau de productivité moyen sur la seconde classe et, d'autre part, à s'assurer que l'amplitude des classes (3 mètres pour l'épicéa et 4 mètres pour le douglas) permette de rassembler la quasi totalité (environ 97,5 %) des douglasaies et des pessières dans cinq classes de productivité (figure 1) et soit compatible avec la variabilité des hauteurs totales observées chez les arbres dominants dans ces peuplements.

De nouveaux modèles de prévision de la croissance individuelle en circonférence des arbres ont également été développés pour les deux essences. Les estimations fournies sont basées sur le statut social de l'arbre au sein du peuplement, ainsi que sur le niveau de production, l'âge et la densité du peuplement.

Ces modèles (courbes de productivité et croissance en grosseur) ont ensuite été intégrés dans un logi-

Figure 1. Distribution des classes de productivité rencontrées dans les placettes permanentes de l'IPRFW installées dans des peuplements purs équiennes d'épicéa (en bleu) et de douglas (en orange) âgés de 25 à 60 ans au moment des mesures.



ciel de simulation nommé GYMNOS qui fait partie de la plateforme de simulation forestière CAPSIS⁵. GYMNOS permet d'anticiper l'évolution d'un peuplement théorique (caractérisé par une couverture forestière complète, sans effet de bordure) de densité initiale connue et soumis à un itinéraire sylvicole donné. Néanmoins, dans la pratique, le couvert n'est jamais parfaitement continu (bordures, chablis, trouées...) et ce type de simulation mène ainsi généralement à surestimer la production. Cette surestimation est corrigée dans GYMNOS en considérant une production réelle diminuée de 10 % par rapport à la production théorique.

Le résultat fourni par GYMNOS se présente sous la forme d'une table de production, complétée par d'autres informations qui sont :

- un facteur d'élanement à l'échelle du peuplement correspondant au rapport entre la hauteur dominante et le diamètre moyen quadratique pouvant être utilisé comme un indicateur d'instabilité aux vents des peuplements résineux,
- la distribution par classe de grosseur des volumes sur pied avant éclaircie et des volumes prélevés à chaque éclaircie,
- la valeur marchande des volumes sur pied délivrés lors des éclaircies et de la coupe rase finale, calculée sur base d'une liste de prix ajustée sur les données des ventes publiques de 2012 à 2014.

L'itinéraire sylvicole est décrit par l'écartement à la plantation (ou après le dépressage dans le cas de régénérations naturelles), l'âge de la première éclaircie, les caractéristiques des prélèvements (rotation, intensité et type) et la durée de la révolution.

Élaboration de scénarios sylvicoles

À l'initiative du DNF, un groupe de travail composé de sylviculteurs, de technologues du bois et de modélisateurs a été réuni pour mettre au point des normes de sylviculture adaptées à l'épicéa d'une part et au douglas d'autre part. Pour ce faire, divers scénarios de gestion ont été élaborés, puis simulés à l'aide du logiciel GYMNOS de manière à tester l'influence de paramètres sylvicoles sur les caractéristiques des peuplements attendus. Les critères considérés pour comparer les différents scénarios concernent la vitesse de croissance en grosseur, certaines caractéristiques du bois, les volumes produits et la stabilité des peuplements. Les résultats chiffrés des simulations combinés à l'expertise des membres du groupe de travail ont permis d'identifier et de construire, pour chacune des deux essences, les scénarios de gestion jugés les plus en adéquation avec une gestion forestière multifonctionnelle.

Objectifs des nouvelles normes

Les normes sylvicoles proposées concernent les peuplements purs équiennes d'épicéa et de douglas issus de plantations ou de régénérations naturelles dépressées. Les principaux objectifs associés à ces nouvelles normes peuvent se résumer comme suit :

- maximiser la production en volume et raccourcir les révolutions,
- produire un bois de qualité apte à des usages à haute valeur ajoutée,
- assurer la stabilité des peuplements face aux tempêtes,
- favoriser la protection des sols et la biodiversité.

La démarche sylvicole retenue consiste à éliminer les arbres mal conformés dès les premières coupes d'éclaircie et à mettre en place des arbres d'avenir dominants et co-dominants bien conformés dont la production en volume sera favorisée par les éclaircies, tout en maintenant une largeur de cerne inférieure à 6 mm, compatible avec la meilleure qualité structurale des sciages définie par la spécification technique « STS 04 »¹¹.

Résultats

Comparaison de la croissance des pessières et des douglasaies

Les nouveaux modèles de croissance montrent que l'accroissement courant en volume bois fort augmente rapidement jusqu'à atteindre un maximum vers la hauteur dominante de 20 et 28 mètres respectivement pour l'épicéa et le douglas, c'est à dire entre 30 et 40 ans en fonction de la classe de productivité (figure 2). Ce maximum varie entre la classe de productivité la plus basse (4) et la plus haute (0) : de 15 à 26,5 m³/ha/an pour l'épicéa et de 19 à 31,5 m³/ha/an pour le douglas. Les douglasaies les plus productives situées dans les stations les plus favorables (classe 0) peuvent ainsi dépasser les 30 m³/ha/an d'accroissement courant en volume entre 20 et 40 ans. La production en volume diminue ensuite d'environ 0,7 %/an dans les pessières et 0,4 %/an dans les douglasaies. En conséquence, si on considère cette fois l'accroissement moyen en volume (figure 3), on peut voir qu'il atteint son maximum dans des peuplements ayant déjà acquis les dimensions d'exploitabilité et reste ensuite relativement stable, en particulier dans les douglasaies.

