

Tiré à part article Forêt.Nature

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

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

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

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

Bénéficiez de votre premier abonnement à **Forêt.Nature**
à moitié prix pour la première année

et abonnez vos **étudiants** au tarif spécial qui leur est réservé :
16 €/an (4 numéros)



Étude de la qualité du bois d'épicéa conservé sous bâches hermétiques

Simon Riguelle¹ | Cécile Lesire² | Jacques Hébert³ | Benoît Jourez¹

Laboratoire de Technologie du Bois (SPW, DGO3)

² Geprofor asbl (ULg)

³ Gembloux AgroBioTech (ULg)

En cas de chablis important, la question du stockage du bois à long terme pour une valorisation ultérieure se pose aux acteurs de la filière. Un test grandeur nature de conservation du bois d'épicéa sous bâches hermétiques valide cette technique tant sur le plan de la qualité que de l'esthétisme.

RÉSUMÉ

Le stockage de bois dans des silos hermétiques à l'air est un procédé de conservation original développé en Allemagne au lendemain des tempêtes de 1999. Une expérimentation en conditions réelles sur des grumes d'épicéa a été menée de 2008 à 2013 à Eupen (Wallonie, Belgique) afin d'étudier l'évolution des propriétés visuelles, physiques et mécaniques du bois conservé via ce procédé et apporter des garanties quant à la valorisation industrielle ultérieure de ces bois. Le taux d'oxygène au sein du silo étanche est resté inférieur à 2 % tout au long du stockage qui s'est déroulé de manière optimale. À l'ouverture du silo, les grumes présentaient un aspect comparable à du bois fraîchement abattu, l'écorce restant adhérente. Cependant, un mycélium blanchâtre superficiel attribuable à *Gliocladium solani* a été observé sur l'écorce des surfaces exposées de la pile, sans affecter toutefois le bois en profondeur. L'essai de sciage en condition industrielle s'est révélé convaincant pour les professionnels de la filière bois. Les sciages

n'ont pas été affectés par les 57 mois de stockage : ils présentaient un aspect et une couleur similaires aux débits caractéristiques provenant de grumes d'épicéa frais. En laboratoire, des essais de caractérisation de la couleur, de l'imprégnabilité, des propriétés physiques (masse volumique, humidité) et mécaniques (module d'élasticité, module de rupture et résilience) ont été effectués sur des échantillons prélevés avant l'ensilage (témoins) et sur des échantillons issus des mêmes arbres prélevés lors de l'ouverture du silo près de cinq années plus tard. Aucune différence statistiquement significative n'a pu être mise en évidence entre les bois témoins et ceux conservés sous bâches hermétiques. Il ressort de cette expérience que la méthode de conservation sous bâches hermétiques peut être envisagée comme une alternative au stockage par aspersion pour des lots de bois chablis de bonne qualité et de forte valeur marchande sans risque de réduction du potentiel de valorisation.

À côté des stocks de bois couramment constitués pour de courtes périodes sur les sites de transformation par les industriels, le stockage du bois à grande échelle s'avère particulièrement nécessaire dans le cas d'un événement exceptionnel frappant la filière bois. C'est le cas notamment après une tempête de grande ampleur, lorsque le volume de bois à exploiter et transformer dépasse très largement le volume assimilable par la filière. Les chablis qui ne peuvent être usinés dans un délai raisonnable doivent dès lors être conservés dans des conditions spécifiques afin d'empêcher leur dégradation par des agents biotiques. Une stratégie régionale de stockage permet dans ce cas de valoriser au maximum les bois chablis et de limiter les pertes économiques pour le secteur, tout en assurant un approvisionnement plus régulier des entreprises de première transformation dans les années suivant la catastrophe¹¹.

Dans ce contexte, il existe deux grands types de procédés de conservation des bois : les procédés par voie

humide visant à maintenir les bois à une humidité élevée (plus de 80 %) bloquant le développement des insectes de bois frais et des champignons par manque d'oxygène et les procédés par voie sèche visant à garantir une humidité inférieure à la teneur nécessaire pour le développement de ceux-ci (moins de 20 %). Développé notamment en France et en Allemagne suite aux tempêtes Lothar et Martin (1999), le procédé du stockage sous bâches hermétiques se présente comme une méthode originale et complémentaire aux techniques traditionnelles précitées. Ce procédé vise à protéger le bois de toute dégradation en garantissant tout au long du processus de conservation une atmosphère anaérobie (taux d'oxygène inférieur à 2 %) rendant impossible la prolifération des agents pathogènes. Plusieurs variantes de la méthode existent et ont fait l'objet de quelques publications^{5, 6, 8, 9}. Elle avait fait en outre l'objet d'une première étude prospective en Wallonie publiée dans le n° 108 de la revue *Forêt Wallonne*¹⁰.

