



Le traitement phytosanitaire du bois dans le cadre de la prévention des invasions biologiques

Jean-Marc Henin¹ | Benoit Jourez¹ | Jacques Hébert²

¹ Laboratoire de Technologie du Bois (SPW)

² Gembloux Agro-Bio Tech (ULiège)

Dans le cadre de la prévention des invasions biologiques et de la protection des forêts, le Laboratoire de Technologie du Bois (LTB), en partenariat avec l'Axe de Gestion des Ressources forestières de Gembloux Agro-Bio Tech (GABT), a mené à bien plusieurs recherches portant sur des méthodes de traitement phytosanitaire du bois. Nous présentons ici un aperçu de deux études consacrées à l'éradication d'organismes nuisibles potentiellement présents dans les bois d'emballage et les plaquettes de bois.



Le bois et ses dérivés, sources d'invasions biologiques

Depuis le 15^e siècle, le rythme d'introduction d'organismes exotiques présente partout dans le monde une croissance exponentielle ; avec l'augmentation des activités humaines de transport et de commerce, il s'est accéléré depuis la seconde moitié du 20^e siècle^{28, 27}. À titre d'exemple, dix-sept nouvelles espèces d'insectes ont en moyenne été enregistrées annuellement sur le territoire européen entre 2000 et 2007 : cette fréquence correspond au double de celle observée entre 1950 et 1974. D'autre part, parmi environ douze mille espèces exotiques relevées sur le territoire de l'Union européenne en 2008 (tous taxons confondus), de 10 à 15 % d'entre elles ont acquis un caractère envahissant². Mettant en péril certains écosystèmes, communautés ou espèces animales et végétales, certaines filières de production agricoles ou horticoles, activités économiques, voire la santé humaine, les espèces exotiques envahissantes (EEE) constituent une menace multiple dont les impacts ne cessent de croître³¹. Au cours des vingt dernières années, la gestion des EEE aurait coûté annuellement plus de 12 milliards d'euros à l'Union européenne⁶. Les montants relatifs à la fois aux pertes inhérentes aux activités des EEE et aux dépenses liées à leur confinement ou éradication en Wallonie sont tout aussi impressionnants³.

En ce qui concerne les menaces qui pèsent sur les écosystèmes forestiers, les grumes et certains produits issus de la transformation du bois (sciages et plaquettes) sont connus pour être, à des degrés divers, des sources potentielles de contaminations phytosanitaires²¹. Les bois d'emballage notamment, majoritairement produits à partir de bois de faible valeur économique (billes et surbilles de qualité médiocre, sciages impropres à des usages plus nobles...), constituent un vecteur notoire d'organismes exo-

RÉSUMÉ

Les invasions biologiques constituent une menace de premier ordre pour les forêts du monde entier. Leur intégrité et leur persistance peuvent être mises à mal par l'introduction fortuite d'espèces exotiques envahissantes. Nombre de ces dernières ont été et sont encore potentiellement disséminées d'un continent à l'autre via divers produits en bois, parmi lesquels on peut citer les bois d'emballage ou les plaquettes de bois (*chips*). Dans ce contexte, le Laboratoire de Technologie du Bois (LTB) et l'Axe de Gestion des Ressources forestières de Gembloux Agro-Bio Tech (GABT) ont contribué à la mise au point de processus originaux de traitement phytosanitaire du bois. S'appuyant notamment sur un élevage de capricornes des maisons (Coléoptère longicorne) unique en Belgique, les recherches décrites ici ont permis d'améliorer

la compréhension du chauffage par micro-ondes de palettes et de valider, en collaboration avec un partenaire industriel wallon, un four de traitement de plaquettes de bois. L'importance économique du secteur de l'emballage est telle que la production annuelle de palettes en bois est considérée comme un indicateur de l'activité marchande d'un pays ou d'une région. Par ailleurs, qu'elles soient destinées à la production de papier, de panneaux ou d'énergie, l'importance des mouvements intercontinentaux des plaquettes en bois est à la mesure du risque phytosanitaire qu'elles représentent. Ainsi qu'en atteste leur intégration dans les normes internationales, les résultats présentés ici ont une portée qui dépasse largement les frontières de la Wallonie.

tiques forestiers et, partant, une source d'invasions biologiques^{5, 11, 12, 18}. En effet, le délai entre l'abattage des arbres, leur transformation et leur mise en œuvre pour la confection des emballages est généralement relativement court : il n'est donc pas rare qu'un organisme qui a débuté son cycle de vie dans l'arbre sur pied le termine dans le produit fini. Un constat identique s'applique aux bois déchetés ou broyés utilisés pour la fabrication de panneaux, de papier ou dans une filière énergétique et qui, à côté des bois d'emballage, représentent également des vecteurs potentiels de ravageurs et de pathogènes forestiers.

Parmi les organismes et maladies ayant été ou étant régulièrement disséminés via le bois – qu'il ait subi une première transformation ou pas – figurent notamment :

- La graphiose de l'orme : le transport de bois contaminé par les champignons ascomycètes *Ophiostoma ulmi* et *O. novo-ulmi* a été à l'origine de dramatiques invasions biologiques qui ont décimé les populations de plusieurs espèces d'ormes^{4, 26}. Transmise par l'intermédiaire de scolytes, la graphiose s'est disséminée à travers les continents eurasiatique et nord-américain lors de deux vagues d'attaques durant le 20^e siècle.
- Le nématode du pin (*Bursaphelenchus xylophilus*) : originaire d'Amérique du Nord, ce ver microscopique a été introduit dans plusieurs régions du monde (notamment au Japon, dans le sud-est asiatique et plus récemment dans la péninsule ibé-

rique) où il a engendré des mortalités considérables dans les peuplements de diverses espèces de pins et perturbé sévèrement les filières industrielles qui en dépendent^{8, 23, 32}.

- Le longicorne asiatique (*Anoplophora glabripennis*) : après avoir vu ses populations exploser en Chine dans les années '80, a été involontairement exporté en Amérique du Nord et en Europe¹³. Capable d'attaquer des tiges dont le diamètre varie de 5 cm à plus de 100 cm²⁹, cette espèce hautement polyphage fait peser une menace sévère sur les peuplements d'érables, de bouleaux, mais également sur les peupliers, les saules, les marronniers, les platanes et d'autres essences encore^{24, 29}.
- D'innombrables espèces de scolytes : en 2001 le nombre d'espèces exotiques de scolytes naturalisées en Amérique du Nord était au moins égal à cinquante¹¹. Sur près de sept mille interceptions de scolytes (provenant de plus de cent pays différents !) répertoriées dans environ cent ports des États-Unis de 1985 à 2000, trois quart étaient liées aux bois d'emballage¹¹.

