



## L'IMPREGNABILITE DU SAPIN

### FCBA INFO

Soucieux de valoriser le sapin pectiné (*Abies alba Mill.*), FIBOIS Bourgogne Franche-Comté, avec le soutien du Conseil Régional, a confié à FCBA une étude visant l'évaluation de l'influence de paramètres de pré-conditionnement des sciages sur l'imprégnabilité en vue de l'utilisation de cette essence sous forme de sciage en classe d'emploi 4 selon la norme EN 335. La première phase de l'étude, objet du présent article, fournit des résultats intéressants qui invitent à poursuivre les travaux pour mieux traiter cette essence traditionnellement associée à l'épicéa dans les colisages.

### Objectifs de l'étude

L'étude vise à :

- ✓ faire un état des connaissances sur l'imprégnabilité du sapin,
- ✓ préciser sa position dans les normes,
- ✓ identifier des axes de travail pour améliorer l'efficacité des traitements de préservation : pré-conditionnement, et paramètres des procédés de traitement,
- ✓ faire une première série de tests sur les axes les plus prometteurs.

### Rappel sur les classes d'emploi

Par sa nature, le bois est sensible aux variations hygrométriques ambiantes. Pour une température et une hygrométrie données, il existe un état d'équilibre nommé équilibre hygroscopique. Ainsi le bois en service contient une certaine quantité d'eau exprimée par le taux d'humidité.

Une bonne connaissance de cette caractéristique des bois permet de prendre les dispositions adaptées vis-à-vis des dégradations biologiques du bois qui ont pour origine les champignons et les insectes. Les champignons se développent lorsque la substance nutritive du bois permet leur germination c'est-à-dire lorsque le milieu, notamment l'humidité et la température, sont favorables. Il y a risque à partir d'un taux d'humidité au-delà de 22 % dans les bois dont la durabilité (naturelle ou conféré) est insuffisante. Les champignons sont de deux types :

- ✓ Les pourritures qui entraînent des dégradations mécaniques des bois.
- ✓ Les moisissures qui occasionnent des modifications de couleur et d'aspect.

Lutter contre ces micro-organismes, revient à protéger le bois contre des niveaux hygroscopiques élevés, permettant ainsi son utilisation en classe d'emploi 4. Celle-ci caractérise la situation dans laquelle le bois ou le produit à base de bois est en contact avec le sol ou de l'eau douce le rendant ainsi exposé en permanence à l'humidification.

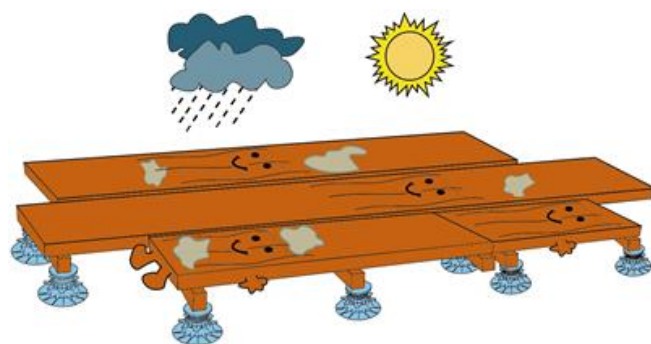
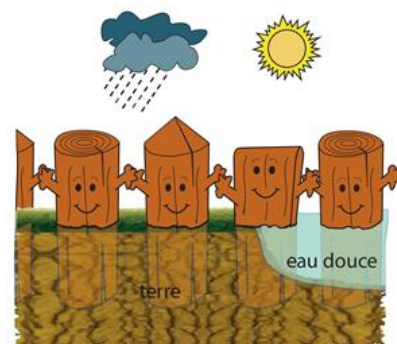


Figure 1 : classe d'emploi 4 : bois en extérieur en contact récurrent avec le sol et/ou l'eau, voire immergé en eau douce (piquets ou poteaux plantés en terre, solivage de terrasse, revêtements de berges...) - Source : les classes d'emploi selon la norme NF EN 335 : exemples de cas courants, document FCBA 09/2017



La durabilité est parfaitement encadrée par la normalisation. Ainsi, pour vérifier l'aptitude à l'emploi d'un élément considéré, il faut suivre la logique suivante :

- ✓ Déterminer la classe d'emploi de l'élément considéré,
- ✓ Choisir une essence de bois et, pour cette essence
- ✓ Vérifier si elle est suffisamment durable sans traitement (selon EN 350 et EN 460).
- ✓ Dans la négative, vérifier si elle est imprégnable (selon EN 350 et tableau 4) et choisir le traitement et son mode d'application (selon EN 599-1 et EN 351-1 et -2) pour conférer une durabilité correspondant à un niveau de traitement déterminé dont les paramètres : essences, produit, quantité, profondeur sont identifiés.

