

FORÊT • NATURE

OUTILS POUR UNE GESTION
RÉSILIENTE DES ESPACES NATURELS

Tiré à part de la revue **Forêt.Nature**

La reproduction ou la mise en ligne totale ou partielle des textes
et des illustrations est soumise à l'autorisation de la rédaction

foretnature.be

Rédaction : Rue de la Plaine 9, B-6900 Marche. info@foretnature.be. T +32 (0)84 22 35 70

Abonnement à la revue Forêt.Nature :
librairie.foretnature.be

Abonnez-vous gratuitement à Forêt.Mail et Forest.News :
foretnature.be

Retrouvez les anciens articles de la revue
et d'autres ressources : **foretnature.be**



Épicéas scolytés : impacts du bleuissement sur les caractéristiques de son bois et sa valorisation industrielle

Jean-Marc Henin¹ | Cécile Lesire² | Caroline Pollet² | Jacques Hébert³ | Benoit Jourez¹

¹ Laboratoire de Technologie du Bois (SPW)

² Geprofor asbl

³ Gembloux Agro-Bio Tech (ULiège)

Au-delà de l'afflux brutal de matière première qu'ils engendrent sur le marché, les scolytes renforcent leur action perturbatrice en inoculant aux arbres qu'ils colonisent des champignons de bleuissement responsables d'une discoloration profonde du bois. Si cette altération a un impact limité sur le matériau bois en lui-même, elle a par contre des répercussions considérables sur les possibilités de valorisation de la ressource.

Représentant

jusqu'il y a quelques années une famille à part entière, la sous-famille des *Scolytinae* compte parmi les ravageurs ayant la plus grande incidence dans les forêts tempérées et boréales de l'hémisphère nord.

Bien que les forêts feuillues puissent être le théâtre de pullulations de ces insectes, c'est principalement dans les forêts de conifères que les scolytes s'illustrent. La majorité des espèces sont d'ailleurs inféodées aux essences résineuses.

Sur base de leur habitat et de leur régime alimentaire, on distingue au sein de ce taxon deux catégories majeures d'espèces¹⁹. La première, qualifiée de xylomycétophage (*ambrosia beetles*), regroupe les espèces dont les larves, vivant dans de petites loges creusées dans le xylème, se nourrissent d'un champignon symbiotique inoculé par les adultes femelles et transporté dans un organe appelé *mycangium*. C'est à cette catégorie d'espèces qu'appartiennent les scolytes qui, il y a deux décennies, se sont illustrés dans le cadre de ce qui fut appelé « la maladie du hêtre »¹⁵. La seconde catégorie, dénommée phloéophage (*bark beetles*), voit les larves se nourrir des tissus sous-corticaux (phloème) au sein desquels elles déterminent des galeries selon un patron typique de chaque espèce. En Europe, l'une des espèces phloéophages les plus connues et les plus préjudiciables à la filière forêt-bois est l'*Ips typographe*, en grande partie responsable des attaques observées en 2018 dans les pessières wallonnes, mais également françaises, allemandes, autrichiennes, tchèques ou italiennes.

En pénétrant en masse dans l'écorce de leur hôte, l'*Ips typographe* met à l'épreuve les capacités de défense de l'arbre. Cette action est en outre renforcée par la colonisation concomitante du milieu sous-cortical par certains champignons ophiostomatoïdes appartenant notamment aux genres *Ceratocystis* et *Ophiostoma*

(groupe des ascomycètes, incluant également les levures). Certaines de ces espèces sont dotées de capacités de croissance remarquables, pouvant atteindre 2 cm par jour longitudinalement au travers des trachéides et du parenchyme³⁰. Ces champignons concourent à l'épuisement des systèmes de défense de l'arbre, facilitant en retour sa colonisation par les scolytes²⁰. KIRISITS¹⁸ cite plus de dix espèces d'ophiostomatoïdes communément et intimement associées à l'*Ips typographe*. Selon différents auteurs cités par SOLHEIM²⁷, la résistance des arbres à ces agents fongiques varie notamment en fonction des conditions climatiques et des saisons ; avec ces dernières évolue également la composition des communautés fongiques inféodées aux scolytes²¹.

Les hyphes et les spores de ces ascomycètes induisent une discoloration du bois qui leur vaut la dénomination de champignons de bleuissement (*blue stain fungi*). Outre cette altération de la coloration, ces agents fongiques qui participent à la mort des arbres y génèrent également des modifications physiologiques qui ont des répercussions non négligeables sur l'usage qui pourra être fait du bois.

Il importe de remarquer que ces agents de discoloration profonde ne doivent pas être confondus avec les agents de discoloration superficielle tels que les moisissures. Ces derniers se développent à la surface de sciages stockés dans des conditions permettant le maintien d'un taux d'humidité élevé compatible avec la germination des spores. Dans ce cas, un simple rabotage (de l'ordre de 2 mm selon la norme ISO 24294) permettra généralement d'éliminer la discoloration superficielle et de retrouver une surface saine. A contrario, les agents de discoloration profonde ne peuvent le plus souvent être éliminés par un simple rabotage et ont sur le matériau bois et sur ses différentes filières de valorisation des incidences notables décrites ci-après.

