



Contrôler par l'éclaircie la composition de la régénération naturelle dans les peuplements résineux en cours d'irrégularisation

Gauthier Ligot¹ | Philippe Balandier² | Sophie Schmitz³ | Sébastien Petit⁴ | Hugues Claessens¹

¹ Gembloux Agro-Bio Tech (ULiège)

² INRAE

³ CRA-W

⁴ Forêt Nature

La gestion par les éclaircies de la lumière dans le sous-bois est un élément déterminant du développement et de la composition de la régénération naturelle en peuplement irrégulier. Ces résultats de recherche montrent toutefois que la gestion de l'éclaircissement n'est pas toujours suffisante pour orienter la composition de la régénération.

RÉSUMÉ

Alors que les peuplements résineux wallons ont traditionnellement été gérés par coupe à blanc et plantations, de plus en plus de propriétaires forestiers se tournent aujourd'hui vers une gestion qui favorise le renouvellement naturel des peuplements tout en maintenant un couvert permanent. Une des clefs de voûte de cette gestion est la maîtrise du développement et de la diversité de la régénération naturelle. Le gestionnaire dispose à ce titre de plusieurs outils et l'un d'entre eux est le contrôle par l'éclaircie de la quantité de lumière disponible dans le sous-bois. L'ouverture du couvert est théoriquement plutôt favorable aux essences dites de lumière alors que la fermeture du couvert est plutôt favorable aux essences d'ombre. Afin de tester cette

hypothèse, nous avons examiné la croissance de semis de différentes essences dans neuf peuplements résineux, en Ardenne. Nos résultats soulignent bien que les espèces d'ombre sont favorisées par le maintien d'un éclaircissement limité. La réciprocité n'est cependant pas toujours vérifiée. Certaines essences d'ombre sont capables de croître plus rapidement tant qu'un couvert permanent est maintenu. C'est notamment le cas du Tsuga. De plus l'impact de différents bio-agresseurs ne doit pas être négligé puisqu'ils peuvent compromettre le succès de régénération d'une essence. À ce titre, les régénérations de douglas semblent aujourd'hui nettement plus sensibles aux différents bio-agresseurs que par le passé.



Les plantations de résineux occupent une place très importante parmi les forêts européennes^{5,19}. En Wallonie, elles représentent 43 % de la surface forestière¹. Ce sont essentiellement des peuplements réguliers purs et équiennes qui sont classiquement exploités par coupes à blanc et renouvelés par plantations. Ces peuplements alimentent une filière économique importante.

Une alternative au renouvellement par coupe à blanc consiste à étaler dans le temps la récolte des arbres arrivés à maturité tout en favorisant le développement de la régénération naturelle. Cette gestion que l'on peut qualifier de sylviculture à couvert continu²⁸ tend généralement vers des peuplements plus hétérogènes en essence et taille des arbres. On parle dès lors d'irrégularisation des peuplements. Cette sylviculture, qui peut être étiquetée « Pro Silva », est de plus en plus encouragée, voire imposée par différents gouvernements nationaux ou régionaux (encart 1). Les motivations sont diverses. L'utilisation de la régénération naturelle permet notamment d'éviter l'investissement d'une plantation qui est apparu au fil du temps un investissement de plus en plus lourd (augmentation des coûts de main d'œuvre) et risqué (déperissements et évolution des prix du bois). Cette sylviculture permet également d'éviter la mise à blanc et son impact important sur les paysages ainsi que dans certains cas sur d'autres services écosystémiques (protection des sols).

L'engouement récent pour cette sylviculture suscite néanmoins de nombreux questionnements. Pour la gestion traditionnelle des plantations de résineux, nous disposons de nombreuses années de recul transcrites dans des normes et des guides sylvicoles très précis (tables de production, par exemple)²³. Par contre, pour les peuplements résineux irréguliers, nous disposons de bien moins de recul et de guides sylvicoles précis. Il semble donc important de continuer d'étudier certains éléments clefs de cette sylviculture dont notamment le développement de la régénération naturelle. D'une part, le bon développement de la régénération naturelle permet de réduire les coûts de renouvellement. D'autre part, si la régénération est diversifiée, et que cette diversité peut être maintenue dans le long terme, alors cette sylviculture peut également augmenter la résistance et la résilience des peuplements face aux aléas futurs³³.

Parmi les facteurs influençant le développement de la régénération naturelle avec une sylviculture à couvert continu, outre l'abrutissement par le gibier, la lumière disponible dans le sous-bois est un facteur limitant et important^{13,21}. C'est en outre un facteur sur lequel le forestier a une certaine emprise puisqu'en dosant la nature et l'intensité de ses éclaircies, il peut ajuster le niveau d'éclaircissement disponible pour

la régénération^{14,15} et ainsi contrôler son développement^{9,13,16,35}, sa composition^{4,12,16,27} et le développement de la végétation compétitrice^{2,10}.

Outre la lumière disponible, de nombreux autres facteurs restent susceptibles d'affecter le développement de la régénération naturelle, tels que la disponibilité en eau ou la présence de bio-agresseurs (maladies, insectes). Le forestier n'a cependant que peu d'emprise sur ces interactions dont l'ampleur pourrait cependant augmenter en parallèle avec les changements globaux.

Afin d'établir des recommandations sylvicoles pour contrôler le développement et la composition de la régénération naturelle, la croissance de semis de différentes essences résineuses a été suivie et mise en relation avec la lumière disponible dans le sous-bois. Notre hypothèse est que la lumière est le facteur le plus limitant du développement de la régénération et que le forestier peut la contrôler pour orienter la composition future du peuplement.

