

1

## QUELQUES ÉCLAIRCISSEMENTS S'IMPOSENT !

# LE BOIS DE RÉACTION

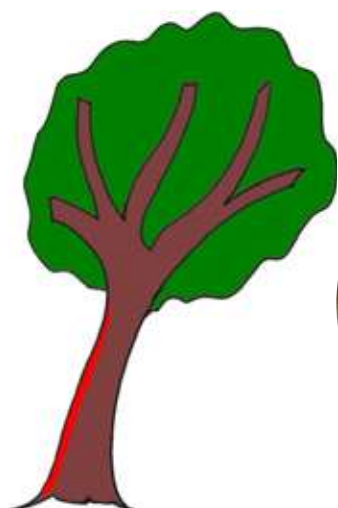
### ORIGINE DANS L'ARBRE

Tout au long de sa croissance, l'arbre produit son bois avec une légère contrainte de tension périphérique (comme des ressorts tendus tout autour de l'arbre). En tirant plus ou moins fort d'un côté ou de l'autre, l'arbre ajuste sa forme et maintient sa verticalité. Lorsque l'arbre subit un déséquilibre important (terrain en pente, vent unidirectionnel, léger déchaussement suite à une tempête,...) ou doit supporter une branche inclinée, il crée un bois avec une précontrainte très différent du bois opposé pour générer un moment de flexion équilibrant les efforts. Il produit pour cela un bois de nature différente du bois dit « normal », c'est le « bois de réaction ».

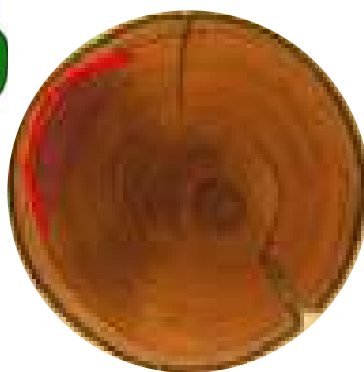
Résineux et feuillus ont opté pour deux stra-

tégies différentes pour une même fonction. Chez les feuillus, la flexion est produite en tirant plus fort sur la face supérieure de l'axe incliné que sur la face opposé. Ce bois en très forte précontrainte de tension est appelé « **bois de tension** ». Chez les résineux, la flexion est générée en poussant sur la face inférieure en générant du bois en précontrainte de compression, appelé « **bois de compression** ».

Chez certaines espèces, le bois de réaction a une vitesse de croissance très supérieure au bois opposé entraînant un excentrement de la moelle. Ce différentiel de croissance augmente l'efficacité de la réaction par effet « bras de levier ».



Bois de tension (feuillu)



Bois de compression (conifère)



Le bois de réaction est systématiquement présent dans les branches où des contraintes mécaniques sont très importantes. C'est, en particulier pour cette raison, que les branches ne sont pas utilisées pour la production de bois d'œuvre.

Lors d'une cicatrisation (blessure avec ou sans inclusion d'écorce ou entre-écorce), l'arbre est aussi en mesure de produire localement du bois de réaction. En partie courante non stressée, l'arbre peut égale-

ment produire du bois de réaction par des actions auxiniques<sup>1</sup>, dont les mécanismes ne sont pas encore très bien connus, qui peuvent être liées à des aspects génétiques ou à l'environnement.

Les bois de réaction ont une structure de cellules et une composition chimique différente qui le rendent parfois visible à l'œil nu. Mais surtout, ces différences de structures se traduisent par des propriétés mécaniques et physiques très différentes.

## PARTICULARITÉS DES CELLULES

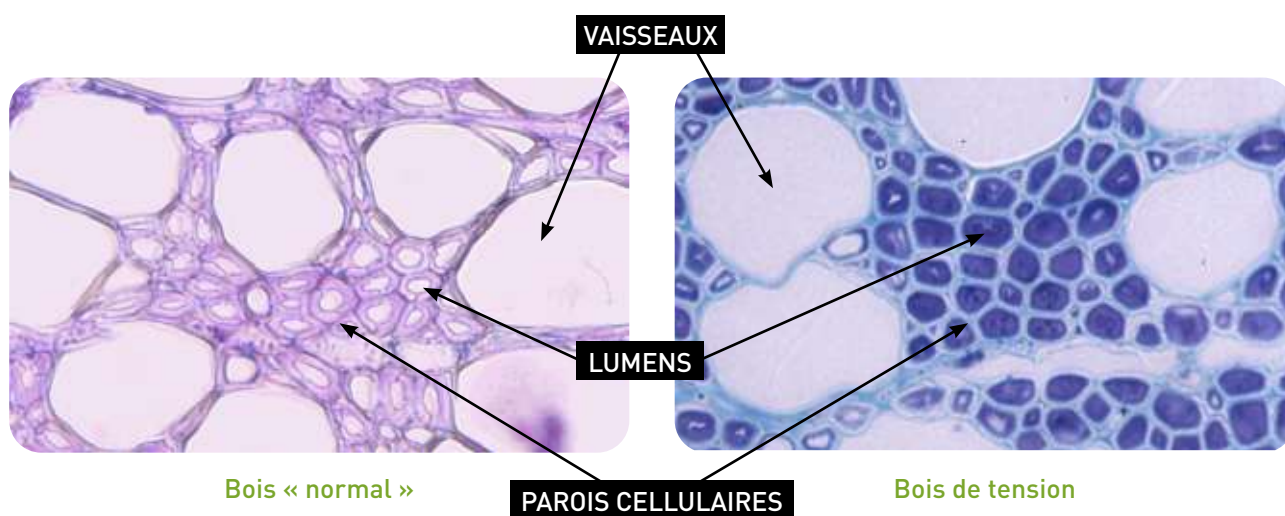
Les cellules du bois de réaction se distinguent des cellules courantes sur de très nombreux points, mais globalement :

### Chez les résineux :

- les cellules (trachéides) sont plus courtes ;
- les parois plus épaisses et plus lignifiées ;
- les micro-fibrilles de cellulose (organisées en spirale autour de la cellule) sont plus inclinées que dans le bois normal.

### Chez les feuillus :

- il y a moins de vaisseaux (cellules conductrices de la sève)
- les fibres sont plus longues et plus cellulosiques ;
- l'inclinaison en spirale de la cellulose a un angle très faible, proche de la verticale ;
- chez certaines espèces, une partie de la paroi des fibres est remplacé par une couche épaisse, dépourvu de lignine et fortement hydraté.



**1. Les auxines sont des hormones végétales, ou phytohormones, présentes dans tout le règne végétal, qui jouent un rôle majeur dans le contrôle de la croissance et du développement des plantes.**

## PROPRIÉTÉS DU BOIS DE RÉACTION

Typiquement, le bois de compression est en général plus dense (réduction des vides cellulaires) et plus coloré (forte présence de lignine). Ceci n'est pas systématique chez les feuillus. Les propriétés de résistance en compression du bois de réaction sont plus faibles que le bois normal. Les coefficients de retrait, notamment le retrait axial peut

atteindre dix fois celui du bois « normal ». Le bois de compression est moins perméable, du fait des parois épaisses des cellules et de leurs ponctuations obturées, et présente donc plus de difficultés au séchage. Chez le Sapelli, les zones de bois de réaction sont appelées **veines grasses** (du fait de leur aspect gras).

## DÉTECTION

La détection et le repérage du bois de réaction ne sont pas évidents pour les opérateurs, aussi bien dans l'arbre sur pied que sur le bois à l'état vert. C'est généralement durant le séchage que les spécificités de ce bois se

révèlent. Au microscope, l'une des méthodes de coloration la plus efficace est l'action de la safranine<sup>2</sup> suivie du vert-lumière qui fait ressortir en rouge le bois normal et en vert brillant le bois de tension.

## CONSÉQUENCES DANS L'UTILISATION DU BOIS DE RÉACTION

Outre les variations de couleur dans les tons rouge foncé à bruns, les plus graves conséquences dans l'utilisation du bois de réaction se révèlent lors du séchage, à travers des ruptures localisées (fentes, nids d'abeille...) et/ou des déformations (modification de la forme de la section, cintrage, tuilage, gauchissement...). Le caractère réfractaire du bois de réaction au séchage et les retraits dimensionnels très importants peuvent provoquer du collapse. Le collapse est un « effondrement<sup>3</sup> » des cellules qui se produit essentiellement dans des conditions chaudes et humides. Dans le cas du bois de

réaction, le collapse peut se produire durant le séchage naturel (sans augmentation de température ou d'humidité).

Lorsque le bois de réaction se situe sur des zones localisées, le défaut apparaît sous forme de fentes courtes et très larges ou de déformations.

Lors du déroulage, les cellules du bois de réaction s'écrasent sous le couteau et donnent un état de surface particulièrement pelucheux.

De même, dans le bois de réaction, les extrémités des cellules sont moins solidarisées, ce qui favorise une texture pelucheuse des sections transversales lors du travail du bois.