À classe de productivité égale, les douglasaies matures sont caractérisées par une production totale en volume environ 30 % supérieure à celle des pessières. La production totale en volume à 60 ans en classe 2 (moyenne) serait ainsi d'environ 900 m³/ha dans les

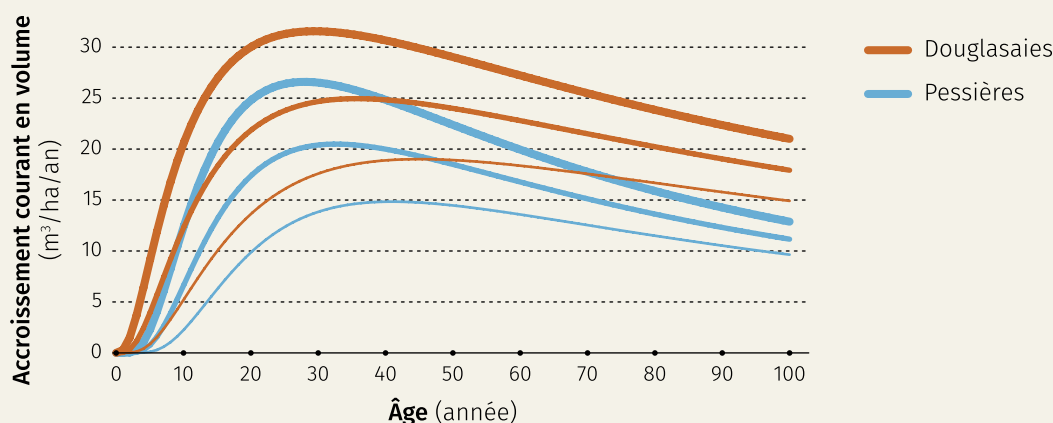


Figure 2. Évolution de l'accroissement courant en volume bois fort tige ($\text{m}^3/\text{ha}/\text{an}$) dans les pessières (en bleu) et les douglasaies (en orange) équiennes en fonction de leur âge. Pour chaque essence : la courbe centrale représente la classe 2 (productivité moyenne), la courbe supérieure en gras représente la classe 0 (très haute productivité) et la courbe inférieure en trait fin représente la classe 4 (très basse productivité).

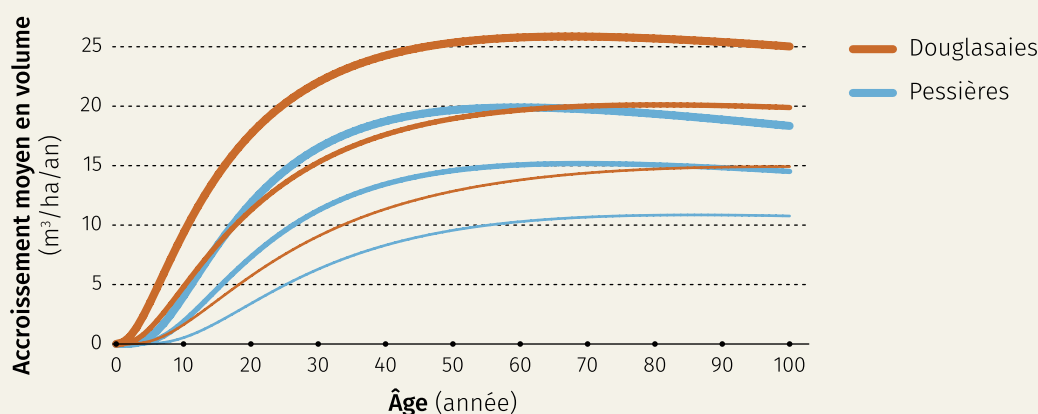


Figure 3. Évolution de l'accroissement moyen en volume bois fort tige (volume produit total divisé par l'âge) dans les pessières (en bleu) et les douglasaies (en orange) équiennes en fonction de leur âge. Pour chaque essence : la courbe centrale représente la classe 2 (productivité moyenne), la courbe supérieure en gras représente la classe 0 (très haute productivité) et la courbe inférieure en trait fin représente la classe 4 (très basse productivité).

pessières et de $1200 \text{ m}^3/\text{ha}$ dans les douglasaies. Pour une même essence, les différences de production en volume entre deux classes de productivité adjacentes sont de l'ordre de 15 %, de sorte que la production des pessières matures situées en classe 0 (très haute) est comparable à celle des douglasaies situées en classe 2 (moyenne).

Comparés aux tables de production de DAGNELIE *et al.*³ pour l'épicéa et de RONDEUX *et al.*¹⁰ pour le douglas, ces nouveaux modèles mettent en évidence des accroissements en volume beaucoup plus soutenus dans le temps. Les anciennes tables menaient ainsi à une sous-estimation significative de la production en volume dans les peuplements plus âgés. Dans les pessières, cette différence apparaît dès l'âge de 40 ans et la production totale en volume serait ainsi sous-estimée d'environ 6 % à 60 ans dans les anciennes

tables. D'autre part, les classes de productivité du douglas ont récemment été redéfinies⁷ pour mieux tenir compte de sa croissance exceptionnelle : la nouvelle première classe de productivité est désormais caractérisée par une production en volume environ 15 % supérieure à celle de l'ancienne classe 1 qui est désormais assimilée à la nouvelle classe 2 (productivité moyenne).

Itinéraires sylvicoles

Les écartements à la plantation

La densité de plantation influence directement l'âge auquel se produit la fermeture du couvert et débute la phase de compression. Ainsi, la qualité du bois est favorablement influencée par des densités initiales élevées, synonymes d'une phase de compression plus précoce, limitant ainsi la production de bois juvénile, la grosseur des nœuds et le défilement. À l'inverse,

la vitesse de croissance, la stabilité et la biodiversité sont favorisées par les plantations à plus larges espacements où les arbres peuvent mieux développer leur cime et leur ancrage au sol et où la végétation d'accompagnement profite de plus d'éclaircissement lors des premières années.