Matériel et méthodes

Sites d'étude

Neuf peuplements ont été choisis pour cette étude. Il s'agit de plantations de résineux de stades de développement et de composition différents (figure 1). Ce sont des plantations d'épicéas commun, de douglas et

Encart 1. La sylviculture à couvert continu des résineux en Wallonie

En Wallonie, depuis octobre 2013, l'administration en charge de la Nature et des Forêts prévoit la mise en place progressive d'une sylviculture à couvert continu dans les forêts domaniales et suggère que cette sylviculture soit également fortement recommandée pour les autres forêts publiques (circulaire n° 2718 du 24 septembre 2013)³¹. Cette sylviculture est alors qualifiée de « Pro Silva » en référence à l'association de forestiers publics et privés du même nom. La circulaire est composée de dix mesures sylvicoles et elle est accompagnée d'un document expliquant davantage l'application de ces mesures³⁰.



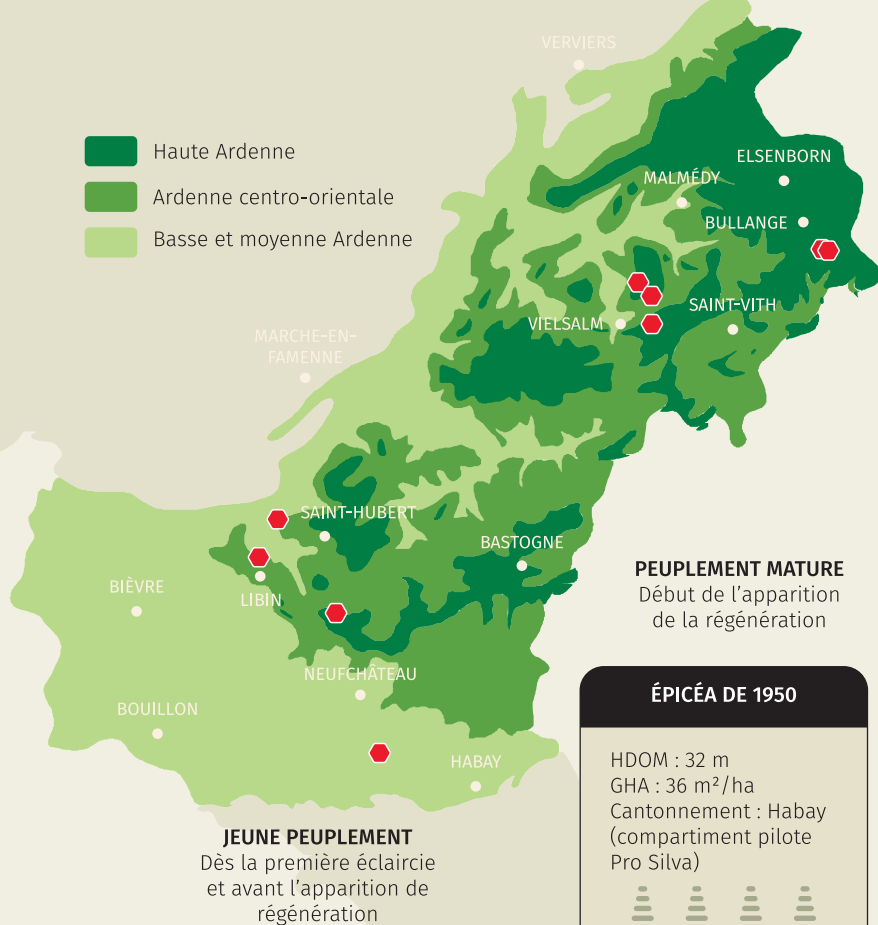
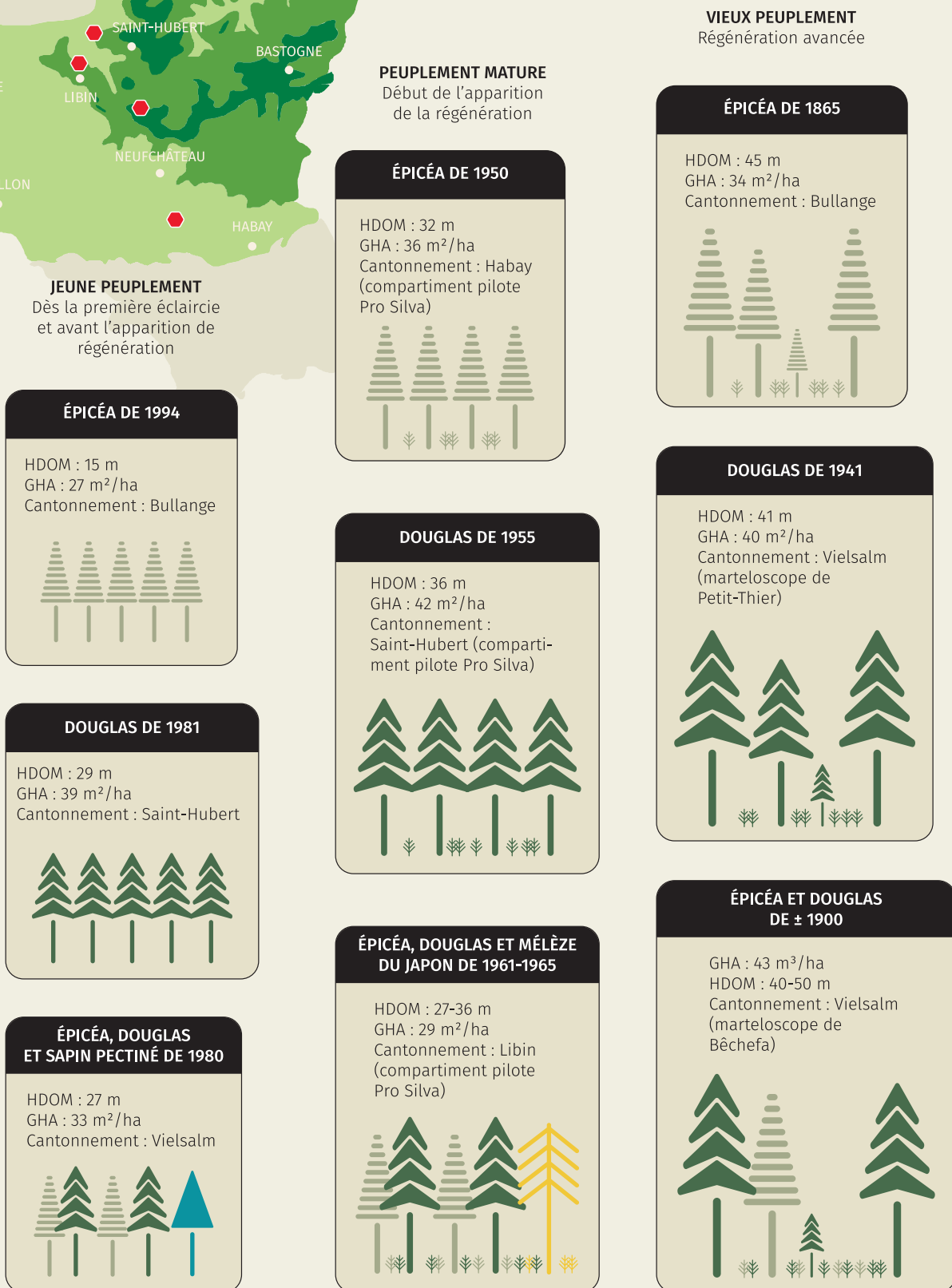