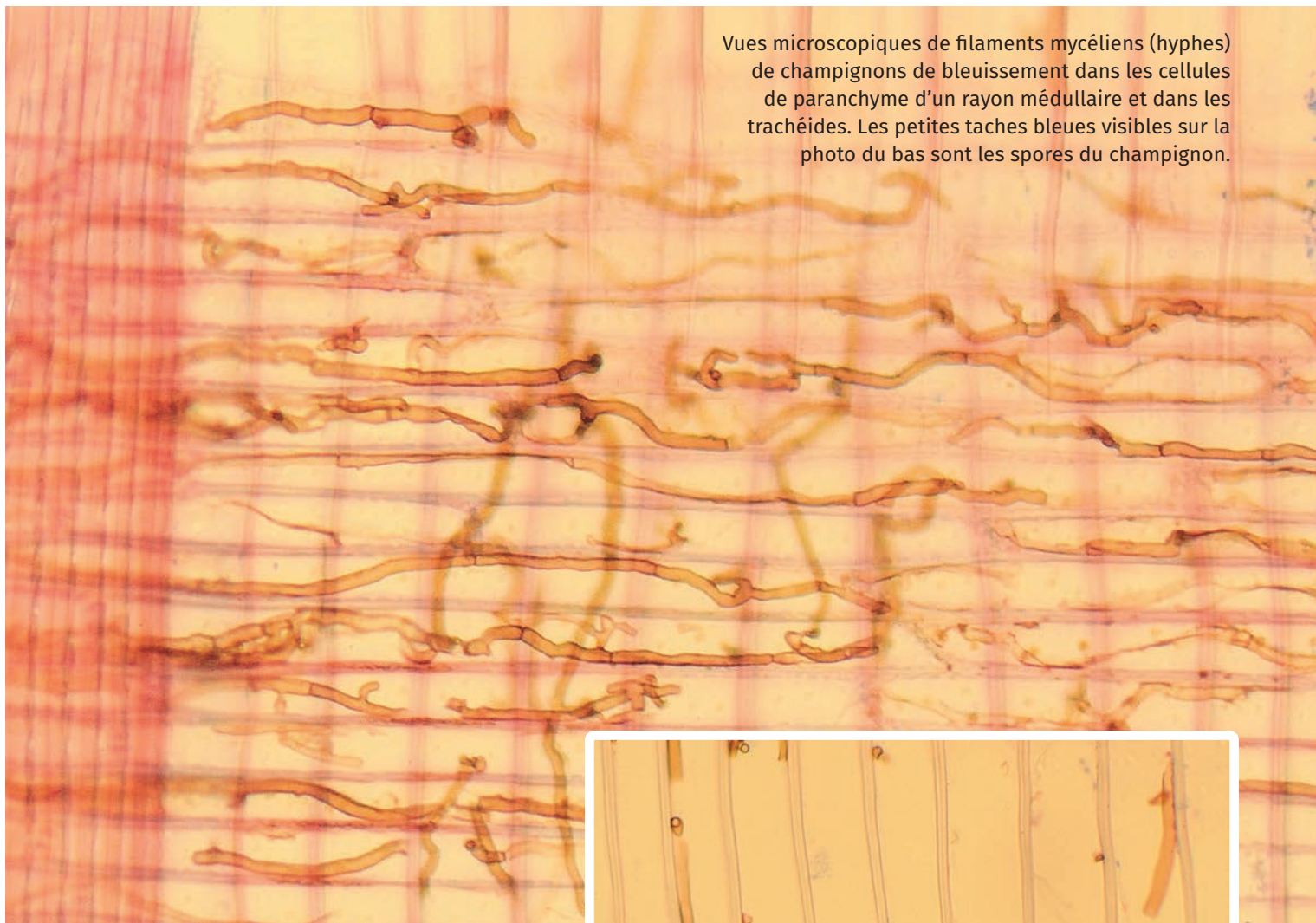
RÉSUMÉ

Les pullulations de scolytes observées en 2018 dans les pessières wallonnes ont engendré l'afflux sur le marché de volumes considérables de bois bleuis. Cette discoloration profonde du bois est la conséquence de l'inoculation par les scolytes de champignons de bleuissement, dont les hyphes se développent à l'intérieur des cellules du bois. Ces champignons ne colonisent toutefois que l'aubier et, puisqu'ils n'altèrent pas la composition chimique des parois cellulaires, leur incidence sur les propriétés technologiques du bois est en pratique faible. Néanmoins, le bleuissement du bois réduit substantiellement les perspectives de transformation du matériau. En effet, pour la majorité des filières de valorisation de l'épicéa, le bleuissement du bois di-

minue l'attrait du produit fini pour le consommateur, voire l'anéantit totalement. Très clairement, ce rejet repose davantage sur des considérations esthétiques que techniques ou de qualité du produit.

Dès lors, si des solutions technologiques telles que l'application d'une peinture ou le traitement à haute température peuvent pallier la discoloration du bois bleui, la valorisation de cette ressource passe également par l'éducation ou l'information du consommateur.

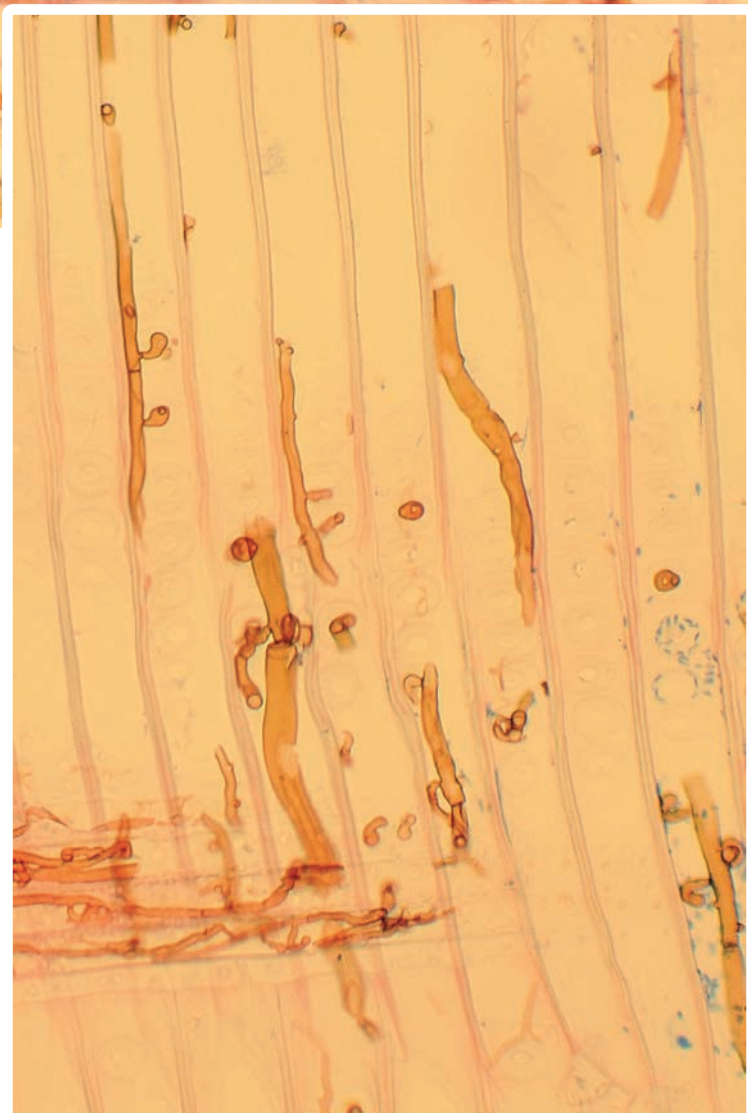
La recherche scientifique a aussi un rôle indéniable à jouer en fournissant un appui aux entreprises de la filière bois.