En fonction de la classe d'emploi et de la profondeur du risque d'humidification du bois (volume humidifiable), la norme NF B50-105-3 précise les exigences de pénétration et de rétention du produit de préservation dans le bois. Il existe plusieurs procédés de traitement comme le badigeonnage, la pulvérisation, le trempage ou l'autoclave. Le procédé sera choisi en fonction de l'imprégnabilité et des performances attendues (cf. encadré).

## Les traitements permettant d'atteindre une classe d'emploi 4

### Le traitement par imprégnation sous pression (autoclave)

Ce traitement consiste à imprégner le bois en profondeur avec un produit de préservation grâce à un système de vide / pression en autoclave. Ce procédé ne permet pas un traitement "à cœur" du bois et la pénétration du produit se fait sur quelques centimètres, en fonction de l'imprégnabilité du bois. Le produit d'imprégnation sera plus efficace sur du bois non purgé d'aubier, l'aubier étant en général plus imprégnable que le duramen.

Des pigments de coloration peuvent être associés aux produits de traitement. On retrouve couramment des produits autoclavés verts, marron et gris dont les couleurs s'atténueront rapidement avec le temps.

Sur le chantier, si les pièces de bois nécessitent d'être retaillées, la solution de traitement sera appliquée par badigeon sur les coupes.

### Le bois modifié par acétylation

Le procédé d'acétylation, breveté et développé sous la marque bois Accoya® est le seul traitement revendiqué comme non biocide qui ambitionne une utilisation en classe d'emploi 4. Le retour d'expérience est encore trop court pour positionner ce procédé au même niveau que la protection par traitement autoclave.

Il consiste à créer une réaction moléculaire au cœur du bois grâce à l'anhydride acétique issu de l'acide acétique (vinaigre). L'augmentation de molécules acétyle permet de réduire fortement l'interaction du bois avec l'eau au niveau moléculaire pour le rendre parfaitement stable et quasiment imputrescible.

Ce procédé nécessite des bois adaptés en qualité et dimensions brutes et des bois à croissance rapide comme le pin radiata. Les essences réfractaires ne sont pas protégées par ce type de traitement. Il n'empêche pas le phénomène de grisonnement, mais des finitions adaptées, stables dans le temps sont maintenant disponibles sur le marché.

## Connaissances actuelles

A dire d'experts validé au niveau européen, l'imprégnabilité du sapin pectiné (aubier et/ou duramen) selon la norme EN 350 (version 2016) est défini comme moyennement à peu imprégnable. L'épicéa, quant à lui, est jugé peu à non-imprégnable.

Essence	Durabilité naturelle du cœur du bois				Imprégnabilité		Largeur aubier
	champignon	capricorne	vrillette	termite	bois parfait	aubier	
sapin	4	S	S	S	2-3	2v	x
épicéa	4 (4-5)	S	S	S	3-4	3v	x

Largeur d'aubier → m = moyen ; s = faible ; x = pas de différenciation nette

Imprégnabilité → Notation de 1 (imprégnable) à 4 (peu imprégnable), v indique que l'essence présente une variabilité inusuelle.

Champignon : notation de 1 (très durable) à 5 (très sensible)

S signifie sensible

Tableau 1 : extrait de la norme NF EN 350 (2016)

La veille bibliographique montre que les articles scientifiques sur le traitement pour une classe d'emploi 4 du sapin ne sont pas nombreux contrairement à l'épicéa. Par exemple, l'IRG (International Research Group on Wood Protection) qui organise des conférences annuelles depuis 1969, dispose d'une base de données documentaire de plus de 5000 références. L'interrogation de cette base selon nos critères aboutit au constat suivant :

- ✓ Epicéa-Spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) → 145 publications depuis 1970
- ✓ Sapin-Fir (*Abies alba* Mill.) → 14 publications depuis 1980

Ceci s'explique par le fait que l'épicéa est l'espèce dominante en forêt et sur les marchés dans les grands pays forestiers européens (Allemagne, Autriche, Suède, Finlande). Elle a donc logiquement donné lieu à plus de travaux de R&D que le sapin. En France, le sapin est une essence qui suscite un regain d'intérêt parce la ressource est importante dans certains massifs, parfois sous la forme de gros bois qu'il est nécessaire de récolter pour assurer le renouvellement des peuplements forestiers. De plus il semble plus adapté aux évolutions climatiques en cours et il prendrait une place grandissante dans les forêts. Pouvoir ouvrir de nouveaux marchés est donc un enjeu de taille pour cette essence qui présente des caractéristiques propres.