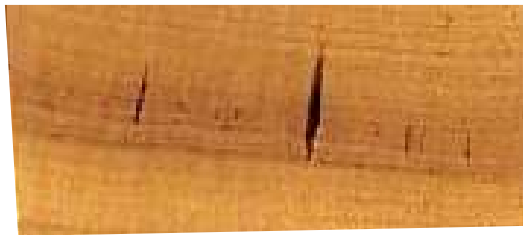
---

2. La safranine est un colorant

3. L'effondrement des cellules est comparable à celui d'un tube qui subirait une dépression extrême



Veine grasse sur Sapelli.  
Les cellules du bois  
de réaction rétrécissent  
en longueur jusqu'à  
la rupture.  
(Pièce de section  
115x40 mm)



Veine grasse sur Sapelli.  
Les cellules du bois  
de réaction favorisent  
le collapse.  
(Pièce de section  
100x125 mm)



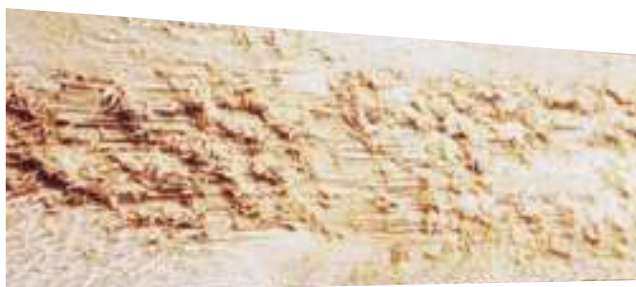
Veine grasse  
sur Sapelli.  
Ruptures  
transversales.  
(Pièce de largeur  
120 mm)



Entre-écorce  
et poche de bois  
de réaction  
sur Sapelli.  
(Pièce de largeur  
115 mm)



Déformation d'une pièce de Sapelli comportant une veine grasse sur une rive.  
(Pièce de section 100x30 mm)



Déroutage de Peuplier comportant du bois de tension et provoquant une surface pelucheuse.  
(placage de largeur 100 mm)



Fair&Precious recommande l'achat de bois tropical certifié FSC® et PEFC-PAFC.

Document réalisé par Bruno CLAIR, Michel VERNAY et Patrick MARTIN.

## QUELQUES ÉCLAIRCISSEMENTS S'IMPOSENT !

# COLORATION ANORMALE DU BOIS

Ces défauts sont difficilement discernables sur les grumes sauf s'ils apparaissent sur les sections, et encore ils sont très souvent positionnés à différentes hauteurs dans la grume. Le défaut peut se présenter sous forme de zones décolorées ou sur-colorées.

### ORIGINE DANS L'ARBRE

Il s'agit d'anomalies de croissance qui proviennent soit du blocage du métabolisme de l'arbre à une certaine période de sa vie et sur certaines zones bien précises du tronc, soit d'une réaction à une agression extérieure. Les défauts sont assez spécifiques pour certaines essences :

- tache ponctuelle sur Lati, Iroko
- décoloration du bois sur Sapelli, Moabi, Makoré
- veine noire sur Movingui
- tache claire sur Padouk

Remarque : ce type de problème est spécifique à un arbre et non à une zone géographique.



### CONSÉQUENCE SUR LE BOIS

Outre les désordres esthétiques que cette anomalie constitue, ces perturbations de duraminisation peuvent affaiblir la durabilité. En revanche les caractéristiques mécaniques ne sont pas affectées.

Taches sur Iroko en fin de vie  
(bois remarquablement peu  
nerveux et facile à travailler)



Décoloration  
du Sapelli



Taches sur du Makoré



Taches sur du Bossé



Fair&Precious recommande  
l'achat de bois tropical certifié  
FSC® et PEFC-PAFC.

Document réalisé par Michel VERNAY et Patrick MARTIN.

## QUELQUES ÉCLAIRCISSEMENTS S'IMPOSENT !

# RETRAITS, DÉFORMATIONS ET FENTES DE SÉCHAGE

### RETRAIT DU BOIS AU SÉCHAGE

Le bois peut contenir plusieurs formes d'eau (cf. fiche Humidité du bois). Lorsque son taux d'humidité est en dessous du point de saturation des fibres (PSF), les variations d'humidité conduisent à des variations de dimensions.

Dans une direction de bois donnée, on appelle le retrait total le rapport de la variation de dimensions entre le bois sec et le bois au PSF sur la dimension du bois sec.

$R = \frac{[Dim(PSF) - Dim(0\%)]}{Dim(0\%)}$	Dimension avec H ≥ PSF	
	Dimension avec H = 0%	

Le retrait total est variable selon le bois et surtout selon la direction considérée. Le retrait longitudinal total est le plus faible (dans le sens des fibres du bois) de l'ordre de 0,1 %. Le retrait radial total est plus important mais reste limité par la présence des

rayons ligneux, il est de l'ordre de 5 % en moyenne. Enfin, le retrait tangentiel total est le plus important car aucune cellule n'est orientée dans ce sens, il est de l'ordre de 10 % en moyenne.

$$\alpha = \frac{R}{PSF}$$

Les retraits sont proportionnels à la variation d'humidité. Le coefficient de retrait  $\alpha$  est défini par la variation de dimensions due à une variation de 1 % d'humidité sur la dimension du bois sec.



La variation de dimension se calcule de fait simplement avec la formule suivante :

$\Delta l = \frac{\alpha \times \Delta H \times l}{100}$		Dimension $l_1$ A humidité $H_1$
		Dimension $l_2$ A humidité $H_2$
Dans l'hypothèse où $H_1$ et $H_2$ sont inférieures au PSF		$\Delta l = l_1 - l_2$ $\Delta H = H_1 - H_2$

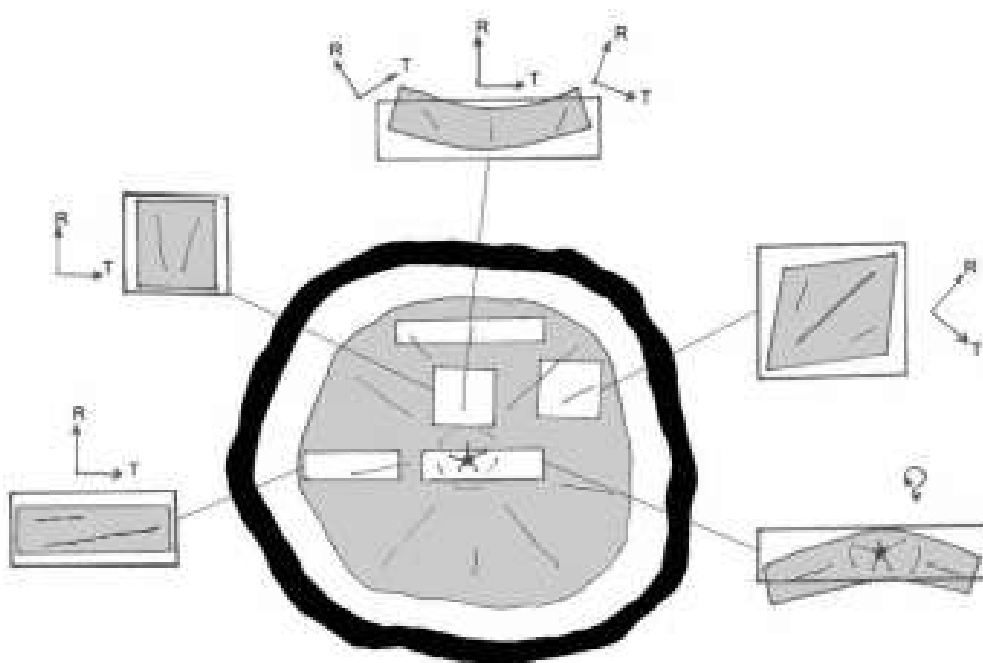
**Sur ce lien, un outil de calcul simple sur Excel permet d'estimer les variations de dimensions.**

Remarque : les calculs présentent des valeurs moyennes. La variabilité du bois offre parfois des surprises même sans présence de bois de réaction (cf. fiche correspondante).

## DÉFORMATIONS DES SECTIONS TRANSVERSALES AU SÉCHAGE

En conséquence des différences de retraits suivant les directions R et T, le bois se déforme irrégulièrement en séchant. Le retrait selon la direction R étant moins important (que celui

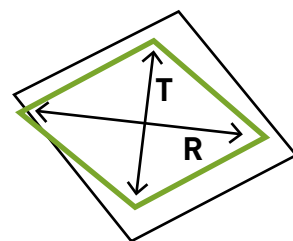
selon T), on dit que le bois « tire à cœur » en séchant. Le phénomène est inverse pour la reprise d'humidité.



La justification de la déformation par calcul est simple :  
 Dans l'exemple d'un carrelet de section carrée en Niangon de 12 cm de diagonale, débité sur faux quartier.  
 S'il passe de 28 à 12 % d'humidité.