Vues microscopiques de filaments mycéliens (hyphes) de champignons de bleuissement dans les cellules de parenchyme d'un rayon médullaire et dans les trachéides. Les petites taches bleues visibles sur la photo du bas sont les spores du champignon.

Impacts du bleuissement sur le matériau

Les hyphes des champignons de bleuissement progressent dans le bois par l'intermédiaire des rayons parenchymateux, des canaux résinifères et ultérieurement des trachéides. Toutefois, il importe de remarquer que ces champignons sont incapables de métaboliser les composants structurels du bois que sont la cellulose, les hémicelluloses et la lignine et se limitent essentiellement à exploiter les réserves nutritives accumulées dans les rayons parenchymateux. Si la structure du matériau n'est dès lors pas altérée, les champignons de bleuissement entraînent une dépréciation esthétique indéniable en raison de la couleur qu'ils confèrent au bois. Cette discoloration est due à la présence de dépôts foncés de polymères de mélanine dans les parois des filaments intraligneux du champignon (hyphes) qui, suite à un phénomène de diffraction de la lumière, donnent au bois une couleur allant du gris clair au noir, en passant par différentes nuances de bleu et de brun^{7,18,29}. Les scolytes ne sont pas les seuls vecteurs des spores de champignons



conduisant au bleuissement du bois. Ces spores sont naturellement présentes dans l'air ambiant. Dès lors, le phénomène de bleuissement peut apparaître également après abattage de grumes saines (non infestées par des scolytes) via des zones non protégées par de l'écorce et sur des bois fraîchement sciés lorsque les conditions climatiques y sont favorables (température comprise entre 20 et 30 °C). Avec l'évaporation de l'eau par les surfaces mises à nu, l'humidité du bois décroît et la germination des spores devient plus aléatoire. En absence de réhumidification, les bois séchés n'offrent plus un support colonisable par les champignons : un taux d'humidité inférieur à 20 % permet de protéger naturellement le bois vis-à-vis des champignons lignivores et, dans le cas spécifique des champignons de bleuissement, ce taux est de 30 %¹¹.

Bien que consacrés à des essences ou des souches fongiques différentes, les essais décrits dans la littérature visant à caractériser les propriétés du bois bleui aboutissent à des résultats concordants.

En premier lieu, les agents de bleuissement, en préservant la composition des parois cellulaires du bois, n'entraînent pas de modification de la masse volumique du bois^{1,5,6}. Par conséquent, les propriétés mécaniques telles que l'élasticité (qui se quantifie via le module d'élasticité, *MOE*) et la résistance à la rupture (que traduit le module de rupture, *MOR*) d'un bois bleui sont comparables à celles d'un bois sain : aucune différence significative des propriétés mentionnées n'est observée entre ces deux matériaux^{1,4,5,6,12,13,16}. Seule la résistance au choc du bois (résilience) est impactée par le bleuissement; cet impact augmente par ailleurs avec la durée depuis laquelle le bois est bleui²⁶.

Il est important de signaler que les propriétés mécaniques du bois se mesurent dans le cadre d'essais normalisés. Ces essais sont fréquemment réalisés sur des éprouvettes de petites dimensions (généralement 2 x 2 cm² de section) exemptes de défaut, afin de déterminer les propriétés intrinsèques du bois. A contrario, les sciages aux dimensions d'emploi présentent des défauts tels que des nœuds, des déviations de la pente de fil, des poches de résine, etc. qui peuvent influencer sensiblement les propriétés mécaniques. Sur ces sciages aux dimensions d'emploi, l'incidence du bleuissement et notamment son effet sur la résilience est tout à fait négligeable par rapport à celle des autres défauts du bois^{4,5,23}.

Contrairement aux bois non bleuis qui ont tendance à présenter un nombre réduit de fentes relativement longues, les bois affectés par le bleuissement développent une multitude de micro-fissures^{3,4,5}. Ces dernières ont pour effet d'augmenter la perméabilité du bois bleui, qui profite également de l'ouverture des rayons parenchymateux. Ces phénomènes ont pour conséquence un séchage plus rapide ainsi qu'une meilleure pénétra-

tion des produits de préservation dans le bois bleui¹⁴. Il importe de remarquer que le bleuissement se limite à la périphérie des grumes et des billons, plus précisément à l'aubier, dont les cellules vivantes stockent les matières de réserve. De ce fait, seule l'imprégnabilité de l'aubier se voit améliorée : celle du bois parfait (qui correspond au duramen non différencié de l'épicéa) demeure inchangée. À titre informatif, l'épaisseur moyenne de l'aubier varie approximativement entre 2,5 et 7 cm chez l'épicéa²². L'accroissement de la porosité entraîne également une plus grande perméabilité à l'eau, ce qui accroît le risque d'atteindre plus aisément les conditions d'humidité favorables au développement des champignons lignivores^{5,14,25}. Ceci renforce la nécessité de respecter scrupuleusement les règles de l'art en matière de mise en œuvre et de prévoir si nécessaire un traitement de préservation, notamment pour la classe d'emploi 3 (bois exposé aux intempéries mais sans contact avec le sol) voire pour la classe d'emploi 2 (bois sous abri, protégé des intempéries, mais dont l'humidité relative peut occasionnellement excéder 20 %).