Il est généralement admis qu'une fois qu'une espèce exotique s'est naturalisée dans son nouvel environnement*, son éradication est extrêmement difficile³³, d'autant que cette population n'est parfois détectée ou

* C'est-à-dire qu'il y a établi une population stable ne nécessitant plus l'apport de gènes externes³¹.

L'intensification et l'accélération des échanges intercontinentaux induisent une utilisation croissante de bois d'emballage. Ces derniers peuvent véhiculer des espèces exotiques envahissantes (EEE) qui, une fois introduites dans des forêts exotiques, peuvent engendrer des invasions biologiques (EEE illustrées : le longicorne *A. glabripennis* et le nématode *B. xylophilus*).



ne devient problématique que plusieurs années ou décennies après son introduction²². En conséquence, le moyen le plus efficace pour prévenir les invasions biologiques liées au transport du bois est d'empêcher l'exportation de ravageurs xylophages et de pathogènes forestiers en appliquant aux produits ligneux susceptibles de les véhiculer un traitement phytosanitaire.

Fort de son expérience en la matière, le Laboratoire de Technologie du Bois (LTB) du SPW a conduit, en partenariat avec l'Axe de Gestion des Ressources forestières de Gembloux Agro-Bio Tech (GABT), plusieurs recherches consacrées au traitement phytosanitaire des bois d'emballage et des plaquettes. Ces expérimentations et leurs résultats, dont la portée dépasse largement les frontières de la Wallonie, sont décrits dans la suite de cet article.

Le traitement par micro-ondes des bois d'emballage

Dans le but de prévenir les invasions biologiques, la FAO (Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture) impose au niveau international des mesures phytosanitaires à divers produits et marchandises susceptibles de véhiculer des EEE. En particulier, la norme internationale de mesures phytosanitaires n° 15 (NIMP15, ou ISPM15 en anglais) détermine les exigences relatives aux bois d'emballage¹⁰. Ces derniers regroupent les palettes, bois de calage, tourets de câbles, caisses, caissettes et cageots, tonneaux, etc. Seuls les traitements sanitaires approuvés dans la NIMP15 permettent aux bois d'emballage d'accéder au transport outre-mer* : ils sont soit chimiques (les emballages sont exposés par fumigation à un composé toxique), soit physiques. Parmi ces derniers, le « traitement à la chaleur » (en anglais *heat treatment*, ou *HT*) nécessite d'exposer les bois d'emballage à un flux d'air chaud ou de vapeur qui permet d'élever leur température jusqu'à un seuil déterminé. Pour être conforme à la NIMP15, ce traitement doit garantir l'obtention d'une température supérieure ou égale à 56 °C au cœur du bois pendant au moins 30 minutes. Une fois le bois traité, il peut être marqué du sceau *HT* assurant qu'il répond aux exigences de cette norme.

Si l'efficacité de ce traitement ne fait aucun doute, il est néanmoins aisé de comprendre qu'élever de plusieurs dizaines de degrés la température d'un matériau par ailleurs reconnu comme isolant thermique ne va pas sans poser de problèmes. Dans certaines conditions (palette à plus de 25 % d'humidité, température initiale ≤ 10 °C et étuve à 60 °C), le temps de chauffage nécessaire à l'obtention des conditions imposées dans la NIMP15 peut ainsi excéder 10 heures, ce qui représente des coûts énergétiques et financiers considérables.



En haut : palettes immobilisées en vue d'être traitées thermiquement afin de pouvoir être exportées outre-mer.

En bas : après le traitement thermique, le marquage NIMP15 peut être appliqué (*HT* : *Heat treatment*).

* En notant que certaines catégories de bois d'emballage sont exemptées de traitement. Cela comprend notamment les bois de moins de 6 mm d'épaisseur (boîtes à fromage, bourriches d'huître, cageots de légumes, boîtes de cigares...) et ceux dont la fabrication inclut un traitement thermique (cas de certains tonneaux) ou un pressage/collage qui garantit l'absence d'organismes vivants (c'est le cas des dés en bois aggloméré utilisés dans les palettes, ainsi que de tous les panneaux ou parties de panneaux).



Le four-tunnel utilisé permet un approvisionnement continu en planches. On visualise sur l'écran de contrôle une planche qui entre dans le four (en orange), sa température de surface et les trois magnétrons activés (en vert).

Dans ce contexte, le LTB et GABT ont contribué à la mise au point d'une méthode alternative de traitement phytosanitaire des bois d'emballage. Cette méthode s'appuie sur le fait que, contrairement au chauffage par conduction, dans lequel la chaleur progresse lentement de la périphérie vers l'intérieur du bois, certaines ondes électromagnétiques offrent l'avantage de pénétrer instantanément et parfois profondément à l'intérieur du matériau. Ainsi, à la fréquence de 2,45 GHz (fréquence utilisée dans les fours à micro-ondes ménagers), la profondeur de pénétration des micro-ondes dans le bois est de l'ordre de quelques centimètres*. Lorsque la fréquence diminue (ce qui implique automatiquement une augmentation de la longueur d'ondes), la profondeur de péné-

tration augmente ; elle peut excéder 1 mètre dans les fréquences radio, ce qui peut permettre le chauffage homogène de bois empilés^{7,17}. Sur base de ce constat, l'utilisation de micro-ondes et d'ondes radio pour procéder au traitement phytosanitaire des bois d'emballage a été avalisée par la FAO dans le cadre de ce qui est qualifié de chauffage diélectrique (en anglais *dielectric heating*, ou *DH*). L'exigence de la NIMP15 concernant ce traitement est qu'une température supérieure ou égale à 60 °C doit avoir été atteinte pendant au moins 1 minute dans l'entièreté du volume du bois traité.