Figure 1. Stade de développement, composition et localisation des peuplements étudiés.



HDOM : hauteur dominante ; GHA : surface terrière.

de mélange des deux espèces avec parfois un peu de sapins pectinés et de mélèzes du Japon. Les peuplements contiennent également du sorbier des oiseleurs, du hêtre, du tsuga hétérophylle et du bouleau en plus petites quantités qui se sont naturellement régénérées sous le couvert des plantations et ont été préservées au cours des exploitations passées.

Tous les peuplements sont situés dans des forêts publiques et sont gérés en maintenant un couvert

continu (au minimum depuis l'installation du dispositif). Ils sont répartis sur le plateau ardennais entre 400 et 620 mètres d'altitude. Les densités de chevreuils et de cerfs, ainsi que les dégâts d'abroustissement associés sont limités. Les sols des sites étudiés sont des sols bruns acides limono-caillouteux de profondeur variable typiques de l'Ardenne. Dans ces conditions, la sylviculture des essences concernées est en adéquation avec les conditions climatiques et pédologiques.

Encart 2. Les bio-agresseurs du douglas

Dans les plantations de douglas de Wallonie, d'importantes défoliations et nécroses associées à plusieurs ravageurs et maladies ont été observées ces dernières années³².

Parmi celles-ci, la **rouille suisse** est une maladie causée par le champignon pathogène *Nothophaeocryptopus gaeumannii* (T. ROHDE) (Ascomycète)³⁸. Ce champignon infecte au printemps les jeunes pousses de douglas et produit après plusieurs mois des fructifications qui émergent des stomates, perturbent la photosynthèse et conduisent à la chute prématurée des aiguilles au cours de l'année suivant l'infection. Il en résulte une défoliation qui affecte davantage les aiguilles les plus anciennes et, en cas de forte

attaque, ne laisse indemnes que les pousses de l'année³⁶. Les dégâts que peut causer ce champignon sur les douglas sont connus depuis longtemps. Cependant, leur ampleur est susceptible d'augmenter à l'avenir avec le réchauffement climatique³⁷.

Plus récemment, des dégâts causés par la **cécidomyie des aiguilles du douglas**, *Contarinia pseudotsugae* S.F. CONDRASHOFF (Diptère), ont été observés en Europe occidentale^{6,9}. Ce petit insecte ravageur originaire d'Amérique du Nord a été découvert pour la première fois en Europe en 2015 par des équipes scientifiques aux Pays-Bas⁷ et en Belgique⁹. Au printemps, les adultes émergent du sol et pondent leurs œufs sur les aiguilles de douglas

pendant le débourrement³. Les larves pénètrent ensuite dans les aiguilles de l'année et provoquent la formation de galles de couleur jaune à violet. Vers le mois de novembre, les larves quittent les galles pour s'enfouir dans le sol et les aiguilles infestées tombent rapidement.

Outre ces problèmes de défoliation, plusieurs champignons pathogènes, tels que **Sirococcus conigenus** (DC.) P. CANNON & MINTER (Ascomycète), **Botrytis cinerea** PERS. (Ascomycète) ou **Sydowia polyspora** (BREF. & TAVEL) E. MÜLL (Ascomycète) sont également connus pour provoquer des nécroses sur les pousses annuelles dans les régénérations et les plantations de douglas.

Semis de douglas très défolié malgré son âge et sa position dans une trouée.



Galles provoquées par la cécidomyie sur des aiguilles de semis de douglas



Présence de nécroses sur des pousses de douglas.



Mesures de la régénération

Dans chacun des sites étudiés, une placette rectangulaire d'un hectare a été installée. Dans ces placettes, tous les arbres de plus de 10 cm de diamètre ont été cartographiés et sont régulièrement mesurés. Dans chaque placette, la régénération a été mesurée dans douze sous-placettes circulaires de 3 mètres de rayon (figure 2). Dans chacune de ces sous-placettes, les trois plus grands semis de chaque espèce ont été sélectionnés afin de mesurer leur hauteur et la lon-

gueur des trois dernières pousses apicales (pousses de 2016, 2017 et 2018). Avec ces mesures, nous avons aussi estimé la hauteur des semis au début des périodes de végétation de 2016 et de 2017 (figure 3).