Notons enfin que plus la récolte de l'arbre est tardive après l'attaque par l'*Ips* typographe, plus le risque d'apparition d'échauffure s'accroît. Un bois échauffé est un bois attaqué par un champignon lignivore dont les spores peuvent être dispersées par les larves de scolytes en creusant leur galerie. Chez les résineux, l'agent d'échauffure le plus fréquemment rencontré est *Stereum sanguinolentum*⁸. Contrairement aux agents de bleuissement, ce champignon s'attaque aux éléments constitutifs des parois cellulaires, engendrant une perte de masse et une diminution considérable de la résistance mécanique. On retiendra ainsi que de manière générale une perte de masse comprise entre 5 et 10 % induit une diminution des propriétés mécaniques de 20 à 80 % (la résistance aux chocs étant la plus impactée)¹³. Une mobilisation rapide des bois permet de limiter, voire d'empêcher le développement d'agents d'échauffure, maintenant ainsi la qualité mécanique du bois produit.

Impacts du bleuissement sur les filières de valorisation

Les principales filières de valorisation du bois d'épicéa et les liens qui les unissent sont présentés dans la figure 1.

Ces filières seront examinées dans l'ordre suivant :

- Bois d'œuvre : structure, menuiserie et emballage.
- Bois d'industrie : bois ronds, panneaux et pâte à papier.
- Bois énergie.

Usage en structure

Le Règlement (UE) n° 305/2011 relatif aux produits de construction impose le marquage CE des bois de

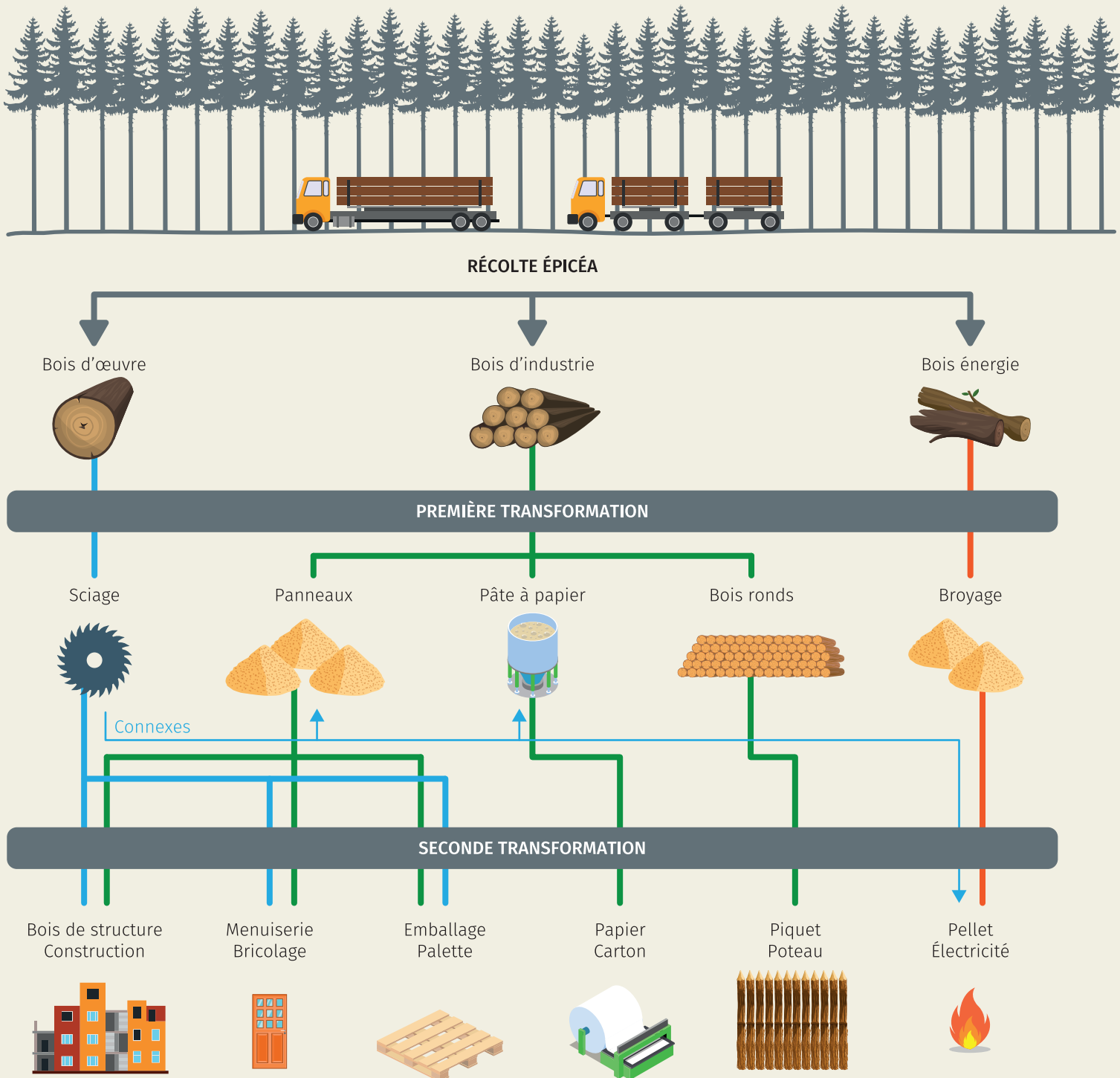


Figure 1. Schéma simplifié de la filière épicéa.

structure. Ces-derniers incluent les bois de charpente et d'ossature, y compris notamment les solives et les lambourdes de plancher. Sur base d'une dizaine de critères (nodosité, largeur des cernes, déformations, poches de résine, etc.) supposés influencer les propriétés mécaniques du matériau, la norme de classement visuel des bois de structure résineux NBN B 16-520²⁴ permet d'affecter les sciages à quatre classes de résistance mécanique.

Compte tenu de l'absence d'impact des champignons de bleuissement sur le module d'élasticité (MOE) et la résistance à la rupture (MOR) des sciages, la NBN B 16-520 autorise le bleuissement de manière illimitée, quelle que soit la classe de résistance mécanique. Pour des raisons esthétiques évidentes, le consommateur rejette toutefois systématiquement les sciages bleuis lorsque ces-derniers restent apparents. Par ailleurs, même dans les « emplois cachés », il est également



D'un point de vue technologique le bleuissement du bois n'altère pas son adéquation pour un usage structurel.

très difficile commercialement de les faire accepter en l'état. Tant pour l'entrepreneur que pour le client final, l'aspect esthétique reste en effet l'élément le plus tangible et il lui associe erronément et de façon presque subliminale une notion de qualité ne correspondant pas à l'usage auquel le bois est destiné.