**Retrait radial :**  $\Delta R = 0,131 \times (28-12) \times 120/100 = 2,5 \text{ mm}$

**Retrait tangentiel :**  $\Delta T = 0,275 \times (28-12) \times 120/100 = 5,3 \text{ mm}$



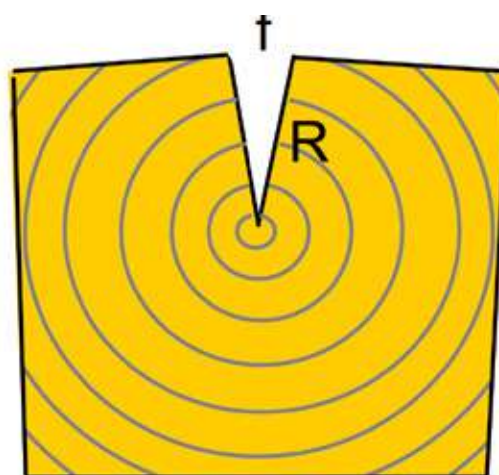
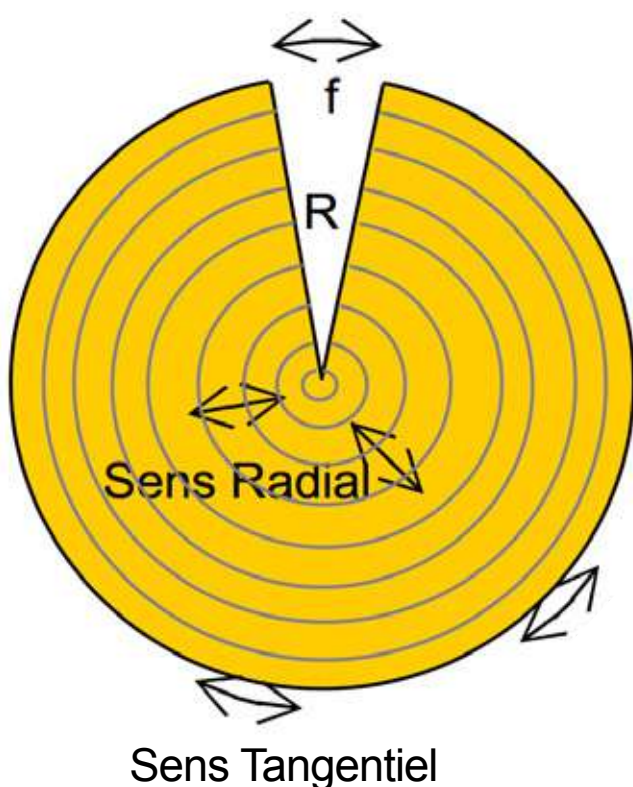
La diagonale dans le sens T sera plus petite de 2,8 mm et donnera une forme de losange.

## FENTES DES BOIS À CŒUR ENFERMÉ

Dans le cas d'un rondin de bois où le cœur de l'arbre est enfermé, appelé « cœur enfermé », les différences de retrait radial et tangentiel font que la périphérie de la section tend à réduire de façon plus importante que le rayon. De ce fait, le bois supporte des contraintes de traction perpendiculaire dans le sens tangentiel, ou bien des fentes se produisent.

La résistance en traction perpendiculaire du bois étant faible, des fentes apparaissent dans la plupart des cas.

La largeur de la fente est même prévisible par le calcul, et dépend notamment du rayon, de la variation d'humidité du bois (depuis PSF), et de la différence entre le retrait radial et tangentiel.



$$f = \frac{\pi \times R \times (\alpha T - \alpha R) \times \Delta H}{50}$$

Le positionnement des fentes sur les bois ronds est difficilement prévisible. Elles se produisent sur la distance la plus courte entre le cœur et le bord, ou dans les zones les plus fragiles (à proximité des nœuds par exemple).

Exemple d'un équarri en Azobé de section 300x300 mm, dont le cœur se trouve à 100 mm d'un bord, séché à 15 % d'humidité.

$$f = \pi \times 100 \times (0,37 - 0,26) \times (28 - 15) / 50 = 9 \text{ mm}$$

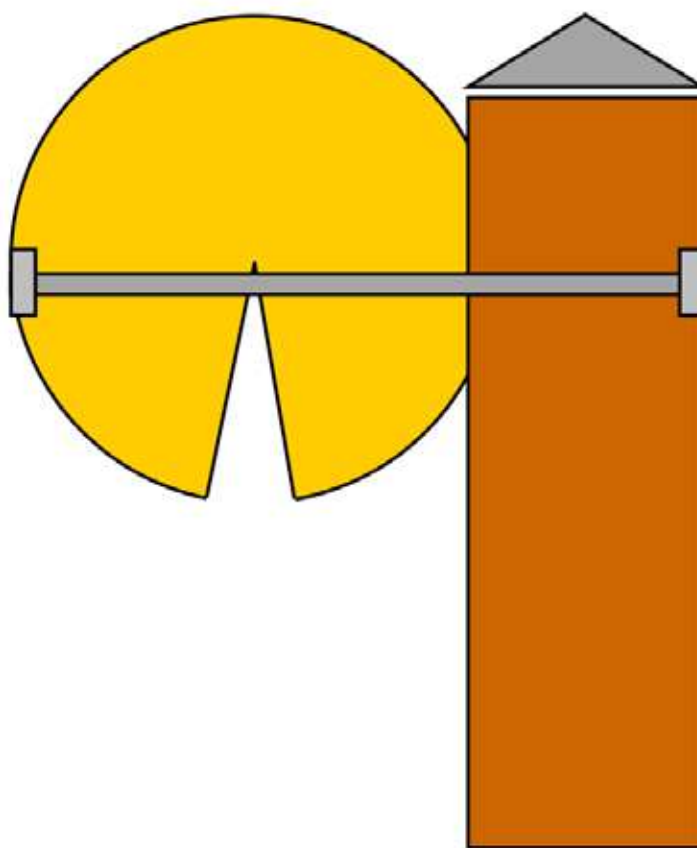
Une fente doit se produire avec une ouverture de 9 mm sur la face la plus proche du cœur.

Ces fentes ont en général peu de conséquence sur la résistance mécanique du bois dont le cœur est enfermé (sauf en flexion lorsque la fente est horizontale au niveau des appuis). Les fibres du bois sont dissociées mais non rompues.

En revanche, elles peuvent constituer des pièges à eau pouvant générer un développement fongique, mais aussi mettre à nu une partie du bois dont la durabilité n'était pas suffisante et protégée par un traitement de préservation (protection surfacique

ou imprégnation partielle avec un produit chimique).

Une technique utilisée sur les glissières de sécurité routière est de créer volontairement cette fente par une entaille à mi-bois. Cette entaille libère les contraintes de déformation et limite donc l'apparition de fente dans des zones non souhaitées (au niveau des assemblages par exemple). L'ouverture de l'entaille varie avec les variations d'humidité. Elle est généralement placée en partie basse pour ne pas constituer de piège à eau.



Certains éléments de structure de forte dimension sont reconstitués et sont beaucoup plus homogènes. Leur stabilité fait que les déformations sont très atténuées et qu'ils

ne présentent pas (ou peu) de problème d'apparition de fentes. Ces produits sont entre autres : le lamellé-collé, le contrecollé, le contreplaqué...

Document réalisé par Patrick MARTIN.



Fair&Precious recommande l'achat de bois tropical certifié FSC® et PEFC-PAFC.

4

## QUELQUES ÉCLAIRCISSEMENTS S'IMPOSENT !

# LA DURABILITÉ DU BOIS

### LA DURABILITÉ DES BOIS

La durabilité est une propriété intrinsèque de chaque essence : il s'agit de leur aptitude à résister dans le temps à des attaques d'agents de dégradation biologiques. On entend par agents de dégradation biologiques : les champignons, les insectes à larves **xylophages**<sup>1</sup> (en abrégé ILX tels que hylotrupes et anobium), les termites, les vers **térébrants**<sup>2</sup> marins etc.

**Remarque** : il n'existe pas de bois **imputrescible**<sup>3</sup>. Si tel était le cas, la forêt ne serait

qu'un immense tas de ce bois mort et non dégradé depuis plusieurs millions d'années. La vie est ainsi faite : tous les bois se dégradent à des vitesses différentes selon les conditions dans lesquelles ils se trouvent. Pour évaluer cette propriété, des essais en laboratoire ont été réalisés sur différentes essences à travers un protocole normalisé (EN 350-1). Les classes de durabilité les plus utilisées sont celles relatives aux champignons **lignivores**<sup>4</sup>.

Elles sont classifiées  
en 5 niveaux :

Classe de durabilité	Description
1	Très durable
2	Durable
3	Moyennement durable
4	Faiblement durable
5	Non-durable

**Remarque** : les essais sont réalisés sur le bois **duraminisé**<sup>5</sup>. Lorsqu'on parle de durabilité des bois, on ne prend en compte que le duramen, car l'aubier n'est jamais durable.

1. Qui mangent le bois.

2. Qui font des trous, qui perforent.

3. Qui ne pourrit pas.

4. Qui se nourrissent de bois humide en causant sa décomposition.

5. Le bois est composé de deux parties : l'aubier (dans lequel la sève brute monte) et le duramen (bois de cœur). Sur certaines essences, la différence entre ces deux parties est bien visible (l'aubier étant en général plus clair), sur d'autres on ne peut les distinguer (exemples : sapin, épicéa).