Une de ces variantes, brevetée par la société *Wood-Packer*, vise à emballer les bois dans une double couche de bâches en polyéthylène soudées thermiquement pour permettre une conservation optimale durant plusieurs années⁷. La méthode a l'avantage de présenter un impact environnemental quasi nul, d'être utilisable en toute saison et de n'impliquer que peu de frais de fonctionnement (surveillance réduite, pas de consommation d'électricité ni d'eau). Cependant, si cette méthode ne présente a priori aucun risque technique de voir le bois se dégrader durant sa conservation en atmosphère anaérobie, le procédé n'est pas sans poser question d'un point de vue industriel. En effet, la technique du stockage sous bâches hermétiques étant relativement récente et encore peu utilisée, elle reste peu documentée. Les gestionnaires publics et privés ainsi que les industriels peuvent se trouver démunis devant le manque d'informations pratiques et peu enclins à la mettre en œuvre. Un des points d'interrogation est notamment la capacité à garantir tant au vendeur qu'à l'acheteur une qualité inchangée du matériau bois en fin de stockage et par corollaire un prix juste pour les parties.

Dans ce contexte, un dispositif expérimental de stockage sous bâches hermétiques en conditions réelles, c'est-à-dire sur un emplacement exposé aux intempéries et aux dégradations et susceptible d'accueillir un stockage de bois en cas de crise chablis, a été installé et suivi durant près de 5 ans à Eupen (Belgique). Ce dispositif a permis de réaliser une étude comparative des propriétés visuelles, physiques et mécaniques des bois stockés via ce procédé. Les principales constatations utiles à la communauté forestière sont présentées dans cet article.

Figure 1. Aspect des bois avant mise sous bâches.





Dispositif expérimental

En mai 2008, un lot de 75 m³ d'épicéa a été emballé sous une double couche de bâches hermétiques en polyéthylène (méthode *Wood-Packer*). Le stockage des bois en grande longueur, sous forme de grumes, a été privilégié pour garder un potentiel de valorisation intact en fin de stockage. Les bois, fraîchement abattus, ne présentaient pas de dégradations avant la mise sous bâches hormis quelques traces de pourriture dues à des blessures (figure 1). Le silo a fait l'objet d'une surveillance régulière par un agent du Département de la Nature et des Forêts (DNF) du Service public de Wallonie (SPW). Le taux d'oxygène, de gaz carbonique et la température ont ainsi été mesurés, à l'aide d'un analyseur de gaz, quotidiennement pendant les dix premiers jours du stockage, puis de façon bimensuelle jusqu'à l'ouverture des bâches. Le taux d'oxygène a rapidement chuté dans l'enceinte, atteignant un niveau inférieur à 1 % après 3 jours.

Observations sur site et usinage

Le 15 février 2013, soit après 1729 jours de stockage, le silo étanche d'Eupen a été ouvert en présence des acteurs de la communauté forestière (DNF, marchands de bois, scieurs, experts forestiers, chercheurs). Ces derniers ont ainsi pu être témoins de l'état des bois lors de l'ouverture du silo, paramètre qui reste inconnu tout au long du stockage. En effet, même si la concentration en oxygène du silo d'Eupen n'a jamais dépassé la limite de 2 % garantissant une conservation optimale (0,4 % en moyenne), il était impossible de prévoir l'aspect des bois en fin de stockage, au contraire par exemple de billons qui auraient été stockés par aspersion. Cette limitation, qui peut paraître rédhibitoire tant pour le vendeur que pour l'acheteur, peut cependant être contournée en mettant en place des modes de vente adaptés à cette méthode⁶. Les bâches résistantes aux ultraviolets avaient quant à elles très bien résisté aux 57 mois sur le site de stockage et n'ont pas fait l'objet de dégradations qui auraient pu interférer dans le processus de conservation (figure 2).