Dans ce contexte, il est intéressant de remarquer que la Spécification technique unifiée STS 23-1²⁸ « Constructions en ossature bois » préconise l'applica-

tion d'un traitement à la fois insecticide et fongicide à l'épicéa lorsqu'il est utilisé en structure. En effet, sa durabilité naturelle ne suffit pas à prévenir totalement les risques d'attaques biologiques en classe d'emploi 2 ou 3*. Lors de l'application de ces traitements, qui se font par trempage ou autoclavage, un colorant est généralement ajouté à la solution biocide. L'utilisation de colorants adéquats pourrait donc être doublement bénéfique dans un contexte d'usage structurel non apparent, en donnant d'une part l'image d'une garantie de résistance du bois aux dégradations biologiques et en masquant d'autre part une singularité perçue comme un signal de risque d'altération des performances mécaniques.

Il importe de rappeler ici que l'échauffure, qui est un phénomène distinct et potentiellement plus préjudiciable que le bleuissement, peut altérer les propriétés mécaniques du bois : elle n'est dès lors acceptée que dans des proportions limitées et est même exclue des deux classes supérieures de résistance mécanique. C'est pourquoi les bois bleuis doivent faire l'objet d'une attention particulière en vue de détecter d'éventuels signes d'échauffure. Il importe par ailleurs de toujours observer les règles classiques de mise en œuvre et d'exposition des produits finaux, a fortiori pour les bois bleuis¹⁰.



Sciage écarté des principales voies de valorisation en raison d'un bleuissement trop prononcé.

* Qui sont celles de la majorité des éléments de la charpente et de l'ossature, à l'exception des solives pour plancher qui sont en classe d'emploi 1²⁸.

Bois de menuiserie

Ainsi qu'il a déjà été mentionné, l'inconvénient majeur du bois bleui est d'ordre esthétique. De la même façon qu'un client de supermarché choisit les plus belles pommes de l'étalage, la coloration des bois provoque la méfiance des consommateurs en ce qui concerne la qualité et les propriétés du bois⁶, qui voit sa valeur commerciale considérablement réduite pour ce type d'usage. Il est inconcevable pour ces raisons de le mettre en l'état en œuvre en menuiserie intérieure. Des tentatives de commercialisation de bois atteints par des agents de bleuissement ont été menées par le passé afin d'analyser l'attrait d'un marché du bois bleui, mais ces essais se sont avérés infructueux, principalement en raison de la méconnaissance du public quant aux propriétés de ce produit⁵. Dans la perspective d'une mise en œuvre du bois bleui, l'hétérogénéité des teintes liées à la présence des champignons peut être atténuée en sélectionnant des couleurs de finition suffisamment foncées^{4,10}. En comparaison au bois sain, la porosité accrue du bois bleui entraîne une absorption plus importante de peinture ou de colle⁴. Par ailleurs, le bleuissement réduit l'adhérence de la peinture sur le bois⁷.

La plus grande perméabilité du bois bleui facilite également sa réhumidification, rendant les conditions plus propices au développement des champignons lignivores. Cependant, l'aubier bleui s'imprègne plus facilement avec les produits de préservation, qui sont par ailleurs une condition sine qua non pour envisa-

ger une utilisation en extérieur⁴. En comparaison des fentes classiquement observées dans le bois sain, le développement de micro-fissures sur les bois bleuis pourrait être un avantage pour l'apparence et les performances du bois utilisé en extérieur⁴.

Emballage-caisserie

Les agents responsables du bleuissement ne constituent pas une source potentielle de contamination sanitaire pour l'humain¹¹. Le bois bleui pourrait donc théoriquement être utilisé pour l'emballage de produits alimentaires^{4,10}, d'autant que pour ces derniers ce sont souvent des palettes séchées qui sont d'usage. Néanmoins, on constate dans les faits que les utilisateurs de palettes sont très exigeants. À titre d'exemple, des producteurs d'acier destiné à la confection d'emballages alimentaires refusent le bois bleui pour le transport de produits bruts.

L'impact du bleuissement sur les bois d'emballage dépend donc de la nature des marchandises qu'ils transportent ou contiennent. Les biens qui sont normalement stockés à l'abri des intempéries ou qui présentent une valeur marchande relativement élevée seront généralement conditionnés sur des palettes ou dans des caisses exemptes de bleuissement, pour des raisons d'image du produit. Sont généralement dans ce cas les denrées alimentaires, les produits pharmaceutiques, articles électroménagers et high-tech, le papier, etc. A contrario, en ce qui concerne les marchandises de faible valeur unitaire ou qui peuvent



L'application d'une peinture peut permettre de masquer les discolorations du bois.



Il existe des tentatives de mise en œuvre de bois bleui en menuiserie (source : ndcm.be).

être exposées aux intempéries, le bois bleui est bien mieux accepté. Les matériaux de construction tels que tuiles, blocs ou briques font partie de cette catégorie. Bien entendu, le niveau d'exigence des utilisateurs au sein des différentes catégories de marchandises peut varier.

Il est intéressant de noter que, notamment pour des raisons de traçabilité, certains fabricants peignent une partie des palettes qu'ils produisent. Les palettes teintées ou peintes pourraient dès lors permettre d'absorber une partie des bois bleuis et être utilisées dans le transport de marchandises dont l'apparence de l'emballage requiert un niveau d'exigence élevé. Par ailleurs, le transport et le commerce international des bois d'emballage sont soumis au respect de la norme internationale de mesures phytosanitaires NIMP15°. Les palettes, caisses, cageots, bois de calage ou tourets doivent ainsi être conformes à l'un des traitements phytosanitaires approuvés dans la norme NIMP15°. Ces traitements, destinés à prévenir les invasions biologiques d'organismes exotiques potentiellement préjudiciables à la forêt, inactivent les agents tels que les champignons du bleuissement. Moyennant l'application d'un traitement conforme et l'acceptation par le marché, les bois bleuis utilisés dans l'emballage pourraient donc en principe être affectés au commerce international, pour autant que l'humidité de service du bois soit inférieure à 30 %.