Les simulations réalisées avec GYMNOS, combinées à l'analyse d'expérimentations sylvicoles telles que les C.C.T. *plots*⁴, montrent que des écartements à la plantation de 2 mètres entre les arbres et 2 à 2,5 mètres entre les lignes (2000 et 2500 tiges/ha) constituent un bon compromis entre ces différents objectifs, en accord avec les conclusions de HÉBERT *et al.*⁶. L'écartement de 2 mètres entre les lignes est surtout prévu pour les situations plus difficiles (climat rigoureux de la haute Ardenne, faibles niveaux de productivité) pour lesquelles les risques de perte sont plus grands, alors que l'espacement de 2,5 mètres convient aux conditions plus optimales.

Pour toutes les simulations, aucun regarnissage n'a été envisagé et des taux de reprise de 90 % pour l'épicéa et de 85 % pour le douglas ont été retenus. Dans le cas des régénérations naturelles, une mise à distance moyenne de 2 mètres entre semis dès que la hauteur de la plage de semis atteint 1 à 2 mètres, a été retenue comme hypothèse de travail.

La première éclaircie

Le déclenchement de la première éclaircie doit avoir lieu après le début de la phase de compression qui est favorable à la rectitude des tiges et à la qualité du bois, mais avant l'apparition du processus d'auto-éclaircie* qui entraînerait une perte de production par mortalité. Dans une plantation de 2000-2500 tiges/ha d'épicéa ou de douglas, les modèles montrent que la phase de compression, caractérisée par une diminution sensible des accroissements individuels (particulièrement forte chez les arbres dominés), démarre lorsque les peuplements atteignent environ 9 à 10 mètres de hauteur dominante, soit vers 15 ans pour l'épicéa et 10 ans pour le douglas en classe de productivité moyenne (classe 2). La mortalité naturelle due à la compétition et la perte de production qui en résulte deviennent quant à elles significatives à partir de 17 mètres de hauteur dominante, soit vers 27 ans pour l'épicéa et 22 ans pour le douglas en classe de productivité moyenne.

La phase de compression est liée à une diminution de la quantité de lumière qui pénètre le peuplement, qui en retour, cause la mortalité des branches basses (remontée des cimes vivantes). Il est important d'éviter une remontée de cime trop importante qui aurait pour conséquence de diminuer la capacité de réaction

des arbres aux éclaircies. On conseillera ainsi d'intervenir lorsque que la hauteur sans branches vivantes pour les arbres dominants est supérieure à 4 mètres mais inférieure à la moitié de la hauteur dominante. Il est également important d'éclaircir suffisamment tôt pour placer individuellement les arbres dans une dynamique de développement qui permette, par la suite, un régime d'éclaircies dynamiques soutenant leur croissance. Par la même occasion, ce régime d'éclaircies favorisera l'apport de lumière en sous-bois, qui est nécessaire à la minéralisation de l'humus et au développement d'essences d'accompagnement et de la végétation herbacée. Intervenir lorsque la hauteur dominante du peuplement atteint entre 13 et 14 mètres (selon la densité de départ) est un compromis qui répond bien à toutes ces exigences.

Lors de la première éclaircie, il est conseillé de réaliser une coupe systématique d'une ligne tous les 20 mètres (1 sur 11 si l'interligne est égal à 2 mètres, 1 sur 9 s'il est égal à 2,5 mètres) qui servira de cloisonnement d'exploitation sur lequel circuleront les machines d'exploitation durant toute la vie du peuplement afin d'éviter le tassement de l'ensemble des sols de la coupe. Cette coupe systématique est complétée par un nettoyage visant à prélever environ un arbre sur 4 (ou 1 sur 3 dans le cas de régénérations naturelles et de plantations à 2 x 2 mètres) entre les cloisonnements. Cette proportion ne concerne que les arbres encore vivants après la crise de l'installation et les mortalités du début de la phase d'auto-éclaircie. La priorité doit être donnée à la coupe des arbres mal conformés (les « loups »), en particulier ceux qui occupent l'étage dominant et qui se développent au détriment des tiges d'avenir. Il est également suggéré d'éliminer les arbres les plus chétifs, sans avenir et potentiellement nuisibles à la stabilité du peuplement pour aérer le peuplement en faveur de la biodiversité. Ainsi conçue, cette première éclaircie structure le peuplement par ses cloisonnements et comporte une part de nettoyage et de dépressage, tout en maintenant encore une certaine compression pour la formation des tiges d'avenir. Cette phase de compression est particulièrement importante pour le douglas dont certains individus ont parfois tendance à produire de trop grosses branches.

Les éclaircies suivantes

Avant la seconde éclaircie, il est suggéré de désigner environ 150 arbres d'avenir bien répartis dans le peuplement parmi les plus gros (potentiel de croissance) qui présentent une cime équilibrée et bien dévelop-

* Auto-éclaircie : mortalité naturelle se produisant au sein d'un peuplement, généralement en l'absence d'interventions sylvicoles, liée principalement à des phénomènes de forte concurrence².

pée (stabilité et potentiel de réaction aux éclaircies) et un fût bien conformé et finement branchu (qualité du bois). Un élagage artificiel des arbres d'avenir peut s'envisager sur une hauteur de 6 à 8 mètres (surtout pour le douglas) avant que la circonférence du fût ne dépasse le tiers de la circonférence espérée de la grume, mais la rentabilité de cette opération n'est malheureusement pas garantie. Ensuite, sans pour autant détourner totalement les arbres désignés, on tâchera de mener les éclaircies en leur faveur, de manière à concentrer la production du peuplement dans les plus beaux arbres. Dans ce but, les deuxième et troisième éclaircies sont assez fortes (25 à 30 % des tiges en épicéa ; 30 à 35 % en douglas) et déterminantes car elles mettent en place la dynamique de croissance des arbres d'avenir.