La régénération étudiée est composée d'épicéa commun, de douglas, de sapin pectiné, de mélèze du Japon et de tsuga hétérophylle. Ce sont des espèces caractérisées par des niveaux de tolérance à l'ombre contrastés. Le tsuga et le sapin sont qualifiés d'essences très

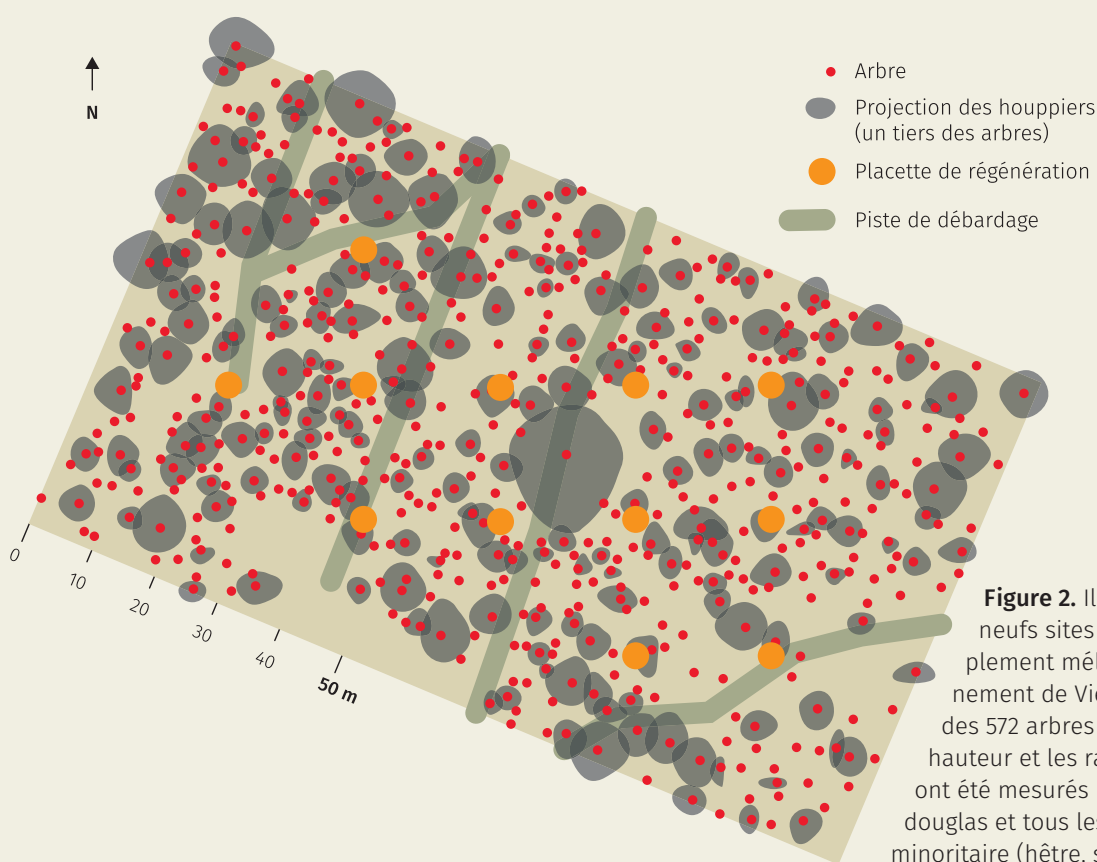


Figure 2. Illustration d'un des neuf sites étudiés (jeune peuplement mélangé, dans le cantonnement de Vielsalm). Le diamètre des 572 arbres a été mesuré puis la hauteur et les rayons de houppiers ont été mesurés pour 133 épicéas, 103 douglas et tous les arbres d'essence minoritaire (hêtre, sapin, mélèze).

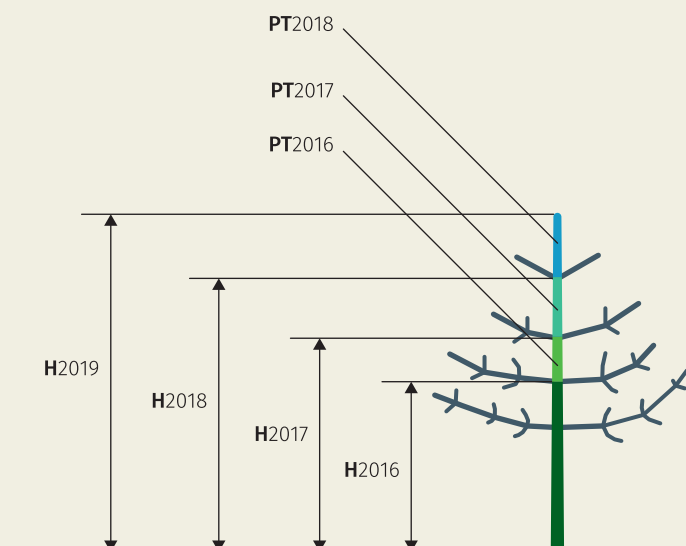


Figure 3. Illustration des mesures effectuées sur les semis : la hauteur des semis au début des différentes périodes de végétation (**H**), les longueurs de pousses annuelles apicales (**PT**). H2019 et H2018 ont le plus souvent été mesurées sur le terrain. H2017 et H2016 ont été estimées à partir des autres mesures.



Figure 4. Illustration d'une photographie hémisphérique (à gauche) et d'un capteur photosensible (à droite) utilisés pour quantifier l'éclairement relatif dans le sous-bois.

tolérantes à l'ombre alors que l'épicéa est considéré comme une essence tolérante et le douglas comme une essence moins tolérante. Le mélèze est, pour sa part, qualifié d'essence intolérante à l'ombre^{22, 29}.

Mesure de l'éclairement relatif

Au centre de chaque sous-placette circulaire, une photographie hémisphérique (figure 4) a été prise pour évaluer l'éclairement relatif, c'est-à-dire le pourcentage de l'éclairement disponible au-dessus de la canopée qui est transmis dans le sous-bois. Ces photographies ont été prises pendant le printemps de 2018. Les mesures ainsi obtenues ont en outre été calibrées à l'aide de mesures prises avec des capteurs photosensibles (figure 4) et corrigées pour tenir compte des éclaircies réalisées entre 2016 et 2018.