Lors de l'ouverture du silo, les grumes d'épicéa présentaient un aspect comparable à du bois fraîchement abattu, l'écorce restant adhérente (figure 3), contrairement à des bois conservés par voie humide dont l'écorce se décolle systématiquement. Un test ultérieur en laboratoire sur des rondelles prélevées aléatoirement dans le silo a permis de quantifier cette humidité au débâchage selon trois positions radiales. L'humidité était de 140 % sous l'écorce, de 50 % à mi-rayon et de 41 % à proximité de la moelle, comparable



Figure 2. Le silo était toujours en bon état et étanche après 57 mois de stockage.



Figure 3. Les grumes d'épicéa présentaient un aspect frais et une écorce adhérente.

donc à un bois frais. Néanmoins, la littérature mentionne que cette fraîcheur garantie par le stockage sous bâches hermétiques implique d'usiner les bois dans un délai raisonnable après ouverture des silos pour éviter de nouveaux développements d'agents fongiques. Il convient donc de procéder à l'ouverture des silos de façon coordonnée avec le planning de production, ce qui peut s'avérer moins flexible pour un industriel qu'un stock par aspersion dans lequel il peut venir se servir selon ses besoins.

Mis à part la coloration préexistante sur quelques grumes (figures 1 et 3) provoquée par un agent de pourriture, aucune extension de la coloration des bois en profondeur n'a été observée aux extrémités des grumes. Celles-ci sont donc exploitables dans leur quasi intégralité, comme du bois stocké sous aspersion⁴. Cependant, une moisissure blanchâtre superficielle a été observée sur l'écorce de certaines surfaces exposées de la pile. L'organisme responsable de ce phénomène est *Gliocladium solani*, un champi-



Figure 4. Moisissure blanchâtre due à *Gliocladium solani* recouvrant certaines parties de la pile, sans affecter cependant le bois en profondeur.



Figure 5. Échange de vues sur l'aspect visuel des sciages.

gnon rencontré quasi systématiquement sur les piles stockées sous bâches via le procédé de *Wood-Packer*⁷. Néanmoins, cette moisissure ne s'est développée que sur l'écorce et n'a pas affecté le bois en profondeur (figure 4). La présence de *Gliocladium solani*, champignon saprophyte que l'on retrouve dans la majorité des sols de la planète, s'explique par les conditions de développement de cet organisme (température, humidité) dont les spores peuvent rester viables à de faibles taux d'oxygène¹. *Gliocladium solani* est par contre un champignon antagoniste qui peut exercer un contrôle biologique (biofongicide) sur d'autres organismes pathogènes. Sa présence serait donc neutre, voire bénéfique, pour la protection des bois ensilés. Aucune dégradation du bois induite par ce champignon dans des silos n'est mentionnée dans la littérature⁷.

Les grumes stockées sous bâches ont été envoyées en scierie pour réaliser des débits industriels et subir une évaluation visuelle par les professionnels de la filière bois*. Celle-ci s'est révélée très positive. De l'avis unanime des professionnels, le bois stocké avait l'apparence du bois fraîchement abattu et les sciages présentaient visuellement les caractéristiques attendues pour ce type de qualité de produit (figure 5). Seule la couleur des sciages semblait différer légèrement de la couleur type attendue pour un épicéa, selon une partie du panel d'observateurs.

Propriétés et qualité du bois

Méthodologie

Cinq billons de 2,8 mètres de longueur provenant de la bille de pied ont été prélevés aléatoirement sur cinq arbres avant la mise sous bâches. Ils ont été débités en plateaux et conditionnés dans un hall ventilé en attendant la fin du stockage sous bâches. Au débâchage, cinq nouveaux billons ont été prélevés sur les mêmes arbres dans le prolongement des précédents avant d'être débités et séchés suivant le même protocole. Deux lots de bois ont ainsi été constitués : les bois témoins et les bois stockés sous bâches. À partir des plateaux séchés, des éprouvettes sans défaut et des poutres en vraie grandeur ont été façonnées ainsi que des carrelots pour les tests d'imprégnation et des planchettes pour les tests portant sur la couleur du bois après séchage.

Les tests physiques et mécaniques ont été réalisés sur les éprouvettes et sur les poutres. Au contraire des poutres en vraie grandeur qui contiennent poten-

* Une vidéo a été réalisée à ce sujet : www.rnd.be/actualites/le-stockage-sous-bache-une-nouvelle-piste-pour-les-chablis/

tiellement tous les types de défauts : nœuds, poches de résine, pente de fil, fentes, etc., et qui permettent de caractériser le bois prêt à l'emploi, les éprouvettes sans défaut permettent de comparer plus précisément l'effet du stockage en éliminant l'influence des défauts de croissance. Les tests ont été réalisés au laboratoire de Technologie du Bois du SPW et au sein de l'Unité de Gestion des Ressources forestières de Gembloux Agro-Bio Tech.