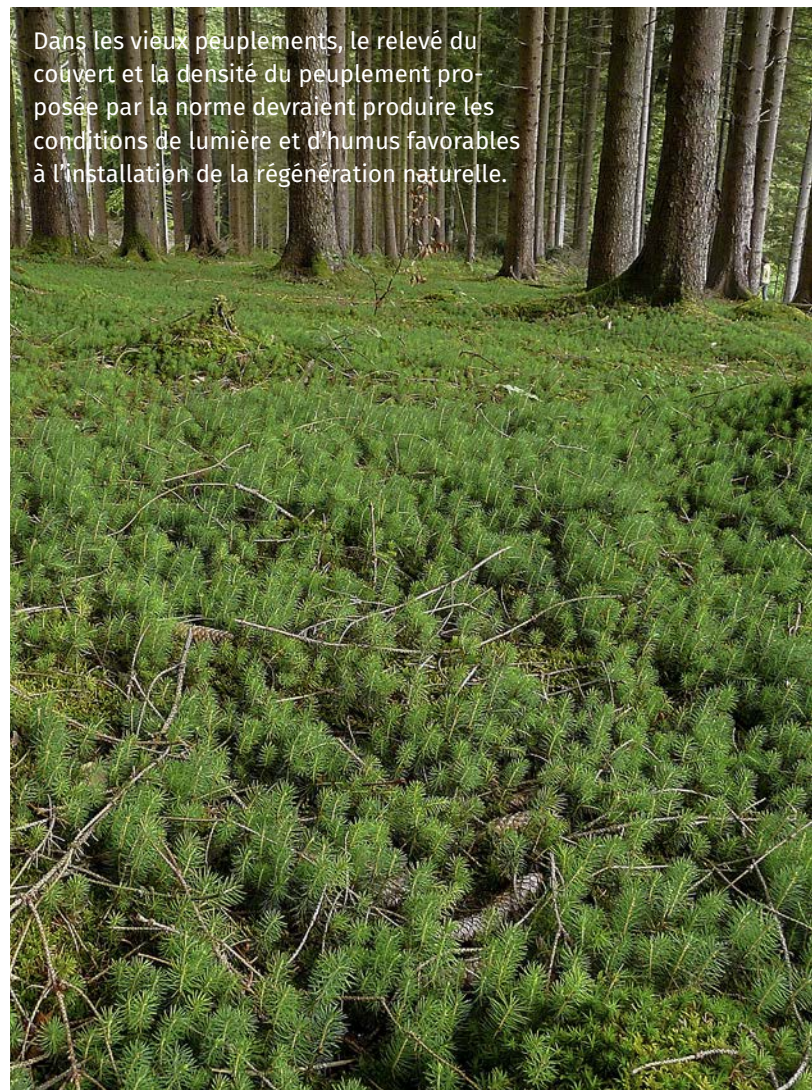
Lors de chaque coupe d'éclaircie, on tâchera toujours en priorité d'améliorer la qualité du peuplement en supprimant les arbres mal conformés et ceux qui ont une cime déséquilibrée ou mal développée. On s'attachera ensuite à pratiquer des éclaircies par le haut en prélevant les arbres dont les cimes concurrencent celles des tiges d'avenir.

Les éclaircies doivent aussi assurer le maintien d'une compétition constante, bénéfique pour la formation de cernes annuels d'épaisseur régulière et de nœuds sains (mortalité des branches basses). Cette compétition doit toutefois rester modérée de manière à contribuer à la formation d'arbres stables avec des cimes équilibrées et à favoriser l'apport de lumière en sous-bois pour favoriser la minéralisation de l'humus et développer la biodiversité. Il faudra ainsi veiller à maintenir chez les arbres d'avenir une proportion de cime vivante comprise entre le tiers et la moitié de la hauteur totale.

Les normes de sylviculture proposées doivent traduire l'effet des coupes d'éclaircie au cours des rotations successives, depuis les premières éclaircies assez fortes, jusqu'aux dernières, qui capitalisent sur les arbres d'avenir. Dans les pessières, HÉBERT *et al.*⁶ définissent un critère simple, « maintenir la surface terrière entre 30 et 35 m²/ha par le jeu des éclaircies », pour concilier vitesse de croissance, stabilité et qualité technologique du bois. Néanmoins, l'analyse de plusieurs expérimentations sylvicoles et les simulations montrent qu'une norme basée sur une valeur constante de la surface terrière conduit à une pression de compétition décroissante au cours du développement du peuplement. Ainsi, la norme de 30-35 m²/ha apparaît idéale entre 20 et 25 mètres de hauteur dominante mais cette densité semble trop élevée avant 20 mètres et trop légère au delà de 25 mètres. Il semble donc plus pertinent d'appliquer

une norme de densité qui évolue avec la hauteur dominante. En effet, maintenir un niveau de compétition harmonisé permettra d'équilibrer l'ambiance forestière en sous-bois tout en contenant la largeur de cerne et en assurant une capitalisation régulière de volume pour la coupe finale.