Néanmoins, si tout un chacun peut tester l'efficacité des micro-ondes pour chauffer un morceau de bois (attention cependant à la surchauffe et à la combustion), l'élaboration d'un traitement phytosanitaire applicable et contrôlable à une échelle industrielle nécessite une longue phase d'expérimentations. Comment la température se distribue-t-elle sur la section du bois lorsqu'il est soumis à un chauffage diélectrique ? Quelle est l'incidence de l'humidité du bois sur la dynamique d'élévation de sa tempéra-

* Cette profondeur varie avec la masse volumique, la température mais surtout avec l'humidité du bois³⁰.

ture et sur la distribution de cette dernière dans les planches ? Comment la masse volumique du bois et l'épaisseur des sciages influencent-elles le chauffage ? Comment vérifier que la température a bien atteint 60 °C sur tout le profil du bois traité (ainsi que l'exige la NIMP15) ? Quel paramètre utiliser pour contrôler la conformité du traitement ? Les conditions de température et de durée imposées par la NIMP15 garantissent-elles bien l'éradication des organismes visés ? Faut-il – comme lorsque l'on sort un poulet du congélateur – utiliser un programme spécial si le bois est initialement gelé ? Toutes ces interrogations ont dû être levées afin de permettre l'approbation par la FAO du chauffage diélectrique dans un premier temps, et la délimitation précise des conditions dans lesquelles il doit être réalisé dans un second temps.

La réalisation d'une étude permettant de répondre à ces questions très diverses a nécessité l'association de compétences en science du bois et en biologie, mais également en électromagnétique*. Elle n'a également pu être réalisée que grâce à :

- la mise à disposition par la société C.E.S. (Bissegem) d'un four à micro-ondes industriel. D'une puissance

de près de 29 kW délivrée par seize magnétrons, ce four tunnel de 7 mètres de long est muni d'un tapis roulant permettant un approvisionnement continu en sciages,

- l'existence d'un élevage de capricornes des maisons (*Hylotrupes bajulus*, coléoptère longicorne) géré par le Laboratoire de Technologie du Bois (LTB). *H. bajulus* est une espèce de référence en matière d'essais dans le domaine de la préservation du bois. Cet élevage riche de plusieurs milliers de larves est l'unique en son genre en Belgique.

Quelques résultats significatifs de ces recherches sont synthétisés sous forme de figures et de graphes annotés extraits de HENIN *et al.*^{14, 15, 16} dans la double page suivante.

Les résultats acquis dans le cadre de ces recherches financées par le SPF Santé publique, le SPW et l'ULg ont permis d'affiner les connaissances relatives ►►

À gauche: vue générale des boîtes d'élevage des capricornes.

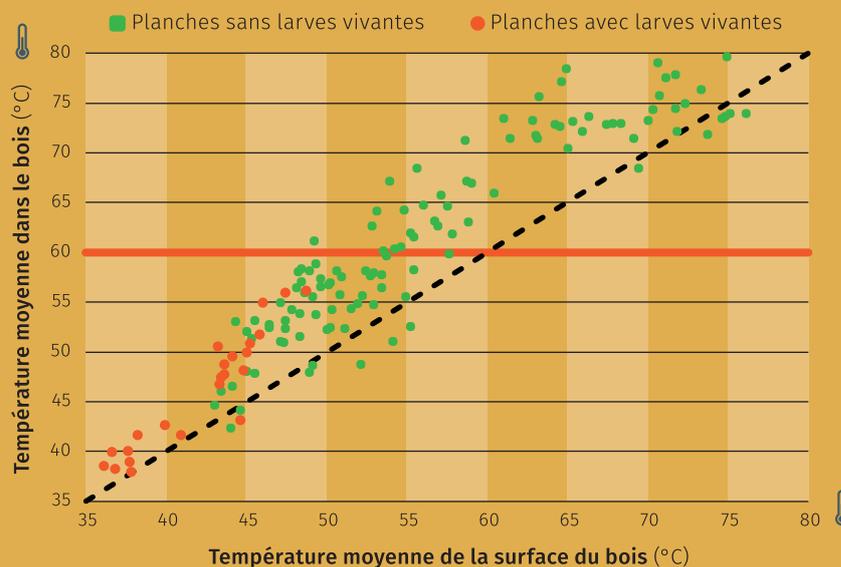
À droite : après quelques mois, les échantillons de pin sont totalement vermoulus par les larves (en haut), dont on voit un spécimen en compagnie d'un insecte adulte (en bas).

* Cette dernière discipline ayant requis l'expertise du Prof. Christophe Geuzaine de l'ULiège.



Traitement par micro-ondes des bois d'emballage : quelques résultats significatifs

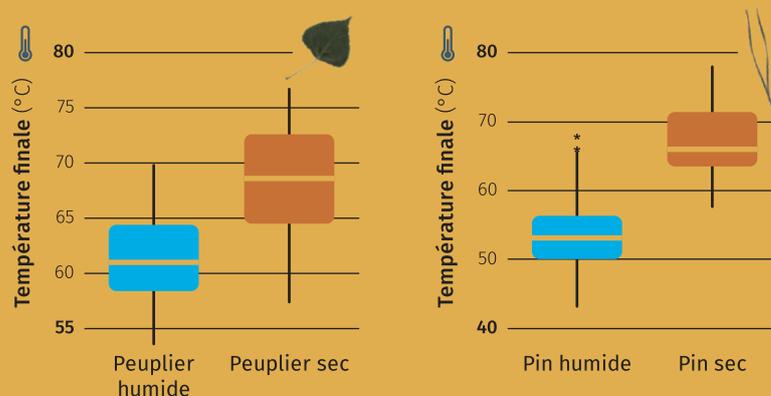
Compte tenu des spécificités du chauffage par micro-ondes, il s'est avéré nécessaire d'identifier un paramètre qui permette de contrôler qu'un traitement est bien conforme à la NIMP15, et de vérifier que ce traitement élimine effectivement les organismes potentiellement présents dans le bois.



La figure ci-dessus montre qu'à l'issue d'un chauffage par micro-ondes, la température moyenne au cœur de planches d'environ 22 mm d'épaisseur ($n = 140$) apparaît en règle générale supérieure à la température moyenne mesurée en surface (presque tous les points sont au-dessus de la droite pointillée $T^{\circ} \text{ cœur} = T^{\circ} \text{ surface}$). En outre, une température de surface supérieure ou égale à 60 °C garantit une

température interne également supérieure ou égale à 60 °C. On constate aussi qu'aucun insecte ne survit au traitement lorsque la température au cœur du bois excède 60 °C, seuil imposé dans la NIMP15 et matérialisé par la ligne rouge (au-dessus de ce trait, tous les points sont verts, le traitement a éliminé tous les insectes).