Les débouchés en structure constituent la principale voie de valorisation de l'épicéa belge. Il importe dès lors de vérifier que le stockage anaérobie n'impacte pas les propriétés physiques et mécaniques du matériau. L'expérimentation a porté sur la détermination de ces propriétés à partir du bois issu des billons témoins et stockés. À cet égard, la masse volumique est une propriété fondamentale car de nombreuses propriétés physiques et mécaniques du matériau bois lui sont liées. Elle a été mesurée afin de vérifier que lors du stockage sous bâches aucune altération du bois susceptible d'engendrer une perte de masse n'apparaissait. Par ailleurs, les éventuelles dégradations par des agents biologiques lors du stockage sous bâches pourraient aussi affecter des propriétés mécaniques essentielles telles que :

- le **module d'élasticité**, qui traduit la rigidité du bois.
- la **contrainte de rupture en flexion statique**, qui correspond à la valeur maximale qu'une pièce de bois peut supporter avant de casser.
- la **contrainte de rupture en flexion dynamique, ou résilience**, qui représente la résistance d'une pièce de bois soumise à un choc sur une de ses faces latérales.

L'**imprégnabilité**, soit la capacité d'un bois à se laisser pénétrer par une solution d'imprégnation a également été investiguée. L'épicéa est en effet réputé pour être un bois peu voire non-imprégnable (classes 3 et 4). Néanmoins, il est mentionné dans la littérature que le stockage par voie humide, peut améliorer son imprégnabilité (plus grande proportion de sciages en classes 1 et 2). Pour vérifier l'impact du stockage sous bâches sur cette propriété, des carrelots ont été imprégnés avec une solution de sulfate de cuivre, dont les pénétrations latérale et longitudinale sont révélées à l'aide d'un indicateur coloré pour déterminer la classe d'imprégnabilité (figure 6). L'imprégnation est réalisée en autoclave suivant un procédé de vide et pression qui vise à forcer la pénétration du liquide dans le bois.

La **couleur** du bois a aussi fait l'objet d'investigations car l'aspect visuel des bois ne doit pas être négligé, même pour un usage en structure. À cet égard, la couleur claire de l'épicéa constitue un atout. Pour rappel,

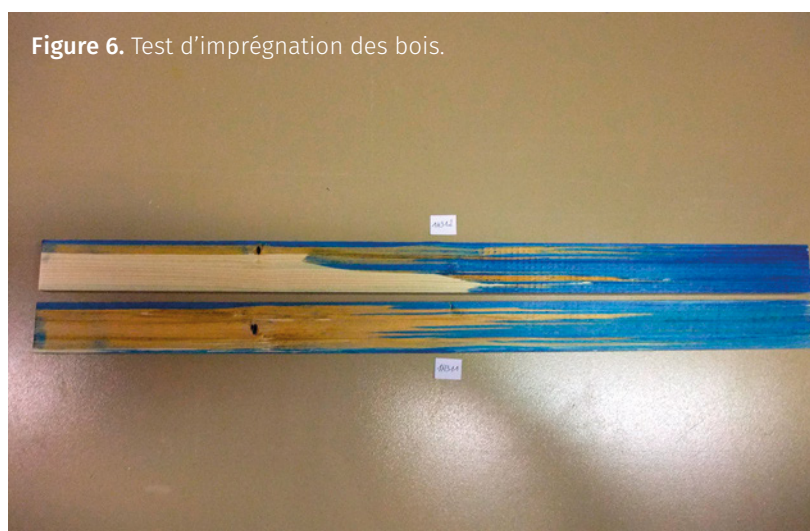


Figure 6. Test d'imprégnation des bois.