Pour éviter ce problème, le module qui simule les éclaircies dans GYMNOS intègre une estimation du niveau de compétition dans les pessières et les douglasaies avec un paramètre qui combine l'essence, la surface terrière et le stade de développement. Le développement des nouvelles normes vise à maintenir dans les pessières et les douglasaies une pression de compétition équivalente à celle observée dans une pessière caractérisée par une surface terrière à mi-rotation de 35 m²/ha et une hauteur dominante de 25 mètres (tableau 1). L'intensité des prélèvements est donc toujours calibrée sur l'accroissement périodique en surface terrière et en volume, permettant ainsi une capitalisation progressive du volume sur pied en vue de la coupe finale. Cela mène, après trois



Dans les vieux peuplements, le relevé du couvert et la densité du peuplement proposée par la norme devraient produire les conditions de lumière et d'humus favorables à l'installation de la régénération naturelle.

Hdom (m)	Pessières		Douglasaies	
	Gha (m ² /ha)	Vha (m ³ /ha)	Gha (m ² /ha)	Vha (m ³ /ha)
13	20,2	115	19,1	100
14	21,5	136	20,1	117
16	24	179	22,1	150
18	26,3	221	24,1	184
20	28,4	263	25,9	218
25	33,1	366	30,1	303
30	36,7	467	33,7	389
35	39,3	566	36,8	474
40	40,8	663	39,3	561
45			41,2	648
50			42,5	735

Tableau 1. Normes de densité après éclaircie conseillées pour les pessières et les douglasaies équiennes. Hdom = hauteur dominante ; Gha = surface terrière à l'hectare ; Vha = volume sur pied à l'hectare.

éclaircies initiales assez fortes, destinées à placer les arbres dans de bonnes conditions de croissance, à une diminution régulière de l'intensité des prélèvements en termes de proportion des tiges éclaircies.

Ces nouvelles normes ont été établies pour une durée de rotation de 6 ans entre les passages en éclaircie car elle représente un bon compromis pour :

- maintenir une pression de compétition constante mais modérée,
- délivrer des volumes suffisants pour rentabiliser chaque coupe d'éclaircie, même dans des peuplements de faible superficie (environ 1 ha),
- mettre au point une norme compatible avec les rotations en vigueur dans la plupart des plans d'aménagement des forêts publiques en Wallonie.

La productivité des douglasaies étant sensiblement supérieure à celle des pessières, il pourrait sembler pertinent d'y envisager des rotations plus courtes (3 ou 4 ans par exemple), surtout dans le jeune âge. Néanmoins, la mise en pratique de prélèvements aussi fréquents peut s'avérer fastidieuse. Par ailleurs, l'intérêt de prélèvements aussi rapprochés semble finalement limité pour le douglas qui n'a pas les problèmes de stabilité au vent que connaît l'épicéa. Nous avons donc préféré harmoniser les durées des rotations pour ces deux essences tout en privilégiant des prélèvements plus forts dans les douglasaies de manière à équilibrer la densité moyenne entre deux passages en éclaircie et à maintenir le potentiel de croissance élevé de l'essence. Un passage en éclaircie à mi-rotation peut néanmoins toujours être envisagé dans les jeunes peuplements résineux les plus productifs.

Coupe rase et terme d'exploitabilité

Pour l'épicéa, la coupe rase est proposée lorsque la majorité des arbres se situe dans la classe de circonférence de 120-150 cm à hauteur de poitrine. Selon les simulations réalisées, cette dimension correspond à un peuplement d'environ 30 mètres de hauteur dominante et est atteinte entre 55 et 70 ans selon le niveau de productivité. Au vu des risques croissants de chablis à partir d'une telle hauteur, il n'est pas souhaitable de prolonger la vie de ces peuplements. Toutefois, pour autant que les conditions stationnelles (bon enracinement, protection contre le vent) et les caractéristiques du peuplement tempèrent les risques de chablis, des objectifs particuliers peuvent justifier l'allongement de la révolution, comme par exemple, l'étalement des récoltes au niveau d'une propriété ou la mise en œuvre d'une régénération naturelle.

Pour le douglas, l'exploitation du peuplement peut se faire lorsque la majorité des arbres ont atteint le seuil de 180 cm de circonférence. En deçà, la grume comporterait trop peu de bois valorisable en raison de la forte proportion de bois juvénile, d'écorce et d'aubier qui caractérisent le douglas. À ce stade, la hauteur dominante du peuplement avoisine 42 à 44 mètres pour un âge se situant entre 60 et 75 ans selon le niveau de productivité. Contrairement aux pessières, les douglasaies sont peu sensibles aux volis. Il est donc possible de retarder l'exploitation pour produire de très gros bois, étaler les récoltes ou encore, profiter au mieux de la régénération naturelle. En effet, il est fort probable qu'à ce stade, un tel peuplement soit en cours de régénération⁹.