**Les durabilités sont présentées dans la norme EN 350-2 (voir annexe 2), avec :**

- **La durabilité vis-à-vis des champignons (1 à 5)**
- **La durabilité vis-à-vis des insectes à larves xylophages (S sensible ou D durable)**
- **La durabilité vis-à-vis des termites (S sensible à D durable)**
- **La durabilité vis-à-vis des térébrants marins (S sensible à D durable)**
- **L'imprégnabilité (1 imprégnable à 4 non-imprégnable)**
- **La largeur de l'aubier (tf < 2 cm, f < 5 cm, m < 10 cm, l > 10 cm, x sans distinction)**

Toutes les essences ne figurent pas dans cette norme, mais il est cependant possible de trouver les informations reconnues dans les fiches techniques<sup>6</sup> du **CIRAD**<sup>7</sup>.

Remarque : au niveau de la durabilité vis-à-vis des termites, les essais consistent à enfer-

mer le bois avec des termites affamés. Ce principe : « tu manges ou tu meures » exclue la notion d'appétence, c'est-à-dire « ce bois bien que nourrissant, n'est pas à mon goût et je vais donc m'installer ailleurs ».

## LES CLASSES D'EMPLOI

Les classes d'emploi sont des situations d'utilisation des bois.




Elles sont définies dans la norme EN 335 (actuellement en révision), mais on trouve des définitions un peu différentes dans la norme NF B 50-105-3 ou FD P 20-651.

Remarque : elles ont longtemps été appelées « classes de risque » (jugé trop péjoratif).

<p><b>Classe d'emploi 1 :</b> Situation dans laquelle le bois est sous abris, entièrement protégé des intempéries et non exposé à l'humidification. Exemples : parquets, meubles, lambris, etc.</p>	
<p><b>Classe d'emploi 2 :</b> Situation dans laquelle le bois est sous abris, entièrement protégé des intempéries, mais où une humidification ambiante élevée peut conduire à une humidification occasionnelle non persistante. Exemples : charpentes, éléments de toiture, etc.</p>	
<p><b>Classe d'emploi 3A :</b> Situation dans laquelle le bois n'est ni abrité ni en contact avec le sol. Il est soit continuellement exposé aux intempéries, soit à l'abri mais soumis à une humidification fréquente. Exemples : menuiseries, revêtements extérieurs (partiellement abrités) etc.</p>	

**6. Voir les fiches TROPIX.**

**7. Le CIRAD est un centre de recherche français basé à Montpellier qui répond, avec les pays du Sud, aux enjeux internationaux de l'agriculture et du développement.**

<p><b>Classe d'emploi 3B :</b> Conditions plus sévères de la classe 3A Exemples : menuiseries, revêtements extérieurs (exposés aux intempéries) etc.</p>	
<p><b>Classe d'emploi 4 :</b> Situation dans laquelle le bois est en contact avec le sol ou l'eau douce, et est ainsi exposé en permanence à l'humidification. Exemples : clôtures, poteaux, terrasses, etc.</p>	
<p><b>Classe d'emploi 5 :</b> Situation dans laquelle le bois est en permanence en contact avec l'eau salée. Exemples : jetées, pontons, etc.</p>	

Par ces classes d'emploi, la durée de vie d'une essence n'est pas définie. Par exemple : un tuteur en peuplier (destiné à tenir un pied de tomate) est mis en œuvre dans une situation de classe d'emploi 4. Il n'est pas pour autant recommandé d'utiliser le peuplier en classe d'emploi 4, si l'on souhaite une durée de vie supérieure à un an.

La relation entre durabilité d'un bois et classe d'emploi ne se fait que par la durée de vie attendue.

Commercialement, on utilise à tort la classe d'emploi comme performance de durabilité, en particulier lorsque le bois est traité chimiquement sans que la durée de vie soit annoncée.

Si la durée de vie attendue est définie, il est possible d'établir une relation entre classe d'emploi et essence. La norme EN 460 présente une correspondance, qui malheureusement reste très floue.

**Remarque :** Les classes d'emploi 1, 2, 3A, 3B, 4 sont ordonnées par ordre croissant de facilité pour un champignon de dégrader le bois. La classe d'emploi 5 est à part car elle concerne le milieu marin.

**Exemple :** le Basralocus<sup>8</sup> est utilisable en classe d'emploi 5 car il résiste bien aux vers térébrants marins, mais il n'est pas conseillé en classe d'emploi 4 car les champignons le dégradent facilement lorsqu'il est en contact avec le sol. Il peut être utilisé en classes 1, 2, 3A, 3B ou 5 mais pas 4.

## 8. Angélique, bois de Guyane.

## LE BON BOIS AU BON ENDROIT

Dans la pratique ces définitions de classe d'emploi restent difficiles à appréhender, par exemple « exposé aux intempéries » est une notion très variable selon qu'il s'agit de Montpellier ou de Brest<sup>9</sup>.

Les définitions ont donc été reprises plus en détail dans le fascicule de documentation FD P 20-651. Elles prennent notamment en compte aspects suivants :

- le climat (avec une carte de France détaillée voir annexe 1) ;
- les conditions locales (zone côtière, fond de vallée non ensoleillée, proximité d'une source d'humidité générant des périodes récurrentes de brume ou de brouillard... ;
- le type de conception (les conditions d'écoulement et de désorption<sup>10</sup> de l'eau de pluie, influent directement sur la pérennité de la partie d'ouvrage considérée vis-à-vis du risque fongique<sup>11</sup>) ;
- la massivité (plus un bois est massif plus sa capacité de désorption est limitée) ;
- l'exposition au vent de pluie dominant.

Lorsque la classe d'emploi est correctement définie, le choix d'un bois peut être effectué en fonction de la durée de vie attendu de l'ouvrage.

**L3** : Longévité supérieure à 100 ans ;  
**L2** : Longévité comprise environ entre 50 et 100 ans dans l'utilisation initialement prévue ;  
**L1** : Longévité comprise environ entre 10 et 50 ans dans l'utilisation initialement prévue ;  
**N** : Longévité incertaine et dans tous les cas inférieure à 10 ans (solutions à ne pas prescrire dans le bâtiment).

Quoiqu'il en soit, un bois très durable, en classe de durabilité 1, peut être utilisé avec une durée de vie acceptable en milieu favorable aux agents biologiques de dégradation, c'est-à-dire en classe d'emploi 4. Inverse-

ment en classe d'emploi 1, il est possible d'utiliser des bois peu durables, c'est-à-dire de classe de durabilité 5 (sans oublier le risque de dégradation par les insectes à larves xylophages et par les termites).

---

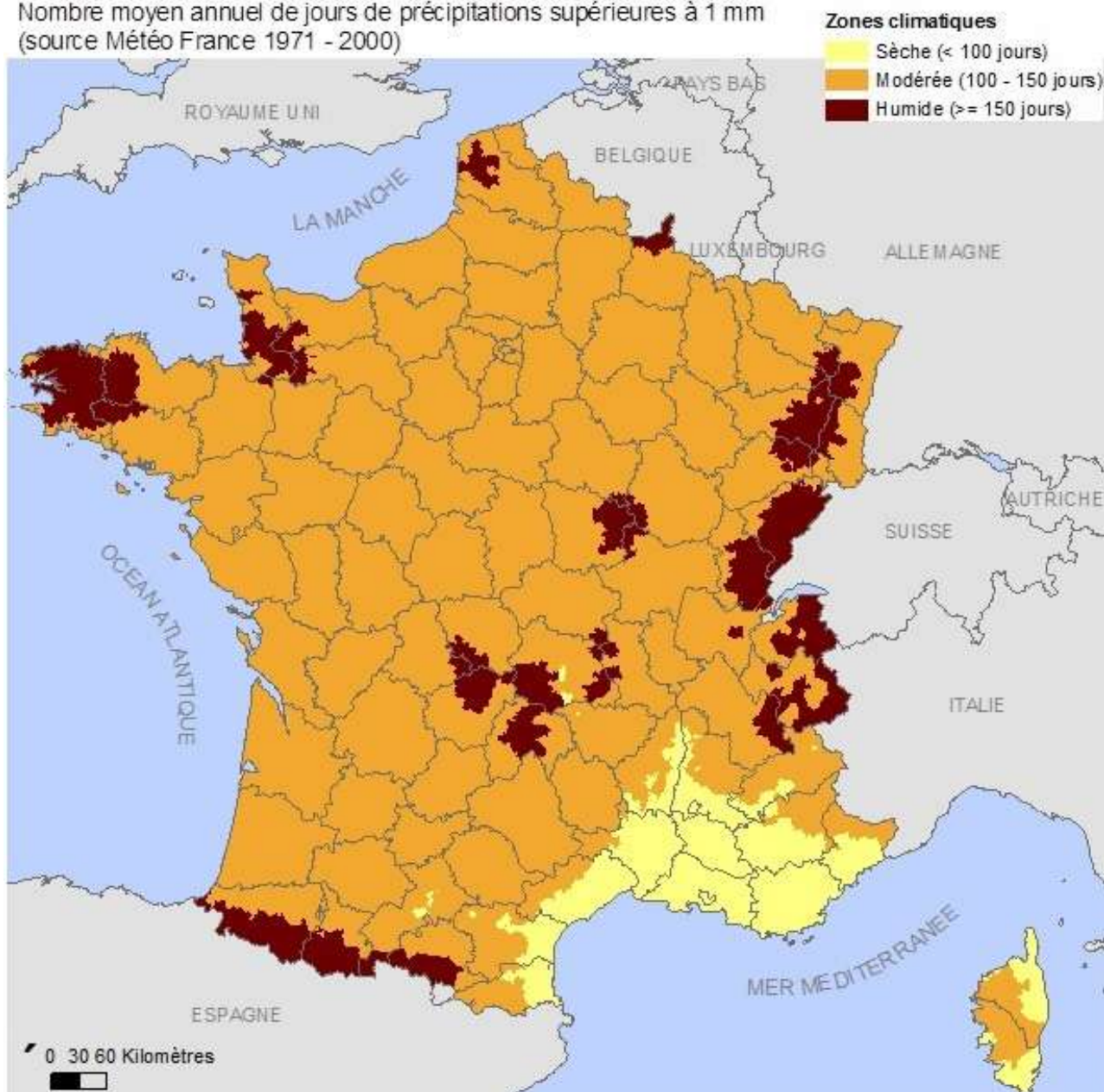
**9.** Voir la carte de France en dernière page.