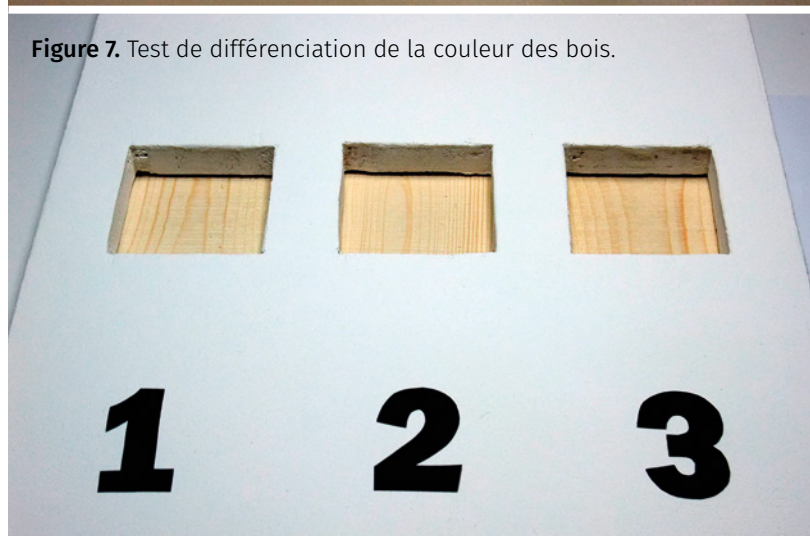


Figure 7. Test de différenciation de la couleur des bois.

lors du sciage, une légère différence de couleur a été soupçonnée par une partie du panel d'observateurs. Dès lors un test a été mis en place afin de déterminer si des différences perceptibles étaient observables entre les échantillons témoins et stockés. Plutôt que d'utiliser un spectrophotomètre qui aurait délivré des valeurs absolues difficilement interprétables, nous avons opté pour un test triangulaire de différenciation utilisé classiquement en analyses sensorielles, notamment en industrie agro-alimentaire. Les observations ont été conduites dans un environnement lumineux contrôlé, sur des bois débités sur dosse et sur faux-quartier rabotés et non rabotés. Dix opérateurs ont réalisé trois observations pour chaque type d'échantillon, au travers de fenêtres d'observation de 70x70 mm² (figure 7).

Principaux résultats

Sur les billons stockés sous bâches, une légère coloration brunâtre a été observée dans quelques cernes à proximité de l'écorce, sur une profondeur variable de 14 à 28 mm. Cette coloration n'est pas réversible

pour une valorisation en sciage, mais son acceptabilité pour la qualité des plaquettes papetières mériterait d'être investiguée davantage. Il est à noter également que les pièces débitées dans la périphérie des billons se caractérisent par une odeur désagréable à la tombée de scie mais cette odeur disparaît progressivement avec le temps ce qui ne devrait pas pénaliser ces produits.

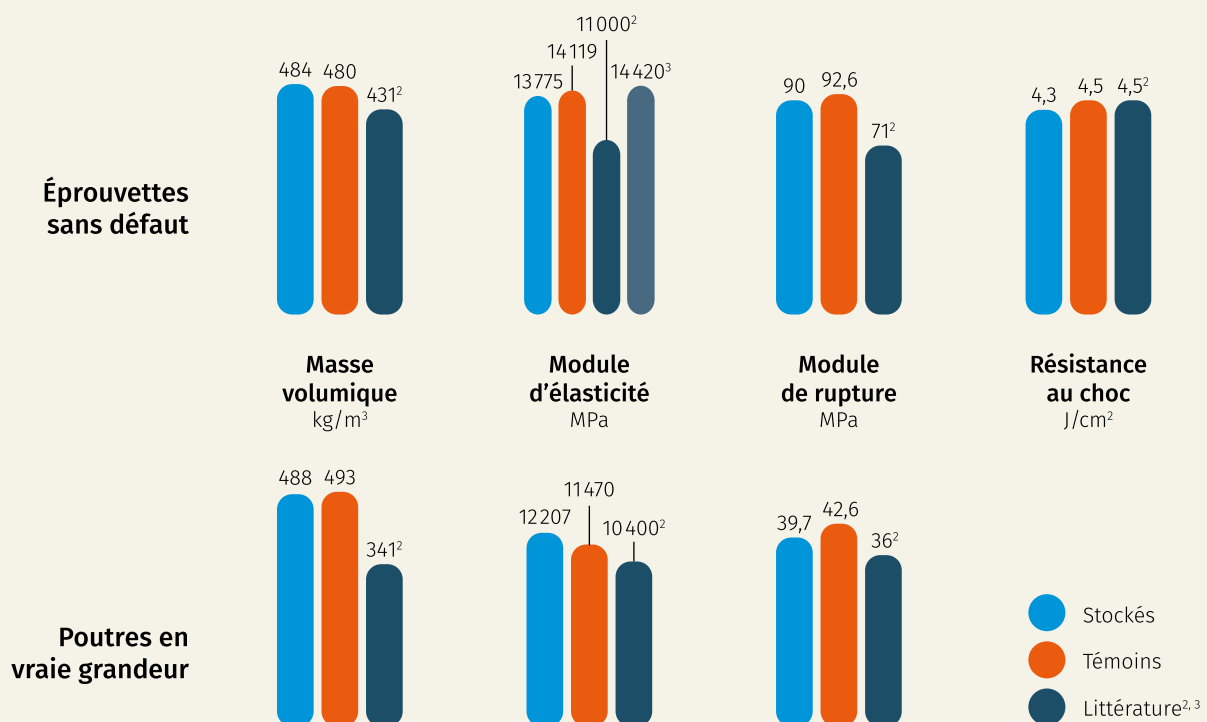
Les valeurs obtenues pour les tests physiques et mécaniques sont présentées dans la figure 8. Les valeurs mesurées ont aussi été comparées à des valeurs de références obtenues pour l'épicéa produit en Wallonie^{2,3}. Aucune différence statistiquement significative n'a pu être mise en évidence entre les bois stockés et témoins. En d'autres termes, à l'issue des 57 mois de stockage sous bâches, la masse volumique, le module d'élasticité, le module de rupture et la résistance au choc ne sont pas différents. Le stockage sous atmosphère anaérobie ne modifie donc pas le comportement mécanique du bois et lui conserve tout son potentiel de valorisation en structure. Le maintien de l'anoxie, sans discontinuité durant toute la durée du stockage, a efficacement évité l'apparition des champignons lignicoles (responsables de décoloration du bois) et lignivores (responsables de la dégradation des constituants de la matière ligneuse). La comparaison de ces résultats avec les données de référence citées pour l'épicéa montre que les bois étudiés présentent des caractéristiques supérieures.