A		1		2		3		4		5		6										
Âge années	Hdom m	Avant éclaircie				Éclaircie				Après éclaircie				Accroissements					h/d	Écl %	Dist m	
		Nha N/ha	Cg cm	Gha m ² /ha	Vha m ³ /ha	Nha N/ha	Cg cm	Gha m ² /ha	Vha m ³ /ha	Nha N/ha	Cg cm	Gha m ² /ha	Vha m ³ /ha	ACC cm/ha/an	ACG m ² /ha/an	AMG m ² /ha/an	ACV m ³ /ha/an	AMV m ³ /ha/an				PTV m ³ /ha
17	13.5	1613	46	26.8	150	527	44	8.2	45	1086	46	18.6	104	2.5	2.27	1.57	22.8	8.8	150	92	32.6	3.3
23	18.1	1082	61	32.2	241	355	53	7.9	57	727	65	24.3	185	2.5	2.04	1.76	24.5	12.5	287	88	32.8	4.0
29	22.4	724	80	36.5	332	203	68	7.5	66	520	84	29.0	265	2.5	1.84	1.81	25.3	15.0	434	84	28.1	4.7
35	26.5	518	99	40.0	417	139	85	8.0	82	379	103	32.1	336	2.5	1.66	1.82	25.2	16.7	586	81	26.8	5.5
41	30.3	378	118	42.0	487	93	104	8.0	91	285	123	34.1	396	2.6	1.50	1.80	24.7	18.0	737	78	24.6	6.4
47	33.7	284	138	43.1	544	61	122	7.2	91	223	142	35.9	453	2.6	1.37	1.76	24.1	18.8	885	75	21.4	7.2
53	37.0	223	158	44.1	597	42	141	6.6	89	181	161	37.5	508	2.6	1.27	1.71	23.4	19.4	1 030	72	18.8	8.0
59	39.9	180	177	45.1	649	30	160	6.1	88	150	181	39.0	561	2.6	1.18	1.67	22.8	19.8	1 170	69	16.7	8.8
65	42.7	150	196	46.1	698	22	180	5.7	87	128	199	40.3	611	2.6	1.10	1.62	22.2	20.1	1 307	67	14.7	9.5
71	45.3	128	215	46.9	745	18	195	5.3	85	111	218	41.6	660	2.6	1.03	1.58	21.7	20.3	1 441	65	13.7	10.2
77	47.7	111	233	47.8	790	14	216	5.0	84	97	235	42.8	706	2.6	0.98	1.54	21.2	20.4	1 571	64	12.2	10.9
83	49.9	97	251	48.7	833	97	251	48.7	833	-	-	-	-	-	-	1.50	-	20.5	1 698	62	-	-

B		1		2		3		4		5		6										
Âge années	Hdom m	Classes de grosseur - Volume sur pied								Valeur		Classes de grosseur - Volume prélevés								Recettes		VA totale €/ha
		20-40 m ³ /ha	40-60 m ³ /ha	60-70 m ³ /ha	70-90 m ³ /ha	90-120 m ³ /ha	120-150 m ³ /ha	150-180 m ³ /ha	180+ m ³ /ha	Valeur €/ha	VA €/ha	20-40 m ³ /ha	40-60 m ³ /ha	60-70 m ³ /ha	70-90 m ³ /ha	90-120 m ³ /ha	120-150 m ³ /ha	150-180 m ³ /ha	180+ m ³ /ha	Valeur €/ha	VA €/ha	
17	13.5	29	89	27	5	0	0	0	0	2 211	1 579	10	26	8	2	0	0	0	0	591	422	1 579
23	18.1	8	71	56	89	17	0	0	0	6 914	4 385	5	26	10	13	2	0	0	0	1 151	730	4 807
29	22.4	1	26	37	124	143	0	0	0	13 867	7 809	1	14	14	19	18	0	0	0	2 064	1 162	8 960
35	26.5	0	7	14	75	220	102	0	0	21 719	10 860	0	5	8	25	31	12	0	0	3 388	1 694	13 174
41	30.3	0	1	3	26	180	227	49	0	29 344	13 029	0	1	2	14	43	23	7	0	4 543	2 017	17 037
47	33.7	0	0	0	6	76	257	198	6	36 912	14 553	0	0	0	4	31	35	19	0	5 098	2 010	20 579
53	37.0	0	0	0	1	21	165	288	122	44 590	15 611	0	0	0	1	12	42	25	9	5 533	1 937	23 646
59	39.9	0	0	0	0	3	54	276	315	51 842	16 117	0	0	0	0	2	24	42	19	5 957	1 852	26 089
65	42.7	0	0	0	0	0	12	140	545	58 051	16 025	0	0	0	0	0	5	42	39	6 270	1 731	27 849
71	45.3	0	0	0	0	0	2	38	704	63 057	15 457	0	0	0	0	0	2	18	64	6 328	1 551	29 012
77	47.7	0	0	0	0	0	0	6	783	67 210	14 629	0	0	0	0	0	0	4	79	6 370	1 387	29 736
83	49.9	0	0	0	0	0	0	0	833	71 050	13 732	0	0	0	0	0	0	0	833	71 050	13 732	30 225
Total	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17	72	41	78	140	144	157	1043	-	30 225	-

Figure 4. Modèle des nouvelles tables de production qui synthétise dans deux tableaux l'évolution des caractéristiques du peuplement et des éclaircies (tableau A) et la distribution des volumes sur pied et prélevés par classe de grosseur (tableau B). Les tableaux représentés montrent l'application de la norme sur une plantation de douglas (écartement 2 x 2,5 mètres) de productivité moyenne (classe 2). Des explications sont fournies dans le texte.

Présentation des nouvelles tables de production

L'évolution des peuplements soumis à ces normes de sylviculture est synthétisée dans de nouvelles tables de production (voir exemple en figure 4). Ces tables sont au nombre de dix pour chaque essence en fonction de la classe de productivité (0 à 5) et des écartements à la plantation (2 x 2 mètres ou 2 x 2,5 mètres). Elles sont téléchargeables en format pdf sur la plateforme ORBI* de l'ULg (dépôt bibliographique institutionnel).

Ces nouvelles tables de production sont divisées en deux tableaux (figure 4).


Le premier tableau (A) présente l'évolution des caractéristiques dendrométriques du peuplement et des éclaircies (ramenées à l'hectare) :

1. Âge et hauteur dominante du peuplement.
2. Caractéristiques dendrométriques du peuplement avant éclaircie : nombre de tiges (**Nha**), circonférence moyenne quadratique (**Cg** en cm), surface terrière (**Gha** en m²/ha) et volume sur pied (**Vha** en m³/ha).