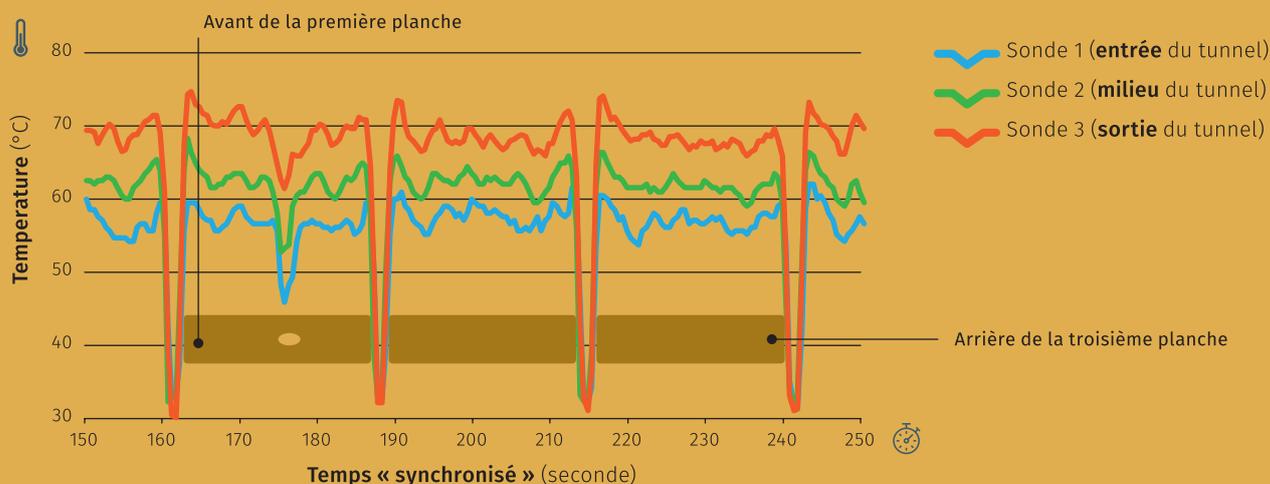
Les palettes peuvent être confectionnées à partir de bois d'essences diverses dont l'humidité et la masse volumique peuvent varier singulièrement.



L'examen de la distribution de la température au cœur de planches d'environ 22 mm d'épaisseur ($n > 30$ pour chaque série de données) après un traitement par micro-ondes indique que, en fixant la durée et la puissance de l'irradiation, la température moyenne atteinte dans les planches sèches est su-

périeure à celle atteinte dans les planches humides (tant pour le pin que pour le peuplier). Une démarche similaire a permis de quantifier l'incidence de la masse volumique sur l'énergie nécessaire au traitement par unité de volume de bois (cette énergie augmentant avec la masse volumique du bois).

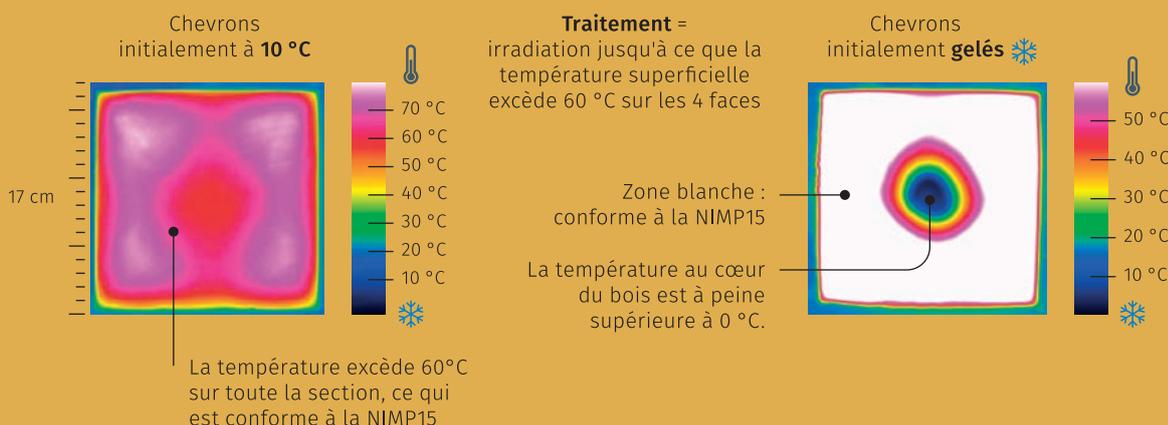
En raison de l'impact de l'humidité et de la masse volumique du bois sur l'augmentation de sa température au cours d'un traitement par micro-ondes, ce dernier paramètre doit pouvoir être contrôlé afin d'individualiser et d'optimiser le traitement de chaque planche.



Trois sondes disposées à l'entrée, au milieu et à la sortie du tunnel ont permis le suivi de la température de surface des planches lors de leur passage dans le four. Les quatre chutes brutales de température observées sur le graphe correspondent à l'espace libre entre chaque planche lors de leur irradiation. On peut observer que, lors de leur passage au niveau de la troisième sonde (trait rouge), les trois

planches considérées présentaient une température de surface supérieure à 60 °C. Pour autant que cette température soit maintenue au moins 1 minute, grâce par exemple à l'empilage des planches à la sortie du four, ces-dernières seront conformes à la NIMP15. Le fonctionnement des magnétrons peut donc être asservi à la température mesurée à la surface des bois.

Les micro-ondes ne sont pas absorbées identiquement selon que l'eau est à l'état liquide ou solide (la glace est presque transparente aux micro-ondes). Le traitement diélectrique étant susceptible d'être pratiqué sur des bois gelés, il importait de vérifier le comportement de ces derniers vis-à-vis des micro-ondes.



La figure ci-dessus présente la distribution de la température, après traitement par micro-ondes, sur la section de deux chevrons de 17 cm de côté tronçonnés en leur milieu. Le chevron de gauche était initialement à 10 °C, tandis que celui de droite était gelé. Les deux chevrons ont été irradiés jusqu'à ce que la température superficielle excède 60 °C sur leurs quatre faces. À gauche, le chevron apparaît correctement traité : la température excède 60 °C sur toute la section. À droite, le constat est différent. Les zones colorées en blanc satisfont aux exigences de la NIMP15 (la température est supérieure à

60 °C). On peut par contre observer que la température n'atteignait pas 60 °C dans la partie centrale (colorée) du chevron, étant même à peine positive au cœur du bois (zones en bleu foncé). Cette expérimentation démontre que la relation entre la température superficielle et la température au cœur du bois ne répond pas à la même loi selon que le bois est gelé ou pas. Dans le cas de bois de calage de section importante (> 15 cm) initialement gelés, la conformité à la NIMP15 du traitement diélectrique ne peut donc être vérifiée de la même façon qu'elle l'est lorsque la température initiale du bois est positive.