Bois ronds

En fonction de l'usage qui sera fait du bois rond, l'impact du bleuissement peut varier légèrement. Les pieux, piquets et autres tuteurs utilisés dans l'horticulture ou la viticulture peuvent présenter un certain degré de bleuissement, ces bois ne constituant généralement pas « une vitrine » pour l'usager. Dans ce cas, la durabilité du bois rond prime généralement sur son aspect. A contrario, lorsque ces bois ronds sont utilisés pour la réalisation de clôtures de parcs et jardins ou de barrières équestres, le client est plus exigeant et l'aspect devient alors un critère important d'acceptation du produit. Il en va de même dans le cas des poteaux de lignes téléphoniques ou électriques, dont la durabilité doit parfois être garantie 25 ans, ce qui impose au vendeur d'offrir un produit d'apparence avantageuse, en dépit du fait que les champignons de bleuissement aient été inactivés non seulement par un éventuel séchage mais également par l'imprégnation dont ils ont fait l'objet. En effet, la grande majorité de ces bois ronds sont utilisés dans des situations correspondant à une classe d'emploi 3 (bois exposé aux intempéries mais sans contact avec le sol) ou 4 (bois en contact permanent avec le sol), ce qui dans le cas de l'épicéa induit la nécessité d'un traitement de préservation. Ce dernier peut consister en une imprégnation à la créosote, qui offre l'avantage de masquer le bleuissement, mais l'utilisation

de ce composé est en passe d'être bannie en Europe. Selon plusieurs industriels, les sels de cuivre également utilisés pour la préservation des bois ronds ont malheureusement tendance à accentuer le contraste entre les zones bleuies et les zones saines du bois. Par ailleurs, l'imprégnation se pratique sur des bois ayant une humidité avoisinant 30 à 40 % (elle est quasi impossible en-deçà de ce seuil), ce qui en cas de stockage prolongé accroît le risque d'échauffement des bois.

Le constat général est donc relativement clair : bien que l'emploi de teintures ou peintures adéquates pourrait a priori changer la donne, les utilisateurs de bois ronds semblent peu enclins à accepter les bois bleuis.

Industries des panneaux

Ainsi que l'indique le titre, il convient de distinguer plusieurs industries du panneau. Les matières premières et processus sont en effet relativement différents selon qu'il s'agit de panneaux OSB, de panneaux de particules ou de panneaux de fibres de moyenne ou haute densité (MDF et HDF). En Région wallonne, ce sont principalement les panneaux de fibres qui sont susceptibles d'être produits à partir de billes ou de plaquettes de bois bleui*.

Par nature, l'industrie du MDF est particulièrement adaptée à l'absorption des bois scolytés : le cahier des charges relatif à l'approvisionnement de la filière MDF spécifie ainsi que le bois doit être « clouable », ce qui a pour but d'éviter les bois échauffés, tout en laissant la porte ouverte aux bois bleuis. Ces derniers peuvent donc constituer une part importante de la matière première, bien qu'une proportion minimale (environ 30 %) de bois sain doive également être intégrée dans les panneaux. En effet, le bleuissement accélère le séchage des bois stockés (qu'il s'agisse de billons ou de plaquettes), ce qui nécessite une adaptation du process, en particulier du dosage des colles. L'intégration de bois bleui est d'autre part sans conséquence sur les propriétés mécaniques des panneaux. Il est également important de signaler que le risque d'apparition d'agents d'échauffure, susceptibles de rendre le bois impropre à la production de panneaux, croît avec l'augmentation de la durée du stockage. Ainsi, alors que les bois sains peuvent être stockés jusqu'à 12 mois dans le parc à grume, cette durée chute à 2 à 3 mois dans le cas des bois bleuis.

En ce qui concerne les panneaux OSB, la situation est comparable à celle des panneaux MDF. D'un point de vue technique, l'utilisation de bois bleui ne constitue

* Il n'existe pas de fabrique de panneaux OSB en Wallonie et les panneaux de particules sont aujourd'hui essentiellement produits à partir de la trituration de bois usagés tels que ceux accumulés dans les déchetteries.



Plaquettes produites dans des bois bleuis destinés à la fabrication de panneaux.

pas un frein majeur, mais la dimension nettement plus importante des plaquettes a un impact esthétique négatif pour le consommateur.

Industrie papetière

Bien que d'autres entreprises produisent du papier à partir de papiers usagés ou de pâte produite à l'étranger (pâte d'eucalyptus originaire du Brésil notamment), la production de pâte à papier à partir de billons ou de plaquettes n'est assurée en Belgique que par deux entreprises : Burgo Ardennes à Virton, qui fabrique de la pâte chimique de bois feuillus, et SAPPI à Lanaken.

L'implantation belge de SAPPI élabore actuellement de la pâte thermomécanique d'épicéa et de feuillus blancs (peuplier, bouleau, frêne et hêtre), à concurrence d'environ 80 et 20 % respectivement. Environ 85 % des plaquettes d'épicéa sont issues de produits connexes de l'industrie du sciage (elles proviennent alors essentiellement de la périphérie des billes) ; le solde (10 à 15 %) résulte de la trituration de petits bois d'éclaircie ou des surbilles* de moyens et gros bois. SAPPI produisant des papiers de haute qualité dont la blancheur doit être garantie (alors qu'il s'agit d'une pâte par nature riche en lignine et encline au jaunissement), les contraintes au niveau des agents de blanchiment ne permettent l'utilisation que d'une proportion limitée de bois bleuis. En effet, les eaux

usées de l'entreprise sont, en fin de processus et après épuration, rejetées dans le canal Albert. L'afflux massif de bois scolytés pose donc un problème d'approvisionnement considérable à la filière papetière. Par ailleurs, comme pour l'industrie du MDF, le bleuissement a également un impact négatif sur la durée potentielle de stockage des plaquettes.

Bois énergie

L'utilisation de bois bleui pour la production de bois énergie reste tout à fait envisageable. ZAINI *et al.*³² ont étudié des pellets obtenus à partir de *Pinus concorta* bleui. Il en ressort que le pouvoir calorifique et la densité de ces derniers sont tout-à-fait comparables à ceux caractéristiques de pellets produits à partir de bois sains.