Pour rappel, il s'agit d'épicéas de Haute Ardenne réputés pour leurs bonnes propriétés en relation avec leurs conditions de croissance. Notamment, en se référant aux valeurs caractéristiques de résistance des pièces en vraie grandeur, ces lots stockés sous bâches et témoin peuvent être répertoriés dans la classe de résistance C_{24} correspondant à des bois classiquement utilisés en structure.

Les résultats du test d'imprégnabilité sont présentés à la figure 9. Il ressort de l'essai que 27 % des échantillons témoins atteignent la classe 1 et 27 % la classe 2. Par conséquent, moins de la moitié des échantillons témoins testés se trouvent en classe 3 ou 4, correspondant à des bois faiblement ou non-imprégnables. En ce qui concerne les bois stockés, seuls 7 % atteignent la classe 1 et 33 % la classe 2. Une plus grande proportion (60 %) se trouve en classes 3 et 4. Ces résultats confirment que l'épicéa est une essence difficilement imprégnable sans prétraitement et tendent à démontrer que le stockage anaérobie n'améliore pas l'imprégnabilité de cette essence, au contraire, il semblerait l'aggraver. Néanmoins, l'analyse statistique ne permet pas de conclure que l'imprégnabilité des bois stockés sous bâches soit différente de celle des bois témoins.

Finalement, aucune différence de couleur statistiquement significative n'a été observée entre les planchettes témoins et stockées. Cela est vrai pour des

Figure 8. Valeur moyenne des propriétés des bois stockés et témoins, et valeurs de référence (littérature).



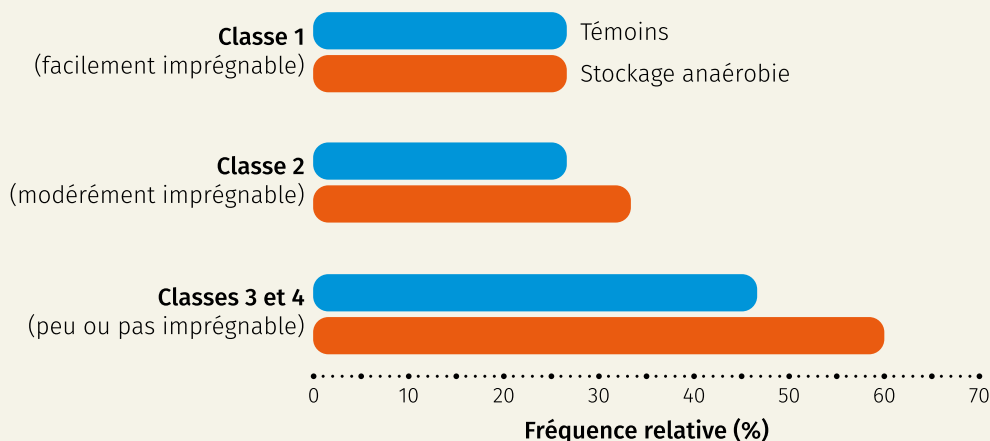


Figure 9. Répartition des échantillons en classes d'imprégnabilité.