Larve vigoureuse de capricorne présentant une belle couleur ivoire, prête à être introduite dans une planche test.



Larves mortes, déshydratées et décolorées, ayant été soumises à un traitement par micro-ondes.

►► au chauffage diélectrique, notamment en ce qui concerne les limites dans lesquelles le traitement par micro-ondes peut être réalisé. Si à notre connaissance les ondes électromagnétiques semblent encore peu utilisées dans le cadre défini dans la NIMP15, le traitement phytosanitaire des bois d'emballage par micro-ondes offre certains avantages par rapport au traitement thermique classique :

- il nécessite une infrastructure peu encombrante,
- il est intégrable à une ligne de production et peut donc éviter des ruptures de charge dans cette dernière,
- le traitement des sciages peut être individualisé : l'énergie consacrée au traitement de chacun d'eux peut donc être adaptée à ses caractéristiques (traitement plus long lorsque les planches sont plus humides). Le traitement individualisé des planches est également un avantage pour la réparation et le reconditionnement de palettes.

En Belgique comme en France, le secteur de l'emballage consomme annuellement environ 25 % des sciages résineux (en sachant que la production belge annuelle de sciages résineux était en 2011 de 1,8 million de mètres cubes). Bien qu'il faille également comptabiliser les palettes réparées ou refabriquées*, la production de palettes demeure un bon indicateur de l'activité économique d'un pays ou d'une région. Selon le site Internet de Fedustria**, plus de 1,1 million de palettes EPAL ont été produites en Belgique du-

rant les six premiers mois de 2018. Selon une enquête de la Fédération Nationale des Scieries, 20 % des bois d'emballage étaient en 2011 traités conformément à la NIMP15. Pour terminer sur un cas très concret démontrant l'importance du secteur de l'emballage en bois et des réglementations phytosanitaires internationales, signalons qu'en cas de Brexit sans accords commerciaux (« no deal »), le Royaume-Uni devrait se conformer à la NIMP15 pour ses exportations vers l'Europe : il pourrait alors être confronté à des difficultés considérables étant donné qu'il n'a actuellement pas la capacité technique de traiter tout le bois d'emballage utilisé dans ses échanges commerciaux avec l'Europe.

Le traitement thermique des plaquettes

Lorsqu'elles sont issues du déchiquetage de billons écorcés, les plaquettes peuvent être utilisées dans la fabrication de pâte à papier ou de panneaux. Les plaquettes dites forestières, qui en plus du bois contiennent également de l'écorce et des feuilles ou des aiguilles, ne peuvent par contre être valorisées que sous forme de paillage ou d'énergie. Il en va de même pour le broyat de bois, qui se distingue des pla-

* Une palette est dite réparée si moins d'un tiers de ses constituants sont remplacés ; au-delà de cette valeur, la palette est dite refabriquée.

** Fédération belge de l'industrie textile, du bois et de l'ameublement.

quettes par son procédé de fabrication : ces dernières sont produites à l'aide d'outils tranchants, tandis que le broyat est obtenu à l'aide d'outils contondants du type marteau.

En 2014, l'OEPP (Organisation Européenne de Protection des Plantes) a réuni un groupe d'experts dans le but de mieux cerner les problèmes phytosanitaires que représentent divers produits connexes non réglementés issus de la transformation du bois (plaquettes, sciure, broyat, écorces...). Si le rapport du groupe d'experts²⁵ identifie les plaquettes comme une marchandise pouvant poser un risque phytosanitaire élevé (le risque varie cependant avec les caractéristiques des plaquettes), il n'existe à ce jour toujours pas de traitement phytosanitaire reconnu et mis en œuvre internationalement pour ce type de marchandise. Selon le même rapport, plaquettes et broyats présentent des risques phytosanitaires relativement similaires, qui semblent toutefois inférieurs à ceux liés aux bois d'emballage²¹.

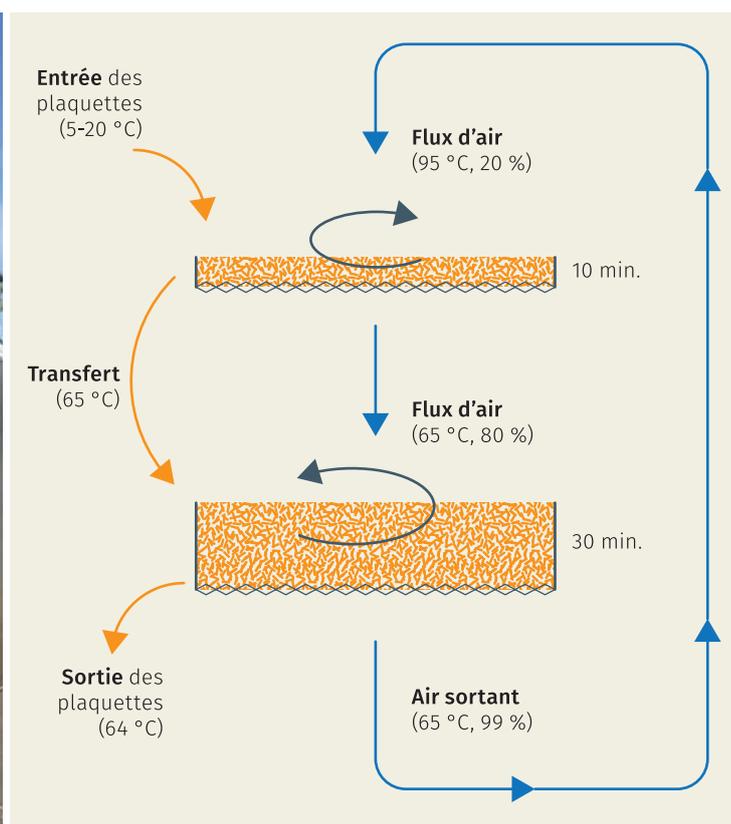
Par nature, les plaquettes sont peu adaptées à l'utilisation de substances biocides (liquides ou par fumigation), notamment en raison de leur surface spécifique importante et de la quantité prohibitive de produits biocides qui serait nécessaire. L'imposition de contraintes au niveau de la taille maximale des plaquettes peut toutefois permettre de prévenir les risques d'infestation par certains ravageurs^{19,21}.