Conclusion et perspectives

En n'altérant pas la composition des parois cellulaires du bois, les agents de bleuissement n'affectent pas les propriétés physico-mécaniques du matériau bois. En conséquence, la majorité des voies de valorisation de l'épicéa ne devraient donc pas, d'un point de vue technologique, être compromises par le bleuissement du bois. Par manque d'information et pour des raisons esthétiques, les utilisateurs demeurent néanmoins extrêmement réfractaires à l'utilisation de cette ressource dont l'afflux soudain perturbe sévèrement les différentes filières de valorisation, qui sont par ailleurs intimement interconnectées. Ainsi, le bleuissement du bois compromet son accès au

* Billes situées au-dessus de la bille de pied. Celle ayant la plus petite section dans une grume est qualifiée de surbille de tête ou dernière surbille.

marché de la structure – y compris dans les emplois cachés –, ainsi que d'une partie significative de l'emballage et du bois rond (piquets, poteaux, pilots, etc.). Compte tenu des spécificités de cette filière au niveau national, le bleuissement du bois d'épicéa limite aussi son utilisation dans la production de pâte à papier en Belgique.

Il apparaît ainsi que, parmi les produits en bois ou à base de bois, le panneau de fibres est probablement en Wallonie le matériau le moins affecté par l'afflux de bois bleuis. La capacité d'absorption de cette filière n'est cependant pas extensible et la période de stockage des bois bleuis, qui ne doit pas excéder un trimestre, est problématique. Dans ces conditions, la filière bois-énergie pourrait également assimiler une partie non négligeable du volume de bois bleui.

Le défi qui se présente à la filière wallonne de l'épicéa est donc de taille. Certains procédés pourraient permettre de valoriser une partie des bois bleuis aujourd'hui dénigrés par des filières demandeuses de « bois blancs ». L'application d'une peinture ou teinture peut être envisagée pour une partie des bois de structure, des bois ronds et des bois d'emballage. Parce qu'il confère aux bois traités une couleur brun-chocolat, le traitement thermique, qui consiste à élever sa température au-delà de 180 °C dans une atmosphère dépourvue d'oxygène, pourrait également permettre la valorisation des bois bleuis en leur donnant une teinte homogène. L'impact de ce traitement sur les propriétés mécaniques du bois n'est cependant pas anodin. Cette solution nécessiterait dès lors la caractérisation des propriétés et aptitudes de l'épicéa thermotraité, qui pourrait voir s'ouvrir à lui de nouvelles voies de valorisation.


Néanmoins, au vu de l'étendue des attaques de scolytes récemment mise en évidence par l'Unité de gestion des ressources forestières de Gembloux Agro-Bio Tech³³, les différentes filières de transformation de l'épicéa pourraient vraisemblablement être rapidement confrontées à la difficulté d'absorber l'afflux de bois bleuis. Dans ces conditions, ces filières pourraient être amenées ultérieurement à valoriser des bois secs (sur pied ou abattus) : les transformateurs wallons doivent sans doute s'y préparer. Les filières nord-américaines de transformation des résineux ont déjà dû faire face à une telle situation eu égard aux pullulations de scolytes à des échelles inédites observées par le passé. Diverses études initiées dans ce contexte ont démontré que ces bois conservent, même après plusieurs années, un certain potentiel de valorisation pour la trituration³¹ et même, dans certains cas, pour la structure².

À côté de ces solutions et constats qui mettent en évidence la nécessité de promouvoir des projets de

recherche en ce domaine, un travail conséquent de communication doit également être réalisé auprès des utilisateurs du bois (entrepreneurs, architectes, consommateur...) en vue de les rassurer et de les informer objectivement quant aux propriétés du bois bleui. ■

Bibliographie

- ¹ **Administration des Eaux et Forêts du Ministère de l'Agriculture** (1941). Le bleuissement du bois des résineux. *Annales de l'école nationale forestière* bull. n° 27, tome VIII, fascicule 1 : 1-7.
- ² **Barrette J., Pothier D., Duchesne I.** (2015). Lumber and wood chips properties of dead and sound black spruce trees grown in the boreal forest of Canada. *Forestry* 88 : 108-120.
- ³ **Byrne T.** (2003). *Characterising the properties of wood containing beetle-transmitted bluestain : background, material collection, and summary of findings*. British Columbia.
- ⁴ **Byrne T.** (2003). Properties of lumber with beetle-transmitted bluestain. *Wood Protection Bulletin*, Forintek Canada Corp.
- ⁵ **Byrne T., Stonestreet C., Peter B.** (2006). *Characteristics and utilization of post-mountain pine beetle wood in solid wood products. The mountain pine beetle : A synthesis of biology, management, and impacts on lodgepole pine*. Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Pacific Forestry Centre, 233-253.
- ⁶ **Dimou V., Kaziolas D. N., Zygomalas I., Avtzis N.** (2017). Influence of biotic factors on the mechanical properties of wood, taking into account the time of harvesting. *Wood Material Science & Engineering* 12(3) : 140-148.
- ⁷ **Dirol D.** (1984). *Le bleuissement des bois par les champignons*. Dossier « Les champignons », C.T.B., Paris.
- ⁸ **Dirol D.** (1984). *Les échauffures*. Dossier « Les champignons », C.T.B., Paris.
- ⁹ **FAO** (2013). *Normes internationales pour les mesures phytosanitaires n° 15 (NIMP15). Réglementation des matériaux d'emballage en bois utilisés dans le commerce international*. 26 p.
- ¹⁰ **FCBA/FIBA** (2010). *Bleuissement : un agent naturel de coloration du bois*.
- ¹¹ **FCBA/SYPAL** (2016). *Bleuissement et moisissures sur les palettes et emballages en bois*. Note d'information technique, 4 p. 
- ¹² **Findlay W. P. K., Pettifor C. B.** (1937). The effect of sapstain on the properties of timber. I. Effect of Sap-stain on the Strength of Scots pine Sapwood. *Forestry* 11(1) : 40-52.
- ¹³ **Green D. W., Winandy J. E., Kretschmann D. E.** (1999). *Mechanical properties of wood. Wood handbook: wood as an engineering material*. Madison, WI : USDA Forest Service, Forest Products Laboratory, General technical report FPL ; GTR-113 : 4.1-4.45.