## Expérimentation

### Paramètres de pré-conditionnement des planches testées

En vue de son traitement par imprégnation, 2 paramètres importants de pré-conditionnement ont été identifiés :

- ✓ La teneur en eau des bois entre 12 et 24% au moment du traitement du bois
- ✓ La température des avivés au début du cycle de traitement.

Les modalités de pré-conditionnement testées sont résumées dans le tableau ci-dessous.

Cycle	Température	Humidité
1	20 °C	12 %
2	20°C	24 %
3	40°C	12 %
4	40°C	24 %

Tableau 2 : modalités de préconditionnement testées

## Préparation des échantillons

Sous la responsabilité de FIBOIS BFC, environ 110 avivés de sapin (frais de sciage) de 42 \*42\*1000 mm minimum (volume 0.1 m3) en débit (quartier) et de droit fil sans défaut (pas de fente, pas de poche résine, pas de nœuds) issus de duramen et aubier ont été envoyés au FCBA. Un rabotage a été fait avant la phase de séchage pour enlever les premières moisissures.

Pour respecter le rapport technique FD CEN/TR 14734 (2005) décrivant la méthodologie expérimentale, il faut s'assurer au préalable que les éprouvettes soient clairement identifiées comme provenant d'aubier ou de duramen.

Un travail préparatoire a été réalisé pour identifier ces deux types de bois par coloration avec un réactif, en effet l'aubier du sapin n'est pas distinguable du duramen à l'œil nu.




Coloration	Constat	Classification
	100% jaune-vert	Aubier
	Mélange avec limite bleu / jaune-vert (souvent confirmé par attaque de champignons de l'autre côté)	Mixte Aubier / Duramen
	100% bleu	Duramen

Tableau 3 : test de coloration par réactif et classification des éprouvettes

Après tri en fonction de la nature du bois (aubier, mixte, duramen), toutes les éprouvettes ont été conditionnées en chambre climatique soit à 12% soit à 24%.

Des éprouvettes d'aubier de pin sylvestre (*Pinus sylvestris*) et d'épicéa (*Picea abies*) de même dimension ont également été préparées et utilisées comme témoins.

Une couche de peinture est appliquée sur la section à une extrémité de chaque éprouvette puis elles ont été placées en autoclave pour le traitement.

## Déroulé des tests

Les tests se font dans le respect du cahier des charges énoncé dans le document technique CEN/TR 14734 qui décrit les méthodes de laboratoire pour déterminer l'imprégnabilité des essences de bois pour les produits de préservation.

Les éprouvettes de sapin ont été soumises à 4 cycles de traitement avec les éprouvettes-témoins. Les paramètres de pression sont identiques pour les 4 cycles : pression initiale -0.9 bar pendant 45 min. puis élévation de la pression jusqu'à 8 à 12 bar pendant 120 min.

Les effectifs sont de 15 éprouvettes de sapin dans les deux catégories mélangées « aubier » et « mixte » et 5 à 7 éprouvettes pour le duramen.

Le produit d'imprégnation est une solution aqueuse de pentahydrate de sulfate de cuivre dosée à 5%.

Après une période de conditionnement en chambre climatique pour atteindre 18% d'humidité, les éprouvettes sont sciées dans le sens latéral et axial.

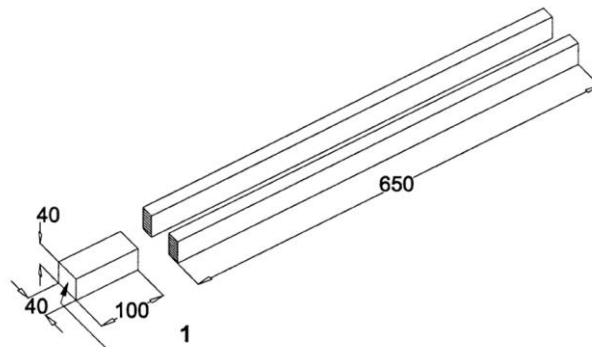


Figure 1 : modalités de découpe des éprouvettes

Une solution d'Azurol chromium S est appliquée pour révéler, en bleu, les zones du bois imprégnées de la solution de sulfate de cuivre.