Ainsi, si les plaquettes n'excèdent 2,5 cm dans aucune de leurs dimensions, elles peuvent être considérées comme exemptes des longicornes asiatiques *Anoplophora spp.* Cette même contrainte semblerait être suffisante pour prévenir l'infestation des plaquettes par l'agrile du frêne, *Agrilus planipennis*¹⁹. C'est pour ces raisons que l'OEPP²⁵ a considéré que le risque phytosanitaire posé par les plaquettes est plus faible si celles-ci ont une taille inférieure à 2,5 cm. En France c'est le seuil de 3 cm qui, dans son Plan National d'Intervention Sanitaire d'Urgence (PNISU), vient d'être imposé par le Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation pour éliminer les longicornes du genre *Monochamus*, vecteurs du nématode du pin*.

Si le déchiquetage peut donc être considéré comme un traitement phytosanitaire partiel, il n'a néanmoins aucune incidence sur d'autres organismes tels que par exemple le nématode du pin en lui-même (*B. xylophilus*) ou les champignons et bactéries pathogènes¹⁹. Dans ce contexte, le Laboratoire de Technologie du Bois et Gembloux Agro-Bio Tech ont réalisé,

Les tests de traitement phytosanitaire des plaquettes ont été réalisés sur un prototype dérivé d'un séchoir de biomasse (ici de sciure, à gauche). Le principe du traitement sanitaire est schématisé à droite : un lit de plaquettes (flèches oranges) de 10 cm d'épaisseur est déposé sur un plateau supérieur où circule un flux d'air à 95 °C et 20 % d'humidité (flèches bleues). Après 10 minutes, les plaquettes tombent sur le plateau inférieur où, formant un lit de 30 cm d'épaisseur, elles demeurent 30 minutes à plus de 60 °C.

* info.agriculture.gouv.fr/gedei/site/bo-agri/instruction-2019-209 



en partenariat avec la société *Technic One Engineering* (Thimister), une étude visant à tester un four semi-industriel destiné au traitement phytosanitaire de plaquettes*. En l'absence de norme phytosanitaire spécifique aux plaquettes, des exigences identiques aux conditions imposées dans la NIMP15 pour le traitement thermique des bois d'emballage ont été fixées. Dans le cadre de cette recherche, des éprouvettes de bois contenant des larves de capricornes des maisons ont été introduites dans le four afin de subir un traitement thermique en conditions réelles (c'est-à-dire au milieu de plaquettes de bois). À la sortie du four, les éprouvettes ont été analysées et les taux de mortalité des insectes ont été déterminés. Les résultats ont été synthétisés dans un rapport qui en 2017, comme l'exige la procédure, a été envoyé par le représentant de l'ONPV belge (Organisation Nationale de Protection des Végétaux) au Secrétariat de la CIPV (Convention Internationale pour la Protection des Végétaux) à la FAO. Ces résultats ont été accueillis favorablement et devraient permettre l'acceptation de la méthode testée pour le traitement phytosanitaire des plaquettes, ce qui devrait être officialisé dans une annexe de la NIMP n° 28 « Traitements phytosanitaires contre les organismes nuisibles réglementés »⁹. Il s'agit là également d'une perspective encourageante pour une entreprise wallonne qui pourrait être amenée à développer et multiplier à grande échelle le four dont le prototype a permis la réalisation de cette recherche.

Vue globale du four prototype utilisé pour le traitement thermique des plaquettes. L'approvisionnement de ce four expérimental se fait via le big bag visible dans la partie supérieure de la photo.

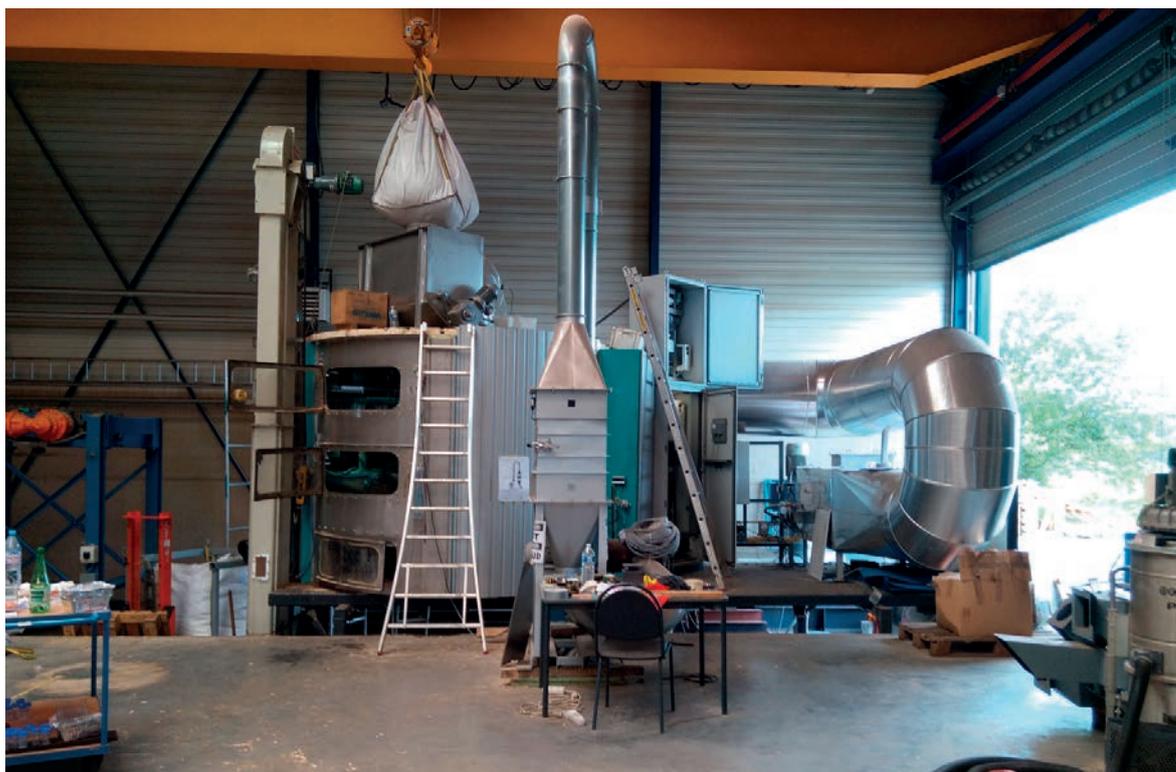
Selon ALLEN *et al.*¹, plus de 20 millions de tonnes de plaquettes (en matière sèche) sont intégrées annuellement au commerce international. La majeure partie est utilisée pour la production de pâte à papier, et dans une moindre mesure de panneaux ; environ 10 % seraient utilisés pour la production d'énergie²⁰. Bien que les deux plus gros importateurs mondiaux de plaquettes soient aujourd'hui le Japon et la Chine, des vraquiers entiers de plaquettes sont exportés d'Amérique du Nord vers l'Europe en tant que biomasse pour la production d'énergie.