planchettes débitées sur dosse et sur faux-quartier, tantôt rabotées ou non. Ces résultats contredisent l'impression d'une partie des scieurs et observateurs sur l'aspect visuel des bois sciés tombant de scie dans des conditions industrielles réelles juste après l'ouverture du silo. Il est probable que le séchage du bois ou l'exposition à la lumière atténuée les possibles différences de couleur observées lors du sciage.

Conclusions et perspectives

Il ressort de cette expérimentation grandeur nature que le procédé de stockage sous bâches hermétiques est à même de garantir une excellente conservation des bois pendant une longue durée, lorsque le stockage s'est déroulé dans des conditions optimales. Rappelons qu'en tout état de cause, les procédés de conservation du bois permettent au mieux de conserver la qualité initiale du matériau, jamais de l'améliorer. Par contre, un bois qui est déjà dégradé lors de son stockage le restera. Il est fortement conseillé de trier les bois avant stockage par aspersion ou sous bâches hermétiques et d'exclure les bois trop altérés. Le potentiel de valorisation finale du bois doit permettre de rémunérer en partie ou totalement le coût du stockage.

Non seulement les grumes d'épicéa présentaient des caractéristiques visuelles intéressantes après presque cinq années de stockage, mais elles présentaient aussi des propriétés physiques et mécaniques similaires aux échantillons témoins. Le stockage sous bâches hermétiques n'a entraîné aucune modification des propriétés physico-mécaniques des bois analysés. L'imprégnabilité n'a pas été modifiée non plus par cette méthode de stockage en conditions

anaérobies, alors que les bois subissant un stockage humide voient leur imprégnabilité améliorée en raison de la destruction des barrières naturelles par le passage de l'eau et l'attaque des bactéries¹². Au cours de l'expérimentation, certains professionnels du secteur avaient remarqué une coloration légèrement différente des bois tombant de scie lors du test de sciage à la scierie Bill, cependant, l'analyse menée sur ces bois tend à réfuter toute modification perceptible après séchage. À l'instar du stockage par aspersion¹², il est possible que cette modification de couleur se soit estompée après ressuyage. Ces constats font de cette technique novatrice, une méthode de stockage de qualité.

On peut cependant se demander si le stockage sous bâches hermétiques constitue une réelle alternative au stockage sous aspersion. Hors période de crise, il est certain que le coût du procédé par mètre cube de bois stocké reste un frein à une utilisation ponctuelle. Après tempête, en période de crise pour le marché du bois, la méthode pourrait cependant être envisagée au cas par cas. Présentant peu d'impact sur l'environnement et nécessitant un suivi moins exigeant, le stockage sous bâches devient rentable pour une durée de plus de 36 mois pour des bois de grande valeur. C'est particulièrement important à considérer en cas de soutien public pour l'installation des silos¹⁰. Le stockage par aspersion nécessite quant à lui une maintenance très régulière, génère une consommation d'eau et d'électricité importante, présente un impact potentiellement négatif sur l'environnement nécessitant l'obtention d'autorisations publiques préalables et peut conduire à la dépréciation des bois en cas de défaillance de l'installation. Néanmoins, cette technique permet de conserver



POINTS-CLEFS

- ▶ 75 m³ d'épicéa ont été stockés sous bâches hermétiques durant 57 mois.
- ▶ À l'ouverture du silo, les grumes ressemblaient à du bois fraîchement abattu. Un mycélium blanc recouvrait l'écorce mais elle ne se décollait pas.
- ▶ Leur sciage a révélé un aspect et une couleur similaire à du bois frais.
- ▶ Les tests en laboratoire n'ont montré aucune différence significative avec les échantillons témoins.
- ▶ Le stockage sous bâches de bois chablis est une bonne alternative au stockage par aspersion pour les bois de bonne qualité et de grande valeur.

de grandes quantités de bois à des coûts limités et restera donc utilisée dans le cadre d'une stratégie de stockage à grande échelle.