## Mesures effectuées sur les bois traités

Lorsque les éprouvettes sont suffisamment sèches, la pénétration latérale minimale (Pmin) est déterminée. Cette mesure correspond à la moyenne des mesures effectuées sur 12 points (cf figure 2). Si la pénétration n'excède pas 10mm sur tous les points, la pénétration moyenne est la moyenne des 12 points. Si une seule mesure excède 10mm, la pénétration moyenne est la moyenne des 4 points pris au centre des 4 faces de l'échantillon.

La pénétration axiale moyenne, quant à elle, correspond à la distance, côté non peint, sur laquelle la solution a pénétré sur toute la section de l'éprouvette (cf figure 2).

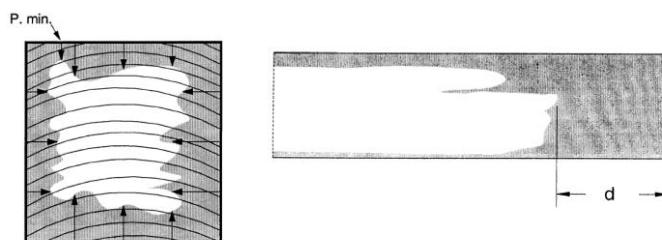


Figure 2 : mesures des pénétrations latérale et axiale



## Résultats

L'analyse des témoins permet de valider nos expérimentations : toutes les éprouvettes d'aubier de pin sylvestre ont atteint la classe 1 d'imprégnabilité et l'épicéa montre une grande variabilité mais se situe principalement en classe 3 et 4 conformément aux résultats d'études antérieures.

Pour le sapin, les résultats sont synthétisés sur le graphique 3.

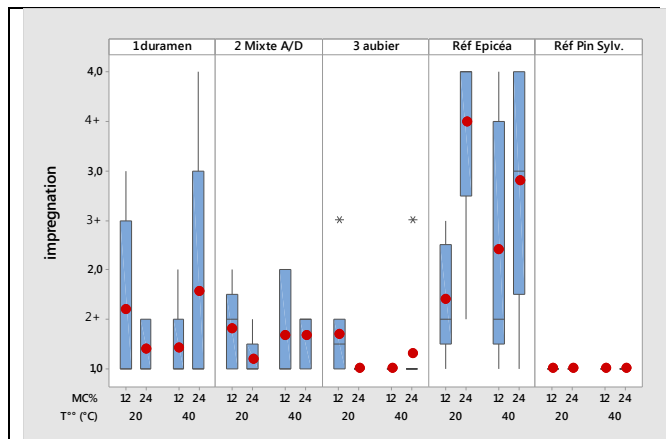


Figure 3 : analyse statistique de l'imprégnabilité du sapin. La barre bleue correspond à l'amplitude des résultats individuels. Le point rouge représente la valeur moyenne. Echelle de 1 (bonne imprégnabilité) à 4 (très faible imprégnabilité).

### Pour les éprouvettes d'aubier et de bois mixte (aubier/duramen) :

- ✓ Pour le pré-conditionnement 20°C/12%, l'imprégnabilité montre une grande variabilité entre 1 et 3+
- ✓ Pour le pré-conditionnement 20°C/24%, tous les éprouvettes sont en classe 1 sauf une éprouvette de bois mixte en classe 2+
- ✓ Pour le pré-conditionnement 40°C/12%, toutes les éprouvettes de bois mixte sont en classe 1 sauf un échantillon en classe 3+ et 2 éprouvettes en classe 2+
- ✓ Pour le pré-conditionnement 40°C/24%, toutes les éprouvettes sont en classe 1 à l'exception d'une éprouvette en classe 2

### Pour les éprouvettes issues du bois du duramen

- ✓ Les résultats d'imprégnabilité sont très variables, entre 1 et 4 (4 pour une seule éprouvette). Mais pour toutes les modalités de pré-conditionnement, plus de la moitié des éprouvettes atteint la classe 1.

## Discussion et perspectives

Globalement, ce test **en laboratoire** démontre que l'imprégnabilité du sapin est bonne.

L'impact du pré-conditionnement est important pour améliorer l'imprégnabilité de l'aubier. A 40°C, tout l'aubier est imprégnable. Pour les modalités à 20°C, il apparaît qu'une augmentation de l'humidité, de 12 à 24%, permet d'améliorer l'imprégnabilité et de faire pénétrer la solution de cuivre dans tout l'aubier. Pour les deux modalités de température, l'augmentation de l'humidité des bois améliore la pénétration de la solution de cuivre dans l'aubier.