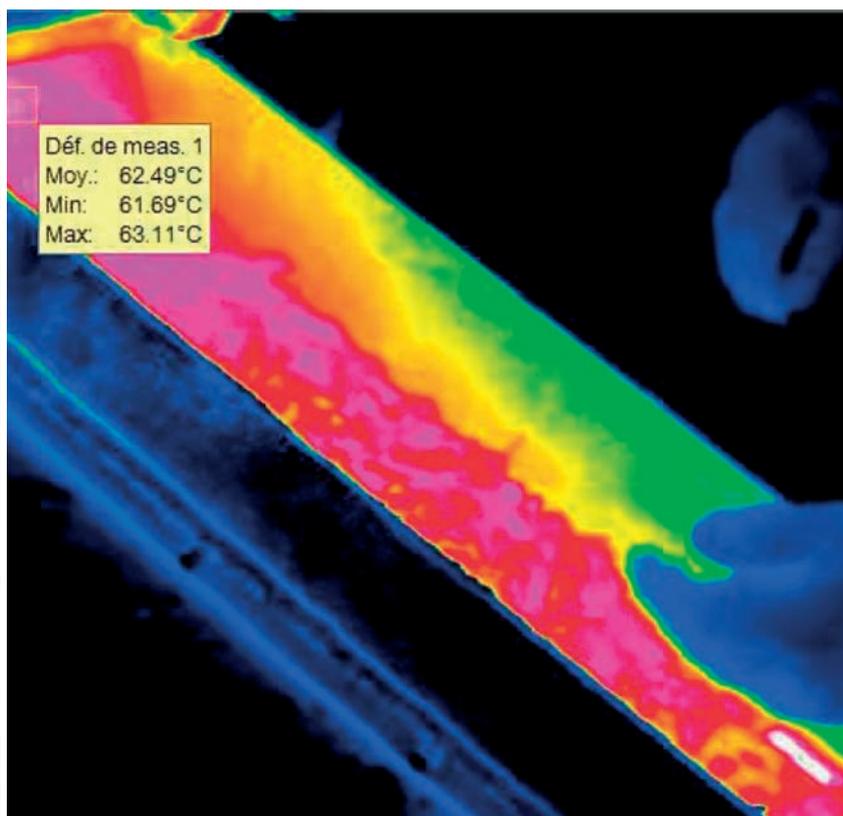
Conclusion

Les tentatives d'endiguer des invasions biologiques ou d'éradiquer des espèces exotiques susceptibles d'en être responsables se soldent fréquemment par des échecs. Même en cas de succès, ces opérations sont très coûteuses. Ce constat démontre à quel point il est difficile de contrôler les populations de ravageurs et pathogènes forestiers une fois que l'homme les a introduits dans des milieux où ils peuvent proliférer.

Si l'usage du bois et des produits issus de sa transformation est à promouvoir dans un contexte d'utilisation durable des ressources et de stockage du carbone, l'augmentation des échanges intercontinentaux des produits en bois pose, au même titre que la circulation de produits horticoles et agricoles, un problème considérable de sécurité phytosanitaire.

* dryer-one.com/index.php/fr/secheur-dryer-one 





Réalisées grâce à des infrastructures uniques et à la mutualisation de compétences diverses, les recherches ici présentées ont vu leurs résultats intégrés dans les normes internationales de mesures phytosanitaires. Cette intégration illustre l'importance majeure des traitements phytosanitaires des bois susceptibles de véhiculer des espèces exotiques envahissantes dans la préservation des écosystèmes forestiers, des biens et services qu'ils procurent et des activités humaines qui en dépendent. ■

L'utilisation d'une caméra thermique (à gauche) permet le suivi en direct de la température des plaquettes à la sortie du four (à droite).

Bibliographie

- ¹ Allen E., Noseworthy M., Ormsby M. (2017). Phytosanitary measures to reduce the movement of forest pests with the international trade of wood products. *Biological Invasions* 19(11) : 3365-3376.
- ² Branquart E., Caignet I., Prévot C., Bizoux J.-P. (2016). *Les espèces exotiques envahissantes : un nouveau défi pour la Wallonie et pour l'Europe*. Cellule inter-départementale Espèces invasives, DGO3, Service Public de Wallonie, 80 p.
- ³ Branquart E., Latli A., Bizoux J.-P., Baufoy L., Adant S. (2019). Quel avenir pour les animaux exotiques envahissants en Wallonie ? *Forêt.Nature* 150 : 10-17.
- ⁴ Brasier C.M. (1991). *Ophiostoma novo-ulmi* sp. nov., causative agent of current Dutch elm disease pandemics. *Mycopathologia* 115 : 151-161.
- ⁵ Brockerhoff E.G., Liebhold A.M. (2017). Ecology of forest insect invasions. *Biological Invasions* 19 : 3141-3159.
- ⁶ Commission européenne (2016). *Espèces exotiques envahissantes*. Office des publications de l'Union européenne, Luxembourg, 28 p.
- ⁷ Dubey M.K., Janowiak J., Mack R., Elder P., Hoover K. (2016). Comparative study of radio-frequency and microwave heating for phytosanitary treatment of wood. *European Journal of Wood & Wood Products* 74 : 491-500.
- ⁸ Dwinell L.D., Nickle W.R. (1989). *An Overview of the Pine Wood Nematode Ban in North America*. USDA Forest Service, Gen. Tech. Report SE-55.
- ⁹ FAO (2016). *Normes Internationales pour les Mesures Phytosanitaires n° 28 (NIMP28) : Traitements phytosanitaires contre les organismes nuisibles réglementés*. 16 p.
- ¹⁰ FAO (2018). *Normes Internationales pour les Mesures Phytosanitaires n° 15 (NIMP15) : Réglementation des matériaux d'emballage en bois utilisés dans le commerce international*. 26 p.
- ¹¹ Haack R.A. (2001). Intercepted Scolytidae (Coleoptera) at U.S. ports of entry : 1985-2000. *Integrated Pest Management Reviews* 6 : 253-282.
- ¹² Haack R.A. (2006). Exotic bark- and wood-boring Coleoptera in the United States : recent establishments and interceptions. *Can. J. For. Res.* 36 : 269-288.
- ¹³ Haack R.A., Hérard F., Sun J., Turgeon J.J. (2010). Managing invasive populations of Asian longhorned beetle and Citrus longhorned beetle : A worldwide perspective. *Annu. Rev. Entomol.* 55 : 521-546.
- ¹⁴ Henin J.-M., Charron S., Luypaert P.J., Jourez B., Hébert J. (2008). Strategy to control the effectiveness of microwave treatment of wood in the framework of