- ¹⁴ **Highley T. L.** (1999). *Biodeterioration of wood. Wood handbook: wood as an engineering material*. Madison, WI : USDA Forest Service, Forest Products Laboratory, 1999. General technical report FPL ; GTR-113 : 13.1-13.16.
- ¹⁵ **Huart O., Rondeux J.** (2001). Genèse, évolution et multiples facettes d'une maladie affectant le hêtre en région wallonne. *Forêt Wallonne* 52 : 8-19.
- ¹⁶ **Humar M., Vek V., Buc'ar B.** (2008). Properties of blue-stained wood. *Wood Industry/Drvna Industrija* 59(2).
- ¹⁷ **ISO 24294** (2013) : Bois. Bois ronds et bois sciés. Vocabulaire.
- ¹⁸ **Kirisits T.** (2004). Fungal associates of European bark beetles with special emphasis on the Ophiostomatoïd fungi. In Lieutier et al. (Ed) : *Bark and Wood Boring Insects in Living Trees in Europe, a Synthesis*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Pays-Bas, p. 181-235.
- ¹⁹ **Knizek M., Beaver R.** (2004). Taxonomy and systematics of bark and ambrosia beetles. In Lieutier et al. (Ed) : *Bark and Wood Boring Insects in Living Trees in Europe, a Synthesis*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Pays-Bas, p. 41-54.
- ²⁰ **Lieutier F., Yart A., Salle A.** (2009). Stimulation of tree defenses by Ophiostomatoïd fungi can explain attack success of bark beetles on conifers. *Ann. For. Sci.* 66(8) : 801-823.
- ²¹ **Linnakoski R., Mahilainen S., Harrington A., Vanhanen H., Eriksson M., Mehtätalo L., Pappinen A., Wingfield M.J.** (2016). Seasonal succession of fungi associated with *Ips typographus* beetles and their phoretic mites in an outbreak region of Finland. *PLoS ONE* 11(5). 
- ²² **Longuetaud F., Mothe F., Leban J.-M., Mäkelä A.** (2006). Picea abies sapwood width : Variations within and between trees. *Scandinavian Journal of Forest Research* 21 : 41-53.
- ²³ **Lum C., Byrne T., Casilla R.** (2006). Mechanical properties of lodgepole pine containing beetle-transmitted blue stain. *Forest Products Journal* 56(6) : 45-50.
- ²⁴ **NBN B 16-520** (2009). *Classement visuel du bois de structure à section rectangulaire*. Bureau de normalisation, Bruxelles, 25 p.
- ²⁵ **Sandberg K.** (2009). *Norway spruce heartwood: properties related to outdoor use* (Doctoral dissertation, Luleå tekniska universitet).
- ²⁶ **Sinclair S. A., McLain T. E., Ifju G.** (1979). Toughness of sap-stained southern pine salvaged after beetle attack. *Wood & Fiber Science* 11(1) : 66-72.
- ²⁷ **Solheim H.** (1988). Pathogenicity of some *Ips typographus*-associated blue-stain fungi to Norway spruce. *Communications of the Norwegian Forest Research Institute* 40(14) : 1-11.
- ²⁸ **STS 23-1** (2015). *Constructions en ossature bois*. SPF Economie, P.M.E., Classes moyennes et Énergie, Bruxelles, 96 p.
- ²⁹ **Uzunovic A., Byrne T., Gignac M., Dian-Qing Y.** (2008). *Wood Discolourations and their Prevention*. FP Innovations, Canada.


POINTS-CLEFS

- ▶ D'un point de vue technologique, les bois bleus offrent des possibilités de valorisation similaires à celles des bois sains.
- ▶ Le principal frein à l'utilisation des bois bleus tient essentiellement aux réticences des consommateurs, guidés par des considérations esthétiques.
- ▶ Des efforts de recherche et de communication envers les utilisateurs sont nécessaires pour faciliter la valorisation de cette ressource.

³⁰ **Uzunovic A., Webber J.F.** (1998). Comparison of blues-tain fungi grown in vitro and in freshly cut pine billets. *European Journal of Forest Pathology* 28(5) : 323-334.

³¹ **Werner R.A., Elert E.E., Holsten E.H.** (1983). Evaluation of beetle-killed white spruce for pulp and paper. *Can. J. For. Res.* 13(2) : 246-250.

³² **Zaini P., Sokansanj S., Bi X., Lim C. J., Mani S., Melin S., Kadla J.** (2008). Density, heating value, and composition of pellets made from lodgepole pine (*Pinus contorta* DOUGLAS) infested with mountain pine beetle (*Dendroctonus ponderosae* HOPKINS). *Canadian Biosystems Engineering* 50 : 3.47-3.55.

³³ **Gemboux Agro-Bio Tech** (2019). *Localisation d'épicéas scolytés ou dépérissants*. Site internet Gemboux Agro-Bio Tech (ULiège). 

Nous remercions toutes les personnes de la filière-bois (dans les secteurs du sciage, de l'emballage, du papier, du panneau, de l'imprégnation, des bois ronds...) qui ont eu l'amabilité de témoigner leur regard sur la crise en question, ainsi que François De Meersman, Secrétaire général de la Confédération belge du Bois, pour sa relecture. Nous remercions également Sylvianne Sliwinski (LTB) et Yannick Delzant (asbl Geprofor) pour les coupes et photos microscopiques ainsi que Adnan Uzunovic (FPInnovations) pour la photo de bois de structure bleuis.

Crédits photos. F. De Meersman (p. 31 et 36 bas), Y. Delzant (p. 33), A. Uzunovic (p. 36 haut), LTB (p. 37 gauche et 39), NDCM (p. 37 droite).

Jean-Marc Henin¹

Cécile Lesire²

Caroline Pollet²

Jacques Hébert³

Benoît Jourez¹

jeanmarc.henin@spw.wallonie.be

¹ Laboratoire de Technologie du Bois (SPW)
Avenue Maréchal Juin 23 | B-5030 Gembloux

² Geprofor asbl
Passage des Déportés 2 | B-5030 Gembloux

³ Gembloux Agro-Bio Tech (ULiège)
Passage des Déportés 2 | B-5030 Gembloux