**10.** La désorption est le phénomène inverse de l'adsorption.

**11.** Relatif aux champignons...

# ANNEXE 1

Nombre moyen annuel de jours de précipitations supérieures à 1 mm  
(source Météo France 1971 - 2000)





# ANNEXE 2

## RÉSINEUX

Nom français	MV min kg/m <sup>3</sup>	MV kg/ m <sup>3</sup>	MV max kg/m <sup>3</sup>	Champignon	Hylotrupes	Anobium	Termites	Imprégnabilité	Aubier	Largeur aubier	Térébrants marins
Agathis	430	490	530	3_4	S	S	S	3	nd	x	
Douglas	510	530	550	3	S	S	S	4	3	f	
Douglas	470	510	520	3_4	S	S	S	4	2_3	f	
Epicéa	440	460	470	4	SH	SH	S	3_4	3v	x	
If	650	690	800	2	S	S	nd	3	2	tf	
Mélèze	470	600	650	3_4	S	S	S	4	2v	f	
Pin des Caraïbes	710	750	770	3	S	S	M_S	4	1	m	
Pin Laricio	510	580	650	4v	S	S	S	4v	1	m_l	
Pin maritime	530	540	550	3_4	S	S	S	4	1	l	
Pin de Parana	500	540	600	4_5	D	S	S	2	1	l	
Pin radiata	420	470	500	4_5	S	SH	S	2_3	1	l	
Pin sylvestre	500	520	540	3_4	S	S	S	3_4	1	f_m	
Pin weymouth	400	410	420	4	S	SH	S	2	1	l	
Pitchpin	650	660	670	3	S	S	M_S	3_4	1	m	
Pitchpin cultivé	400	450	500	4	S	S	S	3	1	m	
Pin de Murray	430	460	470	3_4	S	S	S	3_4	1	m	
Sapin	440	460	480	4	SH	SH	S	2_3	2v	x	
Sitka	400	440	450	4_5	S	SH	S	3	2_3	(x)	
Sugi (Cryptomeria)	280	340	400	5	D	nd	S	3	1	f	
Western red cedar	330	370	390	2	S	S	S	3_4	3	f	
Western red cedar	330	370	390	3	S	S	S	3_4	3	f	
Western hemlock	470	490	510	4	S	SH	S	3	2	x	
Western hemlock	470	490	510	4	S	SH	S	2	1	x	
Yellow Cedar	430	480	530	2_3	S	S	S	3	1	f	

# FEUILLUS

Nom pilote ATIBT	MV min kg/m <sup>3</sup>	MV kg/ m <sup>3</sup>	MV max kg/m <sup>3</sup>	Champignon	Hylotropes	Anobium	Termites	Imprégnabilité	Aubier	Largeur aubier	Térébrants marins
Abura	550	560	600	5		nd	S	2	1	m	
Acajou d'Afrique	490	520	530	3		nd	S	4	2	f	
Afrormosia	680	690	710	1_2		nd	D	4	1	tf	M
Aiélé	490	500	530	5		nd	S	4	1	m	
Ako	430	450	460	5		nd	S	1	1	x	
Amarante	830	860	880	2_3		nd	D	4	1	f	
Andiroba	610	620	640	3_4		nd	M	3	nd	f	
Aniégré	540	580	630	4_5		nd	S	1	1	x	
Aulne	500	530	550	5		S	S	1	1	x	
Avodiré	540	550	560	4		nd	S	4	1	x	
Ayous	370	390	400	5		nd	S	3	1	x	
Azobé	950	1060	1100	2v		nd	D	4	2	f	M
Bangkirai	700	930	1150	2		nd	D	4	1_2	f	
Basralocus	720	750	790	2v		nd	M	4	2	f	D
Bilinga	740	750	780	1		nd	D	2	1	f	M
Bintangor	630	660	690	3		nd	M	4	2	f	
Blue Gum	700	750	800	5		nd	S	3	1	f	
Bouleau	640	660	670	5		S	S	1_2	1_2	x	
Bouleau jaune d'Amérique	550	670	710	5		S	S	1_2	1_2	x	
Bouleau à papier	580	620	740	5		S	S	1_2	1_2	x	
Bossé clair	570	580	630	2v		nd	S	4	1	m	
Bossé foncé	600	690	850	2		nd	S	4	1	m	
Bubinga	700	830	910	2		nd	D	4	1	f	
Cedro	450	490	600	2		nd	M	3_4	1_2	f	
Cerejeira	550	600	650	3		nd	M	2	2	m	
Charme	750	800	850	5		nd	S	1	1	x	
Chataignier	540	590	650	2		S	M	4	2	f	
Chêne chevelu	710	770	860	3		nd	M	4	1	l	

Nom pilote ATIBT	MV min kg/m³	MV kg/ m³	MV max kg/m³	Champignon	Hylotrupes	Anobium	Termites	Imprégnabilité	Aubier	Largeur aubier	Térébrants marins
Chêne rouvre	670	710	760	2		S	M	4	1	f	
Chêne blanc d'Amérique	670	730	770	2_3		S	M	4	2	f	
Chêne rouge d'Amérique	650	700	790	4		nd	S	2_3	1	f	
Dibétou	520	550	590	3_4		nd	S	3_4	2	f	
Doussié	730	800	830	1		nd	D	4	2	f	
Erable sycomore	610	640	680	5		S	S	1	1	x	
Eyong	700	730	800	4		nd	S	3_4	1	x	
Faro	480	490	510	4_5		nd	S	2_3	1	l	
Framiré	520	550	560	2_3		nd	S	4	2	(x)	
Freijo	520	540	550	2		nd	M	3	1	f	
Frêne	680	700	750	5		S	S	2	2	(x)	
Fromager	290	320	350	5		nd	S	1	1	x	
Greenheart	980	1030	1150	1		nd	D	4	2	f	D
Hêtre	690	710	750	5		S	S	1_(4)	1	x	
Hickory	790	800	830	4		nd	S	2	1	x	
Ilomba	440	480	510	5		nd	S	1	1	x	
Iroko	630	650	670	1_2j		nd	D	4	1	m	
Jarrah	790	830	900	1		nd	M	4	1	f	
Kapur	630	700	790	1_2		nd	M	4	1	m	
Karri	800	880	900	2		nd	nd	4	1	f	
Kasai	650	710	750	3		nd	M	3_4	2	m	
Kempas	850	860	880	2		nd	S	3	1_2	f	
Keruing	740	750	780	3v		nd	S	3v	2	f	
Kondroti	470	480	490	5		nd	S	1	1	l	
Kosipo	640	670	720	2_3		nd	M	3	1	f	
Kotibé	710	730	760	3v		nd	M	3_4	1_2	f	
Koto	510	560	630	5		nd	S	1	1	x	
Lati	730	750	770	3		nd	M	4	2	m	
Lenga	530	540	550	5		nd	S	4	nd	f	
Limba	550	560	600	4		nd	S	2	1	(x)	