POINTS-CLEFS

- ▶ Les invasions biologiques constituent une menace de premier ordre pour les forêts, les biens et services qu'elles procurent et les activités humaines qui en dépendent.
- ▶ Les bois d'emballage et les plaquettes sont potentiellement des vecteurs d'espèces exotiques envahissantes (EEE).
- ▶ Compte tenu de la difficulté d'endiguer ou d'éradiquer des EEE et du coût que cela représente, la prévention est infiniment préférable à la lutte.
- ▶ Les recherches décrites ici ont facilité la reconnaissance à l'échelle internationale de certains traitements phytosanitaires du bois.

the implementation of ISPM 15. *Forest Products Journal* 58(12) : 75-81.

- ¹⁵ Henin J.-M., Bauduin A., Leemans V., Leyman M., Jourez B., Hébert J. (2012). *Microwave treatment of frozen wood packaging material*. Colloque IRG-IUFRO All Division 5, Estoril, Portugal, 8-13 juillet 2012. IRG/WP 12-40609, IRG Secretariat, Stockholm, Sweden. 12 p.
- ¹⁶ Henin J.-M., Leyman M., Bauduin A., Jourez B., Hébert J. (2014). Phytosanitary treatment of European pallets by microwave : developing a program to ensure compliance with ISPM 15 and monitoring its efficacy on the house longhorn beetle (*Hylotrupes bajulus* L.). *European Journal of Wood & Wood Products* 72(5) : 623-633.
- ¹⁷ Hoyer C., Pfütze C., Plarre R., Trommler U., Steinbach S., Klutznny K., Holzer F., Rabe C., Höhlig B., Kopinke F.-D., Schmidt D., Roland U. (2014). Chemikalienfreie Bekämpfung von Holzschädlingen durch dielektrische Erwärmung mit Radiowellen und Mikrowellen. *Chem. Ing. Tech.* 86(8) : 1187-1197.
- ¹⁸ Kenis M., Rabitsch W., Auger-Rozenberg M.-A., Roques A. (2007). How can alien species inventories and interception data help us prevent insect invasions ? *Bulletin of Entomological Research* 97 : 489-502.
- ¹⁹ Kopinga J., Moraal L.G., Verwer C.C., Clerkx A.P.P.M. (2010). *Phytosanitary risks of wood chips*. Wageningen, Alterra, Alterra report 2059, 80 p.
- ²⁰ Lamers P., Marchal D., Schouwenberg P.-P., Cocchi M., Junginger M. (2012). *Global wood chip trade for energy*. IEA Bioenergy, Task 40, Sustainable International Bioenergy trade, 24 p. 
- ²¹ Leal I., Allen E., Humble L., Sela S., Uzunovic A. (2010). *Phytosanitary risks associated with the global movement of forest products : A commodity-based approach*. Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Information Report BC-X-419. 43 p. 
- ²² Loope L.L., Howarth F.G. (2002). *Globalization and pest invasion : where will we be in five years ?* Proceedings of the 1st International Symposium on Biological Control of Arthropods, Honolulu, Hawaii, USA, 14-18 Jan. 2002. 
- ²³ Mamya Y. (1988). History of the pine wilt disease in Japan. *Journal of Nematology* 20(2) : 219-226.
- ²⁴ Meier F., Engesser R., Forster B., Odermatt O., Angst A., Hölling D. (2015). *Protection des forêts. Vue d'ensemble 2014*. WSL Berichte 25, Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage (WSL), Birmensdorf, Suisse. 
- ²⁵ OEPP (Organisation Européenne de Protection des Plantes) (2015). *EPPO Technical Document 1071 : Study on wood commodities other than round wood, sawn wood and manufactured items*. EPPO, Paris, 38 p. 
- ²⁶ Pinon J., Feugey L. (1994). La graphiose de l'orme : une maladie dévastatrice à causes bien identifiées. *Revue Forestière Française* 46(5) : 422-430. 
- ²⁷ Roques A. (2010). Alien forest insects in a warmer world and a globalised economy: impacts of changes in trade, tourism and climate on forest biosecurity. *New Zealand Journal of Forestry Science* 40 : 77-94.
- ²⁸ Roques A., Rabitsch W., Rasplus J.-Y., Lopez-Vaamonde C., Nentwig W., Kenis M. (2009). Alien Terrestrial Invertebrates of Europe. In : *Handbook of Alien Species in Europe*. Invading Nature - Springer Series in Invasion Ecology, vol 3. Springer, Dordrecht. p. 63-79.
- ²⁹ Straw N.A., Fielding N.J., Tilbury C., Williams D.T., Inward D. (2015). Host plant selection and resource utilisation by Asian longhorn beetle *Anoplophora glabripennis* (Coleoptera: Cerambycidae) in southern England. *Forestry* 88 : 84-95.
- ³⁰ Torgovnikov G.I. (1993). *Dielectric properties of wood and wood-based materials*. Springer-Verlag, Berlin, 196 p.
- ³¹ Vanderhoeven S., Branquart E., Grégoire J.-C., Mahy G. (2007). Les invasions biologiques. *Forêt Wallonne* 89 : 24-43. 
- ³² Vincente C., Espada M., Vieira P., Mota M. (2012). Pine Wilt Disease : a threat to European forestry. *Journal of Plant Pathology* 133(1) : 89-99.
- ³³ Waring K.M., O'Hara K.L. (2005). Silvicultural strategies in forest ecosystems affected by introduced pests. *Forest Ecology and Management* 209(1-2) : 27-41.

Crédits photos. Laboratoire de Technologie du Bois sauf : Technic One (p. 55), C. Sarniguet/ANSES (p. 49 : nématode du pin).

Jean-Marc Henin¹

Benoit Jourez¹

Jacques Hébert²

jeanmarc.henin@spw.wallonie.be

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

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