3. Caractéristiques dendrométriques des éclaircies (**Nha**, **Cg**, **Gha** et **Vha**).
4. Caractéristiques dendrométriques du peuplement après éclaircie (**Nha**, **Cg**, **Gha** et **Vha**).
5. Divers indicateurs de croissance : accroissement courant en circonférence moyenne quadratique (**ACC** en cm/an), accroissement courant et moyen en surface terrière (**ACG** et **ACM** en m²/an), accroissement courant et moyen en volume (**ACV** et **AMV** en m³/an) et production totale en volume (**PTV** en m³).
6. Évolution de l'indice de stabilité (h/d), proportion de tiges sur pied prélevées lors de l'éclaircie et distance moyenne entre les tiges après l'éclaircie.

Le second tableau (B) présente l'évolution de la distribution des volumes sur pied et prélevés par classe de grosseur :

1. Âge et hauteur dominante du peuplement.
2. Distribution par classe de grosseur des volumes sur pied avant éclaircie (m³/ha).
3. Estimation de la valeur marchande (**Valeur**, en €/ha) du volume sur pied et actualisation de cette valeur à l'année de la plantation (**VA**, taux d'actualisation de 2 %).

* hdl.handle.net/2268/198122 

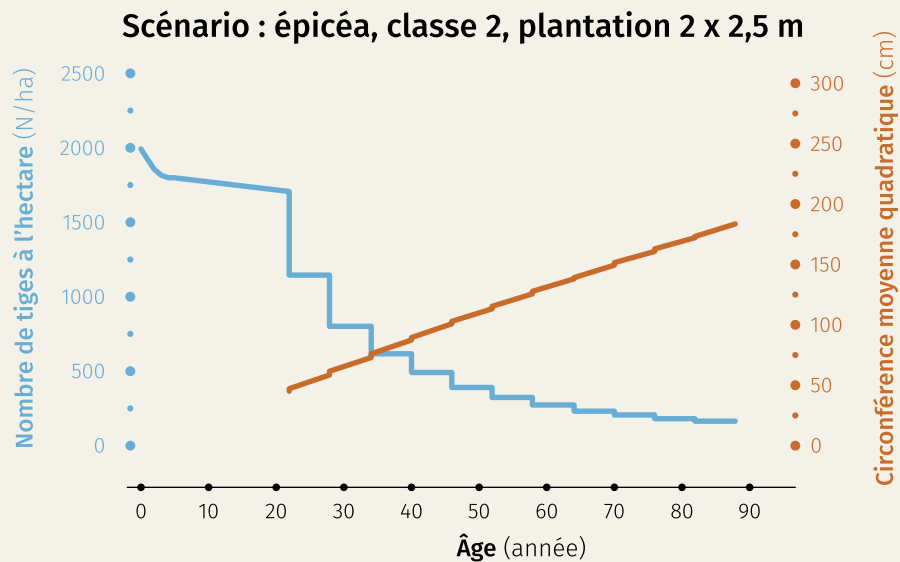


Figure 5. Représentation graphique de la norme sylvicole proposée pour l'épicéa (peuplement pur équienné de la classe de productivité 2, plantation à 2000 tiges/ha).

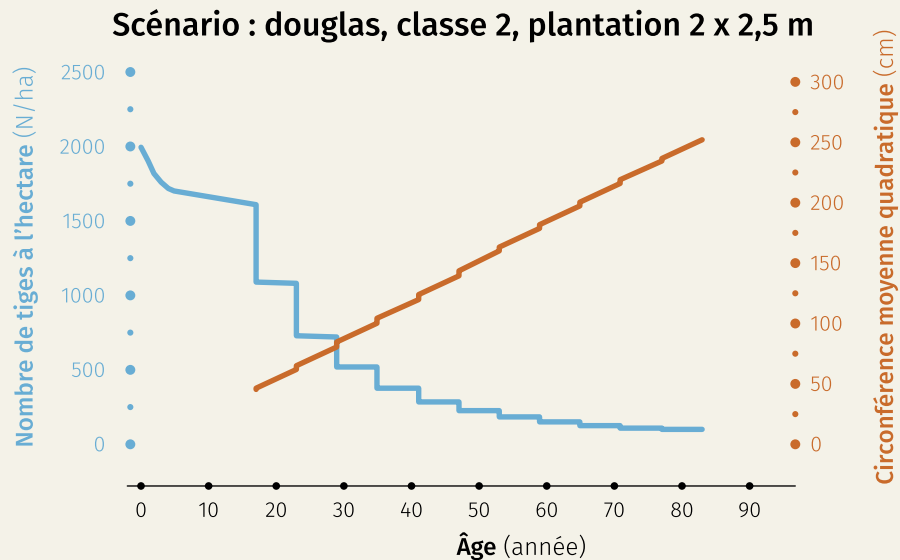


Figure 6. Représentation graphique de la norme sylvicole proposée pour le douglas (peuplement pur équienné de la classe de productivité 2, plantation à 2000 tiges/ha).

4. Distribution par classe de grosseur des volumes prélevés lors de l'éclaircie (m^3/ha).
5. Estimation de la valeur financière (**Valeur**, en €/ha) du volume prélevé vendu sur pied et actualisation de cette valeur à l'année de la plantation (**VA**, taux d'actualisation de 2 %);
6. Somme des valeurs actualisées des prélèvements précédents et du volume sur pied, donnant ainsi une indication de la rentabilité en fonction de l'âge auquel on applique la coupe rase.