État sanitaire de la régénération

Pour toutes les espèces étudiées, nous avons relevé le taux de défoliation de chaque semis³⁶. Pour chaque semis, deux branches secondaires, de minimum 3 ans,

ont été sélectionnées aléatoirement. Le pourcentage d'aiguilles présentes a ensuite été estimé par classe de 10 % pour chaque pousse annuelle âgée de 1 à 3 ans. Ces mesures n'ont pas été effectuées sur les semis de tsuga qui présentaient très peu de défoliation et sur lesquels il nous a paru délicat d'identifier avec certitude les cicatrices de pousses annuelles successives.

En outre, suite aux préoccupations liées à l'état sanitaire du douglas (encart 2), des observations et des analyses supplémentaires ont été effectuées pour évaluer plus en détail les dommages causés par les bio-agresseurs de la régénération de cette essence. Dans chacun des cinq peuplements avec de la régénération avancée de douglas, nous avons échantillonné quinze semis de douglas de 1 à 2 mètres de haut en octobre 2018. Pour chacun de ces semis, cinq pousses annuelles ont été choisies aléatoirement sur une branche secondaire pour estimer le pourcentage d'aiguilles de moins de 1 an tombées ou présentant des galles typiques de celles formées par la cécidomyie du douglas. En complément, une pousse annuelle et une nécrose ont également été prélevées sur chaque semis de douglas sélectionné afin d'identifier en laboratoire la présence de champignons pathogènes.

Tableau 1. Description des semis échantillonnés. Pour chaque espèce, le tableau indique le nombre de sites (N site), le nombre de semis (N semis) et le nombre de mesures de longueur de pousse apicale (N). Les moyennes (ainsi que les minimums et maximums) des valeurs de longueur de pousse apicale (Accroissement), de hauteur de semis et d'éclairage relatif (ER) sont également indiquées pour chaque espèce.

Essence	N sites	N semis	N	Accroissement (cm)		Hauteur (cm)		ER (%)	
				Moy.	Min.-Max.	Moy.	Min.-Max.	Moy.	Min.-Max.
Épicéa	7	227	625	9,0	(0,1-54)	63,6	(0*-395)	14,0	(1,1-43,9)
Douglas	6	128	323	10,6	(0,3-55,1)	86,9	(0*-443,9)	11,7	(2-28,4)
Mélèze	3	56	138	17,3	(1,9-82,6)	77,2	(2,5-199,9)	17,2	(6,8-28,4)
Sapin	4	52	105	7,0	(0,4-36)	48,1	(0*-407)	11,6	(1,7-21,5)
Tsuga	4	48	67	28,4	(7-47,8)	43,5	(1-106,5)	10,7	(4-19,9)

* La hauteur correspond à la hauteur du semis au début de la saison de végétation pendant laquelle l'accroissement analysé a été produit. Pour les semis âgés de moins d'un an, la hauteur initiale est donc nulle.

Résultats et discussion

Description de l'échantillon

Nous avons obtenu au total 1258 mesures de la longueur de la pousse apicale réparties sur 511 individus (tableau 1). Les semis échantillonnés étaient majoritairement des épicéas (n=227) et des douglas (n=128). La hauteur des semis échantillonnés était de maximum 4 à 4,5 mètres de haut pour les épicéas, douglas et sapins ; de 2 mètres pour les mélèzes ; et de seulement 1 mètre pour les tsuga.

Les conditions d'éclairage sont relativement restreintes : de 1 à 40 % d'éclairage relatif (et même moins de 20 % pour le sapin et le tsuga, tableau 1). Bien que cette gamme d'éclairage soit limitée en comparaison à d'autres études^{18, 27, 34}, nous considérons qu'elle représente bien les conditions d'éclairage les plus fréquemment rencontrées dans des peuplements résineux en cours d'irrégularisation car les trouées y sont volontairement de taille limitée³⁰.

Nos analyses reposent également sur des observations correspondant à trois années de croissance : de 2016 à 2018. Conformément aux changements climatiques annoncés pour la région, ces trois années, et 2018 tout particulièrement, ont été des années plus chaudes et plus sèches en comparaison aux observations des dernières décennies.

Dans tous les sites, la régénération est plus diversifiée que le peuplement mère. L'apport de graines provenant de semenciers extérieurs au peuplement est donc manifeste. Le nombre d'espèces en mélange dans la régénération n'est cependant pas un indicateur suffisant pour évaluer si le peuplement futur sera bel et bien diversifié. Il convient d'évaluer plus précisément la compétition entre les différentes essences et leur densité relative.

Modélisation de la croissance

Pour chaque espèce inventoriée, une relation a été établie pour prédire la croissance en hauteur des semis (longueur de la pousse apicale) en fonction de la hauteur initiale du semis et de l'éclairage disponible. La procédure et les résultats de modélisation sont décrits dans un article scientifique¹⁷.

Au terme de cette analyse, l'éclairage dans le sous-bois est apparu une fois de plus comme un facteur clef du développement de la régénération^{13, 20}. La relation retenue n'est toutefois pas linéaire (figure 5). Lorsque l'éclairage est faible, une petite augmentation d'éclairage peut significativement augmenter la croissance des semis. Par contre, lorsque l'éclairage est abondant, une augmentation d'éclairage, même importante, n'augmente pas nécessairement la croissance^{16, 26, 27, 34}. Dans ces conditions, la relation entre la croissance et l'éclairage sature car d'autres facteurs deviennent limitants. Cette analyse nous a également permis d'identifier des différences de croissance entre espèces pour différents niveaux d'éclairage et pour des semis de taille différente.