Nom pilote ATIBT	MV min kg/m³	MV kg/ m³	MV max kg/m³	Champignon	Hylotrupes	Anobium	Termites	Imprégnabilité	Aubier	Largeur aubier	Térébrants marins
Longhi	700	730	800	4		nd	M	2	1	x	
Louro vermelho	600	620	650	2		nd	D	4	2	m	
Mahogany	510	550	580	2		nd	S	4	2_3	m	
Makoré	620	660	720	1		nd	D	4	2	m	
Mansonia	610	620	630	1		nd	D	4	1	f	
Maronnier d'Inde	500	540	590	5		SH	S	1	1	x	
Mengkulang	680	710	720	4		nd	S	3	2	f	
Meranti Dark red	600	680	730	2_4		nd	M	4v	2	f	
Meranti Light red	490	520	550	3_4		nd	S	4v	2	m	
Meranti Yellow	560	630	660	4		nd	S	3_4	2	m	
Meranti White	600	630	670	5		nd	S	3v	2	f	
Merbau	730	800	830	1_2		nd	M	4	nd	m	
Mersawa	520	650	740	4		nd	M	3_4	nd	x	
Moabi	770	800	830	1		nd	D	3_4	nd	m	
Moral	750	890	960	1		nd	D	3_4	nd	f	
Movingui	690	710	740	3		nd	M	4	nd	f	
Muhuhu	830	910	960	1		nd	S	4	nd	f	
Mutenyé	760	820	880	3		nd	M	3_4	2	f	
Niangon	670	680	710	3		nd	M	4	3	m	
Noyer	630	670	680	3		S	S	3	1	f	
Noyer d'Amérique	550	620	660	3		nd	nd	3_4	1	f	
Okan	850	920	960	1		nd	D	4	3	f	
Okoumé	430	440	450	4		nd	S	3	nd	f	
Olon	500	550	640	3		nd	M	2_3	2_3	x	
Orme	630	650	680	4		S	S	2_3	1	f	
Ovengkol	720	780	820	2		nd	D	3	1	m	
Padouk	720	740	820	1		nd	D	2	nd	m	
Pau Amarello	730	770	810	1		nd	D	3_4	nd	x	
Peroba rosa	650	750	800	3v		nd	S	3	1	f	
Peuplier	420	440	480	5		S	S	3v	1v	x	

Nom pilote ATIBT	MV min kg/m <sup>3</sup>	MV kg/m <sup>3</sup>	MV max kg/m <sup>3</sup>	Champignon	Hylotrupes	Anobium	Termites	Imprégnabilité	Aubier	Largeur aubier	Térébrants marins
Quaruba	450	490	510	4		nd	S	3	2	m	
Ramin	560	630	670	5		nd	S	1	1	x	
Rauli	530	580	610	4		nd	S	2	2	f	
Red Balau	750	800	900	3_4		nd	M	4v	2	f	
Robinier	720	740	800	1_2		S	D	4	1	tf	
Sapelli	640	650	700	3		nd	M	3	2	m	M
Sepetir	650	660	670	2		nd	S	4	2	l	
Sesendok	420	480	530	5		nd	S	1	1	nd	
Silver Beach	540		550	5		nd	nd	4	1	m	
Sipo	590	640	660	2_3		nd	M	4	2	m	
Tchitola	590	610	640	3		nd	M	3_4	1	l	
Teck	650	680	750	1		nd	M	4	3	f	M
Teck de plantation				1_3		nd	M_S	nd	nd	nd	
Tiama	550	560	570	3		nd	S	4	3	l	
Tilleul	520	540	560	5		nd	S	1	1	x	
Tola	480	500	510	2_3		nd	S	3	1	m	
Tornillo	370	520	660	3		nd	S	2_3	nd	f	
Virola	400	440	480	5		nd	S	1_2	1	x	
Walaba	890	900	910	1		nd	D	4	3	f	
Wengé	780	830	900	2		nd	D	4	nd	f	

### Légende relative aux tableaux précédents :

La durabilité vis-à-vis des champignons : 1 = très durable ; 2 = durable ; 3 = moyennement durable ; 4 = faiblement durable ; 5 = non durable

La durabilité vis-à-vis des insectes à larves xylophages, Hylotrupes (capricorne des maisons) ou Anobium (petite vrillette) : S = sensible ou D = durable

La durabilité vis-à-vis des termites : S = sensible, M = moyennement durable ou D = durable

La durabilité vis-à-vis des térébrants marins : S = sensible, M = moyennement durable ou D = durable

L'imprégnabilité : 1 = imprégnable ; 2 = moyennement imprégnable ; 3 = peu imprégnable ; 4 = non-imprégnable

La largeur de l'aubier : tf < 2 cm ; f < 5 cm ; m < 10 cm ; l > 10 cm ; x sans distinction

La durabilité vis-à-vis des térébrants marins : D = durable ; M = moyennement durable ; S = sensible.

« nd » = performance non déterminée

## QUELQUES ÉCLAIRCISSEMENTS S'IMPOSENT !

## L'HUMIDITÉ DU BOIS

## TAUX D'HUMIDITÉ DU BOIS

L'humidité du bois est définie par la norme EN 13183 comme étant le rapport de la masse d'eau contenue dans le bois sur la masse de bois sec :

$$H \% = \text{Masse d'eau} / \text{Masse de bois sec}$$

**Remarques :** l'humidité du bois dans l'arbre sur pied varie entre 60 et 200 % selon l'essence. On distingue deux types d'eau dans le bois : l'eau libre et l'eau liée.

**L'eau libre est contenue dans les cellules (la cellule s'apparente à un tube, son espace intérieur est appelé le vide cellulaire). Elle est facile à extraire du bois ; on parle dans ce cas de ressuyage.**

**L'eau liée est à l'intérieur des parois des cellules et ne peut s'extraire que sous forme de vapeur ; il s'agit alors d'un séchage.**

En comparant le comportement du bois à celui d'une éponge, lorsque celle-ci vient d'être plongée dans l'eau, elle est imbibée et gonflée, un simple pressage suffit pour en extraire l'eau « libre ». Cette opération ne rend pas pour autant l'éponge « sèche », il faut l'exposer à un milieu ambiant le plus sec possible pour évacuer l'eau « liée » par évaporation, et que l'éponge se raffermisse bien souvent en se déformant. Toutefois quel que soit le milieu, un équilibre se crée entre l'eau contenue dans l'atmosphère et celle contenue dans le matériau, cf. abaque d'équilibre hygroscopique.

En reprenant la définition de l'humidité ci-dessus, on appelle le point de saturation des fibres PSF, l'humidité du bois pour laquelle la quantité d'eau liée est maximum sans présence d'eau libre dans le bois. Cette valeur

est particulièrement importante pour les calculs de retrait, car en dessous de ce taux, les variations d'humidité s'accompagnent de variations de dimensions. Ce phénomène est là aussi assimilable au comportement de l'éponge.  $PSF = \text{Masse eau liée saturée} / \text{Masse bois sec}$

Pour les bois tempérés (résineux, chênes, châtaigniers, ...), le PSF est de l'ordre de 30 % d'humidité et il est forfaitairement considéré égal à cette valeur dans la majorité des documents. En revanche le PSF des bois tropicaux varie entre 15 et 45 % selon l'essence.

Les fiches techniques de chaque essence renseignent sur le PSF du bois. Les données sont des moyennes et il est donc possible de rencontrer des variations en plus ou en moins, par rapport à cette valeur moyenne annoncée.

## MÉTHODE DE DÉTERMINATION DE L'HUMIDITÉ

La méthode la plus fiable pour déterminer l'humidité du bois, est la mesure par différence de masses. Un échantillon de bois de forme quelconque (de dimensions assez petites en particulier dans le sens longitudinal des fibres pour réduire le temps de séchage) est pesé ; sa masse humide est notée  $M_h$ . Cet échantillon est ensuite complètement séché dans une étuve par air ventilé à  $103^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 2^{\circ}\text{C}$  pour être au-dessus de la température d'ébullition de l'eau mais sans pour autant dégrader le bois). L'échantillon est pesé régulièrement jusqu'à stabilisation au poids anhydre ; sa masse anhydre est notée  $M_0$ . La masse d'eau est déduite par la différence de celle du bois humide et

de celle du bois sec. Ainsi, le taux d'humidité est déterminé par :

$$H \% = (M_h - M_0) / M_0$$

Certains appareils permettent de déterminer l'humidité du bois sans destruction à condition qu'ils soient correctement étalonnés en fonction de l'essence du bois.

On distingue deux types d'appareils, certains fonctionnant par la mesure de la résistivité et d'autres par mesure de l'effet capacitif.

Le bois étant un matériau isolant par excellence (thermique, acoustique, électrique...), l'eau est quantifiée en proportion dans le bois suivant le comportement d'un champ électromagnétique.

## ÉQUILIBRE HYGROSCOPIQUE

Selon l'environnement dans lequel le bois est situé, son taux d'humidité de stabilisation est défini par la température et l'humidité relative de l'air (quantité de vapeur d'eau contenue dans l'air). On dit que cette humidité du bois correspond à un équilibre hygroscopique avec son milieu environnant. Ces valeurs d'humidité d'équilibre sont données dans un abaque d'équilibre hygroscopique. Elles ont été étalonnées pour les bois tempérés dont le point de saturation des fibres est de 30 % (équilibre à  $0^{\circ}\text{C}$  et 100 % d'humidité de l'air). Pour les bois tropicaux, dont le PSF est beaucoup plus variable, l'humidité d'équilibre n'est pas toujours exactement celui de l'abaque. Exemple pour des bois dont le PSF est de

30 % situés dans un milieu climatisé à  $20^{\circ}\text{C}$  de température et sous une humidité relative de l'air de 65 %, son humidité d'équilibre hygroscopique est proche de 12 %.