Pour illustrer ces tables de production, les figures 5 et 6 proposent des représentations graphiques de








l'évolution du nombre de pieds et de la circonférence moyenne du peuplement en fonction de l'âge, respectivement pour l'épicéa et le douglas (classe de productivité 2).

Conclusions

Les normes sylvicoles qui sont présentées pour l'épicéa et le douglas illustrent l'intérêt de disposer d'outils de simulation tels que GYMNOS. Elles répondent à un certain nombre d'objectifs de politique forestière qui sont de la responsabilité du DNF. Comme

toutes normes, elles doivent évidemment s'appliquer avec discernement et bon sens. Elle ne peuvent par exemple par être mises en pratique dans certains peuplements qui ont déjà fait un long chemin sans éclaircie, ou qui sont instables du fait de la station ou du voisinage d'une coupe mise à blanc, etc. Cependant, ces normes sont censées donner le ton quant au type de sylviculture que le DNF souhaite mettre en place dans les forêts publiques pour les peuplements purs équiennes de ces deux essences. ■

Bibliographie

- ¹ Alderweireld M., Burnay F., Pitchugin M., Lecomte H. (2015). *Inventaire forestier wallon. Résultats 1994-2012*. SPW, DGO3, DNF, Direction des Ressources forestières, jambes, 236 p. 
- ² Bastien Y., Gauberville C. (2011). *Vocabulaire forestier*. IDF, Paris, 554 p.
- ³ Dagnelie P., Palm R., Rondeux J., Thill A. (1988). *Tables de production relatives à l'épicéa commun*. Les presses agronomiques de Gembloux, Gembloux, 122 p.
- ⁴ Delvaux J. *Contribution à l'étude de l'éducation des peuplements : les placettes C.C.T.* Travaux, Série B, n° 45, Station de recherche des Eaux et Forêts, Groenendaal-Hoeilaart, 16 p. 
- ⁵ Dufour-Kowalski S., Courbaud B., Dreyfus P., Meredieu C., de Coligny F. (2012). Capsis: an open software framework and community for forest growth modelling. *Annals of Forest Science* 69 : 221-233.
- ⁶ Hébert J., Herman M., Jourez B. (2002). *Sylviculture et qualité du bois de l'épicéa en région wallonne*. Éd. Forêt Wallonne asbl, Belgique, 157 p.
- ⁷ Perin J., De Thier O., Claessens H., Lejeune P., Hébert J. (2014). Nouvelles courbes de productivité harmonisées pour le douglas l'épicéa et les mélèzes en Wallonie. *Forêt Wallonne* 129 : 26-41. 
- ⁸ Perin J., Hébert J., Brostaux Y., Lejeune P., Claessens H. (2013). Modelling top-height growth and site index of norway spruce. *Forest Ecology and Management* 298 : 62-70.
- ⁹ Petit S., Claessens H., Ligot G. (2013). Quel type de peuplement pour un renouvellement naturel du douglas ? *Forêt Wallonne* 122 : 3-12. 
- ¹⁰ Rondeux J., Laurent C., Thibaut A. (1991). *Construction d'une table de production pour le douglas (Pseudotsuga menziesii (MIRB.) FRANCO) en Belgique*. Cahiers Forestiers Gembloux n° 3, 23 p. 
- ¹¹ Service Public Fédéral Économie (2008). *STS 04 : Bois et panneaux à base de bois*. Spécification techniques unifiées, édition 2008, 32 p. 
- ¹² Thibaut A., Claessens H., Rondeux J. (1995). *Indices et courbes de fertilité pour les peuplements de douglas (Pseudotsuga menziesii (MIRB.) FRANCO) en Belgique*. Cahiers Forestiers Gembloux n° 16, 11 p. 

POINTS-CLEFS

- ▶ Les pessières et les douglaies couvrent respectivement 25 et 7 % de la surface productive forestière en Wallonie.
- ▶ La mise à jour des normes sylvicoles pour ces deux essences s'impose afin de mieux refléter la sylviculture multifonctionnelle que le DNF souhaite insuffler dans ces peuplements.
- ▶ Les nouvelles tables de production ont été élaborées grâce à des modèles de croissance en hauteur et en circonférence.

Les auteurs tiennent tout d'abord à remercier les membres du groupe de travail responsables de la mise au point des nouvelles normes : Étienne Gérard, Christian Laurent, Bernard Déom, Jean-Claude Adam, Sami Ben Mena, Dominique Pauwels, Leo Schlembach (DNF) et Benoit Jourez (DEMNA).

Nous remercions également Gauthier Ligot, Samuel Quevauvillers et Olivier De Thier (GxABT) pour le développement du simulateur GYMNOS ainsi que François de Coligny qui nous a aidé à intégrer au sein de la plateforme CAPSIS.

Nous remercions enfin toutes les personnes et les institutions ayant contribué à la constitution des jeux de données utilisés pour mettre au point des nouveaux modèles de croissance et plus particulièrement les équipes techniques de GxABT, le DNF, l'Inventaire Permanent des Ressources Forestières de Wallonie et l'Earth and Life Institute de l'UCL.

Les recherches ont été financées par le Département de la Nature et des Forêts dans le contexte de l'Accord-cadre de recherche et vulgarisation forestières.

Crédits photos. H. Claessens (p. 57, 58 et 63).

Jérôme Perin
Jacques Hébert
Philippe Lejeune
Hugues Claessens
j.perin@ulg.ac.be

Unité de Gestion des Ressources forestières
(ULg-GxABT)
Passage des Déportés 2 | B-5030 Gembloux