Lorsque l'éclairage est faible (éclairage relatif de 10 %), toutes les espèces étudiées, sauf le tsuga, présentent des niveaux de croissance comparables ; des semis d'épicéa, de sapin, de douglas et de mélèze de même taille ont, dans ces conditions, des accroissements en hauteur très similaires. Par exemple, pour des semis de 1 mètre de haut sous un éclairage relatif de 10 %, les pousses annuelles de ces quatre espèces sont d'environ 10 cm. Dans ces conditions, ces quatre espèces peuvent donc se développer ensemble sans que l'une d'entre elles ne s'impose largement sur les autres. Cette observation avait notamment déjà été reportée pour l'épicéa et le sapin pectiné dans les Carpates³⁴. Notons néanmoins qu'il conviendra de

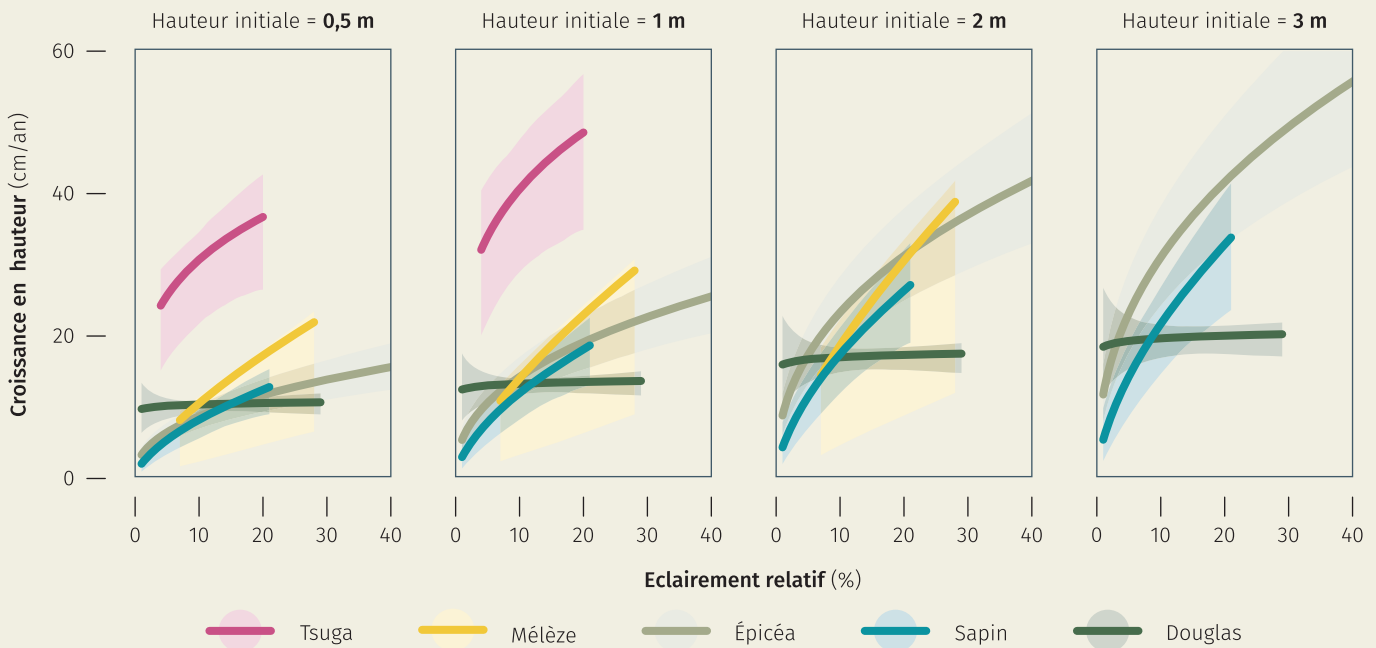


Figure 5. Prédiction de l'accroissement en hauteur de semis en fonction de l'éclairage relatif, de l'espèce et de la hauteur initiale de ces semis. L'intervalle de confiance est illustré en transparence derrière chaque courbe.

combiner ce résultat avec des données de survie des semis pour déterminer pendant combien de temps ces espèces peuvent effectivement coexister avec de tels niveaux d'éclairage.

Lorsque l'éclairage est plus abondant, nous avons observé des différences plus marquées entre les espèces. Il est classiquement admis que les espèces intolérantes à l'ombre se caractérisent généralement par une croissance rapide qui leur permet de concurrencer les arbres voisins dans des environnements très lumineux, tandis que les espèces tolérantes à l'ombre se distinguent par une croissance lente et un faible taux de mortalité qui leur permettent de survivre dans des environnements peu lumineux¹¹. Nos résultats tendent à confirmer partiellement cette généralité. Pour un éclairage relativement abondant (éclairage relatif supérieur à 20 %), les espèces étudiées sont par ordre d'accroissement croissant : le douglas (peu tolérant à l'ombre), l'épicéa (tolérant à l'ombre) approximativement au même niveau que le sapin (très tolérant à l'ombre), et le mélèze (intolérant à l'ombre). Le tsuga (très tolérant à l'ombre) n'est pas repris dans cette liste car il n'a pas été mesuré pour des niveaux d'éclairage relatif supérieurs à 20 %. En extrapolant toutefois les observations, il semble que le tsuga ait une croissance bien supérieure à celle des autres essences même en conditions d'éclairage abondant. Le classement des espèces ne correspond donc pas exactement aux attentes théoriques.

L'accroissement des semis de douglas semble trop faible par rapport aux résultats attendus (voir les explications plus loin) alors que celui des semis de tsuga paraît trop élevé.