Le temps nécessaire pour que le bois atteigne l'humidité d'équilibre varie en fonction l'essence de bois, sa section, et la variation d'humidité à subir. Il peut être accéléré à haute température (principe du séchage artificiel). En réalité l'humidité d'équilibre n'est jamais atteinte, l'humidité se stabilise à environ 1 % au-dessus de l'humidité d'équilibre lors du séchage et à environ 1 % au-dessous de l'humidité d'équilibre lors de l'humidification.

## APPELLATIONS COMMERCIALES

Taux d'humidité H	Dénomination du bois au taux H	Forme de l'eau dans le bois
> PSF	Bois vert ou frais	Eau libre, eau d'imprégnation, eau de constitution
PSF	Bois saturé	Point de Saturation : (sans eau libre) l'eau d'imprégnation est à son maximum, eau de constitution
22 à PSF %	Bois ressuyé ou mi-sec	Eau d'imprégnation et eau de constitution
17 à 22 %	Bois commercialement sec	
13 à 17 %	Bois sec à l'air	
< 13 %	Bois desséché	
0 %	Bois anhydre	Eau de constitution

Les appellations commerciales AD (Air Dried), KD (Kiln Dried) et « shipping dry » sont fréquemment utilisées à mauvais escient.

**KD** signifie "séché au séchoir". Le taux d'humidité atteint doit toujours être spécifié. Il est généralement amené entre 9 et 22 %.

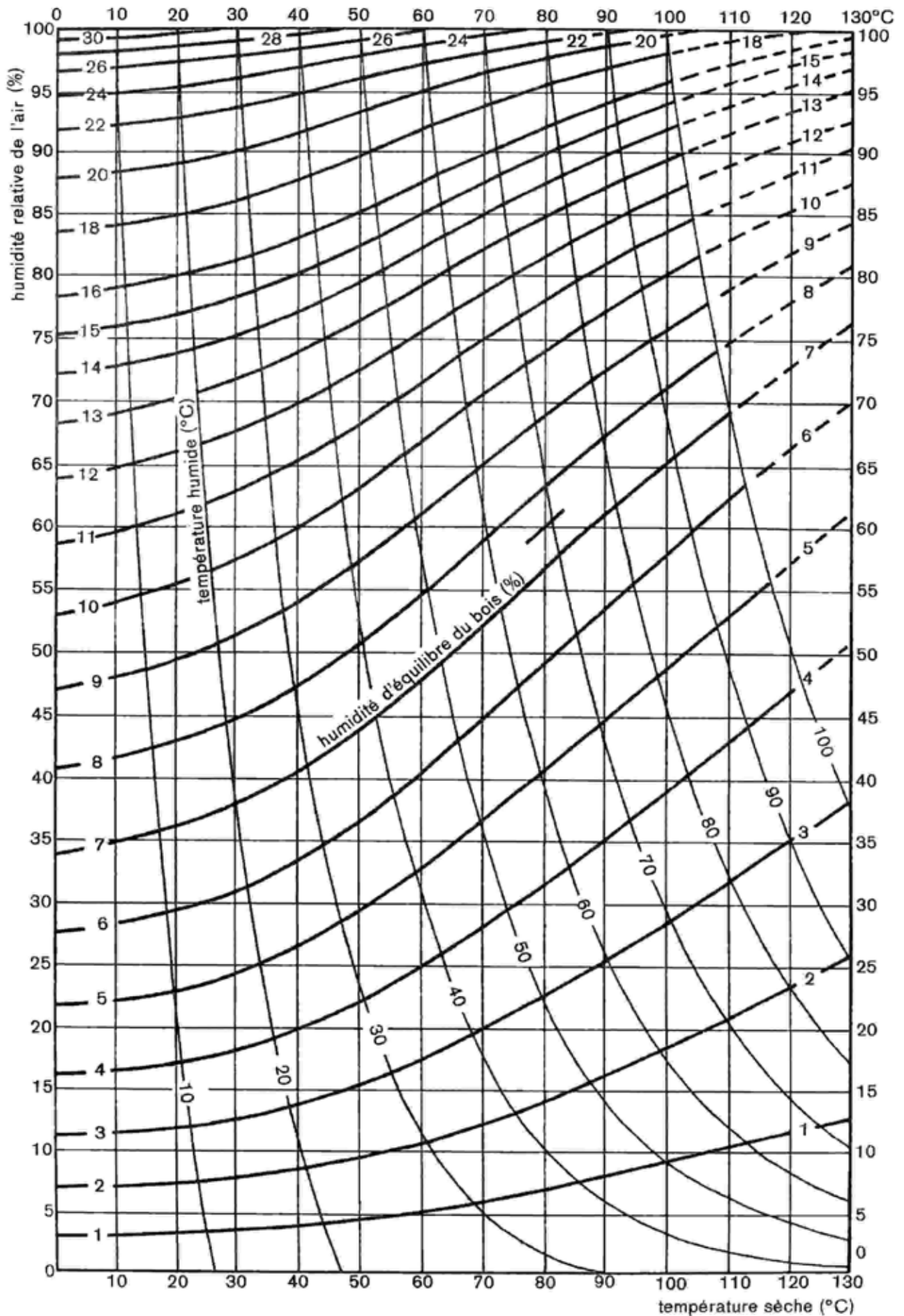
**AD** signifie "séché à l'air". Selon les définitions précédentes, le taux d'humidité est dans ce cas compris entre 13 et 17 %. Les différentes normes européennes fixes le seuil à 20%. Attention : certains producteurs et fournisseurs entendent ce terme par « séchage en cours à l'air libre » c'est-à-dire

non nécessairement séché. Cette appellation abusive peut avoir de graves répercussions ; Il convient donc d'être vigilant sur l'utilisation du terme AD.

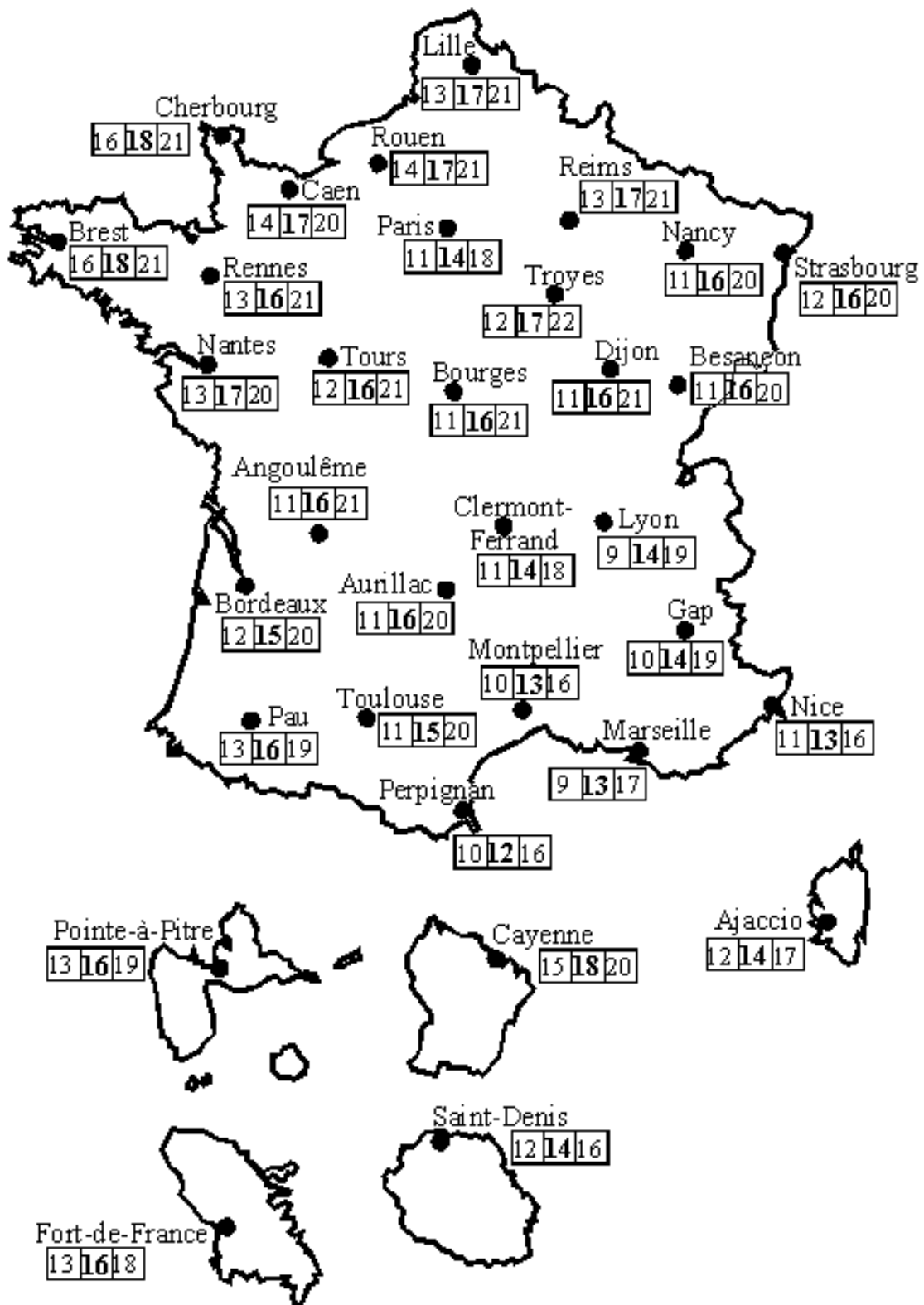
**Shipping dry** signifie « secs à l'embarquement ». Selon les INCOTERMS, les sciages doivent être suffisamment secs pour supporter le transport sans subir de dommages. Il est scientifiquement reconnu que le seuil d'humidité du bois au-delà duquel les champignons peuvent dégrader le bois est de 22 %. Shipping dry correspond à un taux d'humidité inférieur à 22 %.