Pour le bois de cœur, les résultats d'imprégnabilité montrent une plus grande variabilité et les interactions entre les deux paramètres température et humidité ne sont pas clairement définies dans cette première série de tests.

Ces premiers résultats demandent maintenant à être confirmés sur de nouveaux tests pour vérifier que la température et l'humidité des bois sont les principaux paramètres influençant l'imprégnabilité du sapin. Les premiers éléments collectés lors des essais montrent que la croissance annuelle des arbres (= la largeur des cernes), les modalités de sciage et la densité du bois n'ont pas interféré avec les paramètres de pré-conditionnement testés.

Dès à présent ces premiers résultats pourraient être utilisés pour faire évoluer le classement du sapin dans la norme EN 350 :2016 en proposant que l'aubier soit en classe 1-3 (contre 2v actuellement) et le bois de cœur en 1-3 (contre 2-3) actuellement. Mais en pratique, il faudrait pouvoir trier les deux essences en scierie pour tirer pleinement parti de cette différence de comportement au traitement de préservation.

### En termes de perspectives

La collaboration se poursuit avec FIBOIS Bourgogne Franche-Comté pour tester deux produits de traitement habituellement utilisés pour conférer aux bois des caractéristiques permettant une utilisation en classe d'emploi 4.

Au-delà de cette action régionale, les interprofessions régionales – de Bourgogne Franche-Comté et des autres régions concernées par le sapin - et FCBA réfléchissent à une suite sous la forme d'un projet de grande ampleur. L'objectif sera de confirmer les résultats de ces premiers essais sur un échantillon rassemblant diverses origines géographiques du sapin. Il s'agira également de tester d'autres produits de préservation et enfin d'entamer une série de tests de durabilité en milieu naturel.

Ces derniers tests demandent 6 à 8 ans de recul mais ouvriront la voie vers une évolution des normes aux niveaux national et européen.

### Bibliographie

Rapport technique FD CEN/TR 14734 :2005 « Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois – Détermination de l'imprégnabilité d'essences de bois par des produits de préservation – Méthode de laboratoire »

EN 350 (2016) Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Méthodes d'essai et de classification de la durabilité vis-à-vis des agents biologiques du bois et des matériaux dérivés du bois

EN 351-1 (2007) Durabilité du bois et des produits à base de bois - Bois massif traité avec produit de préservation - Partie 1 : classification des pénétrations et rétentions des produits de préservation

EN 351-2 (2007) Durabilité du bois et des produits à base de bois - Bois massif traité avec produit de préservation - Partie 2 : guide d'échantillonnage pour l'analyse du bois traité avec un produit de préservation

NF B50-105-3 (2014) Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Bois et matériaux à base de bois traités avec un produit de préservation préventif - Partie 3 : spécifications de préservation des bois et matériaux à base de bois et attestation de traitement - Adaptation à la France Métropolitaine et aux DOM

FD P 20-651 Juin 2011 Durabilité des éléments et ouvrages en bois

Graf E, Bör T. "Sawn timber of fir (*Abies alba* Mill.) - Treatability and usability for the Hazard Classes 3 and 4" 1999 – Conference IRG 99-06-06/11 Rosenheim, Germany; publication IRG/WP 99-40147

Delobel T., Lanvin J.D., Kutnik M., Raphaelen E., Michaud D., Dubois C., 2018. Study of the factors influencing the treatability of fir (*Abies alba*). Proceedings of IRG Annual Meeting

Etude réalisée en partenariat avec



Avec le soutien financier du

**commissariat du massif du Jura**



**Conseil Régional Bourgogne Franche-Comté**

**RÉGION  
BOURGOGNE  
FRANCHE  
COMTÉ**

Traduction de l'article Delobel T. et al. (2018) par

Stéphane GRULOIS ● [stephane.grulois@fcba.fr](mailto:stephane.grulois@fcba.fr)

Tél. 04 56 85 25 31

Délégation Territoriale Sud-Est

Domaine Universitaire

CS90251

38044 Grenoble

**Contacts**

Jean-Denis LANVIN\* ● [jean-denis.lanvin@fcba.fr](mailto:jean-denis.lanvin@fcba.fr)

Tél. 05 56 43 63 47

Elisabeth RAPHALEN\*\* ● [elisabeth.raphalen@fcba.fr](mailto:elisabeth.raphalen@fcba.fr)

Tél. 05 56 43 63 78

\*Pôle 1<sup>ère</sup> Transformation-Approvisionnement  
10 rue Galilée, 77420 Champs-sur-Marne

\*\*Laboratoires Bois

Allée de Boutaut BP 227 33028 Bordeaux