Nos observations soulignent également que l'issue de la compétition interspécifique ne dépend pas uniquement de l'éclairage relatif mais également de la taille des semis. Notamment, des semis de mélèze de 50 cm de haut peuvent avoir une croissance supérieure à celles de semis d'épicéa de même taille si l'éclairage relatif est supérieur à 5 %. Pour que les semis de mélèze gardent un avantage compétitif sur les semis d'épicéa, l'éclairage doit par contre être de minimum 10 % pour des semis de 100 cm de haut et de minimum 15 % pour des semis de 200 cm de haut (figure 5). Ce résultat confirme que pour maintenir certaines espèces peu tolérantes à l'ombre, l'éclairage relatif doit augmenter en fonction de la taille des semis afin qu'il garde un avantage compétitif face à d'autres essences plus tolérantes à l'ombre.

La croissance des semis de tsuga est, dans les conditions observées, environ trois fois supérieure à celle des autres espèces étudiées. Sans rentrer dans les détails, notons que la croissance des pousses du tsuga suit un schéma particulier qui peut expliquer les différences observées. Alors que le tsuga fait l'objet d'études pour déterminer s'il doit être considéré comme espèce invasive en Belgique, nos observations

témoignent du caractère très compétitif de cette essence dans les peuplements résineux gérés avec une sylviculture à couvert continu, en Ardenne.

Bio-agresseurs du douglas

L'analyse montre que la croissance des semis de douglas est très faible et n'augmente pas significativement avec l'éclaircissement. Ce résultat est en contradiction avec nos attentes (cf. paragraphe précédent) et avec les résultats d'une étude préliminaire. La croissance de 42 semis de douglas avait été mesurée entre 2009 et 2012 dans deux sites ardennais^{24, 25}. Lors de cette étude préliminaire, les accroissements observés étaient bien supérieurs à ceux de la présente étude et la relation avec l'éclaircissement était bien plus marquée (figure 6). Nous supposons que c'est le résultat des dégâts importants causés par différents bio-agresseurs. Les semis de douglas échantillonnés lors de la présente étude présentaient en effet d'importants niveaux de défoliation et un grand nombre de nécroses. Le taux de défoliation mesuré sur des pousses âgées de 3 ans était en moyenne de 50 % pour les semis de douglas alors qu'ils n'excédaient pas 20 % pour les autres essences. En outre, la croissance des semis de douglas était significativement plus faible sur les individus avec un niveau de défoliation important.

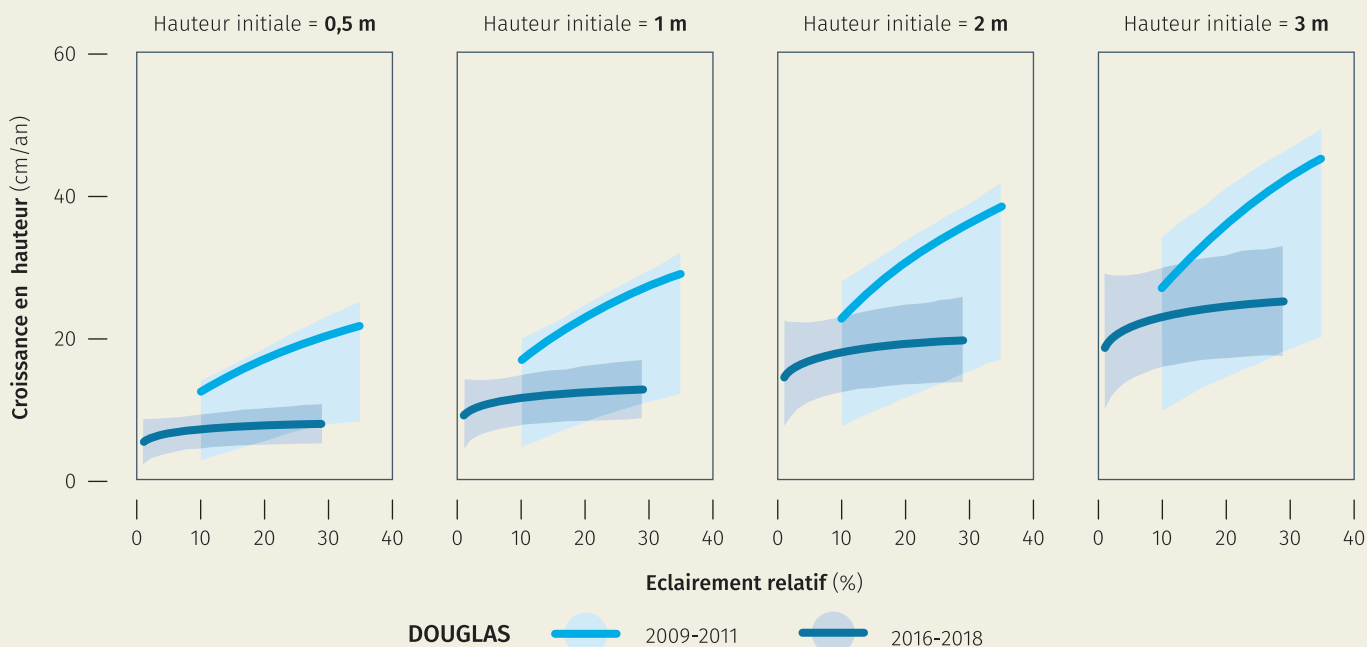
Différents bio-agresseurs, déjà connus pour affecter les jeunes plantations de douglas, ont été observés dans les régénérations de douglas étudiées. Des galles typiques de la cécidomyie du douglas ont notamment été observées sur tous les semis de douglas examinés

et souvent en quantité importante (en moyenne 23 % des aiguilles annuelles présentaient des galles ou étaient déjà tombées). En outre, la présence de rouille suisse a également été détectée dans les cinq sites avec de la régénération de douglas. Enfin, *Sirococcus conigenus* a été identifié sur les nécroses provenant de quatre sites tandis que *Sydowia polyspora* et *Botrytis cinerea* ont été plus rarement rencontrés (dans deux et un sites respectivement). Déterminer la cause principale de ce dépérissement des semis de douglas est difficile puisque nous avons observé simultanément plusieurs bio-agresseurs. Néanmoins, l'impact de la cécidomyie du douglas semble prépondérant étant donné l'abondance des galles observées. La récente introduction de cet insecte en Belgique (encart 2) est donc une hypothèse très plausible permettant d'expliquer les changements actuels de croissance et de vitalité des semis de douglas.