Cette expérimentation a eu le mérite d'ouvrir le débat et d'éclairer la communauté forestière sur la faisabilité technico-économique du procédé en Wallonie, en termes de coûts, de surveillance et d'attractivité de la méthode auprès des industriels¹⁰. En effet, il est indispensable que les acteurs de la filière bois et les autorités publiques disposent d'une bonne connaissance des alternatives en termes de stockage et des coûts associés pour en évaluer l'impact dans le cadre de la stratégie de gestion de crise mise en place après tempête. De même, ce fut l'occasion d'acquérir auprès de la firme Wood-Packer les connaissances théoriques et les compétences techniques indispensables à la mise en œuvre, si nécessaire, du procédé au niveau régional. ■

Bibliographie

- ¹ Baker C.P., Barnette D.H., Walter J.F. (1997). *Method to extend the shelf-life of spore-based biocontrol agents*. Thermo Trilog Corporation, USA. Brevet 1997, IPO C12N 1/04 1/20, 23 p.
- ² Hébert J., Herman M., Jourez B. (2002). *Sylviculture et qualité du bois de l'épicéa en Région wallonne*. Éditions Forêt Wallonne asbl, 177 p.
- ³ Jourez B., Leclercq A. (1994). *Modelling Young's modulus on small clear specimens in relation to silvicultural treatment*. ECC Forest Project, Contract n° MA2B-0024, Final report Task 11, Station de Recherches Forestières, Gembloux, 89 p.
- ⁴ Latour S., Kiffer A., Moreau J., Dadouin G. (2009). Étude sur la faisabilité du stockage du bois chablis par voie humide. FIBA, 35 p.

- ⁵ Laybourne A. (2003). *Suivi et amélioration de procédés de conservation de grumes de hêtre par ensilage sur les sites de Chizé (Poitou-Charentes), Nancy (Lorraine) et Langres (Champagne-Ardenne)*. Rapport de synthèse, convention de recherche DERF/ONF/CTBA n° 61.45.31/00, 58 p.
- ⁶ Laybourne A., Jarret P. (2003). Le stockage par ensilage étanche tient ses promesses. ONF, *Rendez-Vous Techniques 1* : 32-36.
- ⁷ Maier T. (2005). *Konservierung von Rundholz unter Sauerstoffabschluss : Folienkonservierung*. Thèse de doctorat, Albert Ludwigs Universität Fribourg, 236 p.
- ⁸ Moreau J., Barre D. (2010). Grumes de hêtre stockées en « silo étanche » en forêt de Chizé : bilan qualitatif 10 ans après. ONF, *Rendez-Vous Techniques 29-30* : 17-20.
- ⁹ Richter C., Richter A. (2003). Le stockage sous bâche plastique a-t-il un avenir commercial ? ONF, *Rendez-Vous Techniques 1* : 37-40.
- ¹⁰ Riguelle S., Hébert J., Jourez B. (2010). Quelles perspectives pour le stockage des bois chablis sous bâches hermétiques en Wallonie ? *Forêt Wallonne 108* : 36-43.
- ¹¹ Riguelle S., Hébert J., Jourez B., Rommelaere A. (2011). Le plan chablis : un outil de planification d'urgence et de gestion de crise pour la forêt wallonne. *Forêt Wallonne 111* : 3-9.
- ¹² Vautherin P. (2000). La conservation des grumes issues de chablis. *CTBA Info 82* : 2-9.

Les auteurs remercient les personnes et les institutions qui ont rendu possible cette étude, et plus particulièrement : le Département de la Nature et des Forêts et sa direction extérieure de Malmedy-Bullange (SPW, DGO3), spécialement L. Schlembach et H. Schifflers, la firme Johnen A.G. d'Eupen pour le transport des bois, la scierie Bill d'Amel pour leur débit et la société Wood-Packer et son directeur Th. Maier pour l'installation des dispositifs. Les auteurs remercient également le personnel du Laboratoire de Technologie du Bois (SPW, DGO3) et de l'asbl Geprofor pour leur appui technique.

Crédits photos. B. Jourez (p. 61 et 63), S. Riguelle (p. 62 et 64) et C. Lesire (p. 65).

Simon Riguelle¹

Cécile Lesire²

Jacques Hébert³

Benoît Jourez¹

simon.riguelle@spw.wallonie.be

¹ Laboratoire de Technologie du Bois (SPW, DGO3)
Avenue Maréchal Juin 23 | B-5030 Gembloux

² Geprofor asbl (ULg, GxABT)
Passage des Déportés 2 | B-5030 Gembloux

³ Gestion des Ressources forestières (ULg, GxABT)
Passage des Déportés 2 | B-5030 Gembloux