Conclusions

Dans une sylviculture à couvert continu, la gestion par les éclaircies de la lumière dans le sous-bois est un élément déterminant pour contrôler le développement, la survie et la composition de la régénération naturelle qui formera le peuplement futur. En effet, nos résultats soulignent que le maintien d'un éclaircissement très limité (moins de 10 %) est susceptible d'augmenter la proportion d'espèces tolérantes à l'ombre car seules ces espèces survivent dans ces conditions. La réciprocité n'est cependant pas toujours vérifiée.

Figure 6. Comparaison des accroissements en hauteur prédits pour le douglas, pour quatre hauteurs initiales de semis différentes, à partir des observations de cette étude (2016-2018) avec ceux d'une étude préliminaire (2009-2011)²⁴.




POINTS-CLEFS

- ▶ Avec une gestion à couvert continu, promouvoir la régénération d'essences de lumière face à des essences d'ombre à croissance rapide n'est pas toujours possible par le dosage des éclaircies.
- ▶ Tant que les semis sont petits, le maintien d'un éclaircissement finement dosé autour de 10-20 % permet à un grand nombre d'espèces de s'installer sans dominer franchement les autres.
- ▶ Les régénérations de douglas semblent aujourd'hui nettement plus impactées par les différents bio-agresseurs que par le passé et les semis de cette essence deviennent dès lors moins compétitifs que les semis d'autres essences (épicéa).

Un éclaircissement plus abondant mais compatible avec une gestion à couvert continu (20 à 40 %) favorise surtout les espèces à croissance rapide par rapport aux espèces à croissance lente, quelle que soit leur tolérance à l'ombre. Même si les espèces intolérantes à l'ombre ont généralement une croissance plus rapide dans des conditions de forte luminosité, avec une gestion à couvert continu maintenant un éclaircissement inférieur à 40 %, il n'est pas rare que certaines espèces tolérantes à l'ombre comme le tsuga grandissent plus rapidement que les espèces moins tolérantes^{4, 12, 16, 27}. Par conséquent, la gestion de l'éclaircissement n'est pas toujours suffisante pour orienter la composition de la régénération. Nos résultats permettent toutefois d'identifier les situations dans lesquelles une intervention sylvicole est indispensable pour favoriser la régénération de l'une ou l'autre essence.

Par ailleurs, la régénération naturelle de douglas a souvent été décrite comme très vigoureuse et prometteuse. Nous avons mis en évidence que la situation n'est plus aussi favorable aujourd'hui et son évolution mérite d'être suivie. En raison d'une sensibilité accrue à différents bio-agresseurs et en particulier suite à l'émergence de la cécidomyie du douglas, les jeunes douglas, qu'ils soient issus de régénérations naturelles ou de plantations, sont fortement affaiblis. ■

Bibliographie

La bibliographie complète de cet article (38 références) est disponible sur le site foretnature.be, sur la page consacrée à ce numéro 154 de Forêt.Nature 

Les références principales sont toutefois :

- ¹⁷ Ligot G., Balandier P., Schmitz S., Claessens H. (2020). Transforming even-aged coniferous stands to mul-

ti-aged stands : an opportunity to increase tree species diversity ? *Forestry*, doi:10.1093/forestry/cpaa004.

- ²³ Perin J., Hébert J., Lejeune P., Claessens H. (2016). 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. *Forêt.Nature* 139. 
- ²⁴ Petit S. (2012). *Étude de la régénération des douglasaies*. TFE Gestion des forêts et des espaces naturels, Gembloux Agro-Bio Tech, Université de Liège, Gembloux, 80 p.
- ³⁰ Sanchez C. (2013). *La sylviculture Pro Silva en Wallonie : Mesures et recommandations du DNF*. SPW-DGO3, Forêt Wallonne asbl, 60 p.
- ³² Schmitz S., Charlier A., Delahaye L., Chandelier A. (2016). La santé des jeunes plantations de douglas en Wallonie : un état des lieux. *Forêt.Nature* 138 : 56-62. 
- Baar F. (2012). *Le martelage en futaie irrégulière feuillue ou résineuse*. SPW-DGO3, Forêt Wallonne asbl, 60 p. 

Cette recherche a été financée par l'Accord-cadre de recherches et vulgarisation forestières. Nous remercions particulièrement l'ensemble de l'équipe technique (Gestion des ressources forestières, Gembloux Agro-Bio Tech) ayant assuré une grande partie du travail de terrain et plus particulièrement Benoît Mackels et Coralie Mengal. Une partie des données n'aurait pas non plus pu être obtenue sans le travail de fin d'étude de Sevan Rozet. Enfin, ce travail est également le résultat de collaborations avec différents membres du DNF et Christine Sanchez de Forêt.Nature.

Crédits photos. G. Ligot (p. 57, 60 gauche et droite, 62), A. Charlier (p. 60 milieu)

Gauthier Ligot¹

Philippe Balandier²

Sophie Schmitz³

Sébastien Petit⁴

Hugues Claessens¹

gligot@uliege.be

¹ Forest Is Life, Gembloux Agro-Bio Tech, ULiège, Passage des Déportés 2 | B-5030 Gembloux

² INRAE, Unité de Recherches sur les écosystèmes forestiers (EFNO)

Domaine des Barres | F-45290 Nogent-sur-Vernisson

³ Unité santé des plantes et forêts, CRA-W
Rue de Liroux 4 | B-5030 Gembloux

⁴ Forêt.Nature

Rue de la Plaine 9 | B-Marche-en-Famenne



**ACCORD-CADRE RECHERCHES
ET VULGARISATION FORESTIÈRES**