# ABAQUE D'ÉQUILIBRE HYGROSCOPIQUE DU BOIS (PSF DE 30 %)



# ABAQUE D'ÉQUILIBRE HYGROSCOPIQUE DU BOIS (PSF DE 30 %)



## Légende : humidité d'équilibre du bois en %

A	B	C
---	---	---

A : minimale (moyenne sur 3 mois consécutifs)

B : moyenne (moyenne annuelle)

C : maximale (moyenne sur 3 mois consécutifs)

# LES NIVEAUX DE TRANSFORMATION DU BOIS

La commission technique de l'ATIBT définit par le présent document les niveaux de transformation du bois. Fruit d'un travail de compilation, les destinataires en seront notamment : les Ministères et autorités intéressées, les douanes, les entreprises et tout autre organisme impliqué dans la filière.

La filière bois comprend trois niveaux de transformation décrits ci-après. Ces niveaux sont indépendants du nombre d'étapes de transformation du produit.

## PREMIÈRE TRANSFORMATION

La première transformation est l'ensemble de toutes les opérations directement effectuées sur les bois ronds qui permettent d'obtenir un autre produit. Les produits issus de la première transformation sont :

- Equarris,
- Equarris ou sciages de souches, fourches ou branches,
- Avivés bruts,
- Plots,
- Placages tranchés ou déroulés,
- Bois fendus,
- Plaquettes, sciures, copeaux,
- Pâte à papier,
- Bois de feu,
- Charbon de bois (en vrac).

## SECONDE TRANSFORMATION

La seconde transformation du bois apporte de la valeur ajoutée aux produits issus de la première transformation sans aboutir aux produits finis. Les produits issus de la deuxième transformation sont :

- Bois traités,
- Bois séchés artificiellement (KD),
- Bois rabotés, moulurés ou poncés,
- Lames de bois massif semi-finies,
- Bois tournés,
- Carrelets de menuiserie (lamellés collés et/ou aboutés),
- Pellets, briquettes et autres combustibles en vrac.

## TROISIÈME TRANSFORMATION

La troisième transformation se consacre à la fabrication des produits finis à partir des produits issus de la première ou de la deuxième transformation. Les produits issus de la troisième transformation sont :

- Objets sculptés,
- Instruments de musique et éléments d'instruments de musique,
- Meubles et éléments de meubles,
- Menuiseries (cadres, portes, fenêtres et éléments de cadres de fenêtres...),
- Lames et profilés finis (parquets, bardages, lambris, decking (terrasses), lambourdes),
- Marqueteries,
- Panneaux (massifs, de particules, de fibres, OSB, contreplaqués, lattés, BMR/CLT...),
- Plans de travail,
- Palettes et caisserie,
- Fermettes industrielles,
- Tonneaux,
- Pieux et piquets appointés,
- Traverses de chemin de fer façonnées (percées, entaillées, chanfreinées),
- Papier, carton, charbon de bois ensaché.

# Exemples

Crédit photos Groutel / Wale

1ère transformation sciage avivé non séché



1ère transformation plot non séché



2ème transformation moulure



3ème transformation decking



3ème transformation pieux appointés



Fair&Precious recommande  
l'achat de bois tropical certifié  
FSC® et PEFC-PAFC.

Document réalisé par la commission Matériau-Bois-Normalisation de l'ATIBT  
par MM. Patrick Martin (Secrétaire) et Emmanuel Groutel (Président).

## QUELQUES ÉCLAIRCISSEMENTS S'IMPOSENT !

## LES NOMS DES BOIS

## INTRODUCTION ET PROBLÉMATIQUE



Le bois étant issu d'un arbre, il est souvent admis qu'il puisse porter le nom botanique latin donné par des scientifiques à cet arbre. Celui-ci peut être résumé par son genre et son espèce. Il convient de rappeler que ce nom est donné à partir de critères portant sur les feuilles, fleurs ou fruits de l'arbre mais absolument pas du bois qu'il produit. Plusieurs difficultés apparaissent à ce niveau : le nom botanique n'est pas facile à retenir, et sur le terrain, le bucheron ou la personne réalisant l'inventaire forestier peut difficilement identifier avec certitude l'espèce.

Au niveau pratique, **l'utilisateur recherche dans un bois des propriétés physiques, mécaniques ou esthétiques les plus homogènes possibles.** Les caractéristiques d'un bois dépendent des arrangements cellulaires du bois et de leur structure. La plupart du temps l'espèce botanique (l'arbre) permet d'assurer à l'utilisateur des propriétés attendues. Cependant, il arrive qu'au sein d'une même espèce, le bois puisse présenter des caractéristiques variables liées aux facteurs environnementaux (nature du sol, ensoleillement, eau, sylviculture...) du lieu où évolue l'arbre et **le critère du nom botanique n'est plus suffisant.** D'autres critères, tels que la densité ou la couleur, peuvent alors être ajoutés pour réduire cette variabilité. Exemples : le teck (*Tectona grandis*) de plantation ne présente pas la même durabilité qu'un teck de forêt naturelle si la sylviculture est intensive.

**De plus, il arrive fréquemment que plusieurs espèces, du même genre ou bien de genres différents, produisent du bois dont les caractéristiques sont relativement uniformes.** C'est pour cela que depuis des temps ancestraux, les bois sont commercialisés à travers des noms d'**Essences**, qui peuvent regrouper plusieurs genres et espèces. Ce nom est parfaitement justifié car il est propre au bois lui-même. Les exemples de regroupement de plusieurs genres et espèces sont très nombreux. L'un des plus flagrants est celui du Kedondong qui est l'essence de bois produite par certaines espèces du genre *Canarium*, toutes les espèces des genres *Garuga*, *Protium* et *Santiria* et le *Dacryodes costata*.

**Les cas où une essence correspond à une seule espèce, ou toutes les espèces d'un genre botanique sont très rares.** Exemples, Sapelli = *Entandrophragma cylindricum*, ou Bungur = *Lagerstroemia* sp. pl. (toutes espèces du genre).

Notons que pour identifier plusieurs espèces sous un genre, l'abréviation « sp. pl. » (signifiant *species pluralis*) a été créée. (Bien qu'équivalent à spp, sp.pl. est préférable pour éviter d'autres confusions avec sp., ssp. ou sspp. ne signifiant pas *species pluralis*). Attention cette abréviation ne signifie aucunement qu'une essence correspond à toutes les espèces du genre. Ceci est également valable pour les essences tempérées. Exemple, le chêne d'Europe peut être désigné par *Quercus* sp. pl. (*Quercus robur*, *Quercus pedunculata* ...) dans lequel il ne serait pas acceptable d'y mélanger du chêne vert (*Quercus ilex*) ou du chêne liège (*Quercus suber*). Autre exemple, les essences : Red

Balau, Yellow Balau, Dark Red Meranti, Light Red Meranti, White Meranti, Yellow Meranti, sont toutes différentes et proviennent de plusieurs espèces du même genre *Shorea*.

Le nom d'une essence est généralement relayé dans chaque pays et régions par des noms usuels donnés par les populations, dits noms « **vernaculaires** » ou aussi « vulgaires » ou « commerciaux ». Les noms vernaculaires étant très nombreux, le risque de confusions est trop important pour le commerce. Il n'est pas rare qu'en fonction de la provenance du bois, qu'un même nom vernaculaire corresponde à des essences différentes. Par exemple, l'Ipé, qui signifie « écorce » en brésilien, est un nom vernaculaire qui est donné aux bois dont les arbres présentent une écorce caractéristique. De fait, de nombreux bois portent le nom vernaculaire Ipé sans présenter les caractéristiques de l'essence Ipé que l'utilisateur européen attend.

## HISTORIQUE ET SOLUTION

C'est à cet effet, qu'il y a 60 ans, l'ATIBT a établi une **nomenclature** des bois tropicaux définissant chaque essence par un **nom pilote** unique reconnu internationalement avec l'ensemble des espèces botaniques qu'il regroupe. L'intérêt de cette nomenclature a parfaitement été compris par le Ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie français qui reconnaît l'ATIBT comme « gardien du temple » de la nomenclature des bois tropicaux. Une mise à jour est régulièrement nécessaire pour introduire ou retirer certaines essences en fonction de leur fréquence sur le marché, mais aussi parce que les noms botaniques peuvent évoluer. Exemple : le genre *Tabebuia* dont certaines espèces correspondaient à l'Ipé est devenu pour partie *Handrohantus*.

Ce nom pilote est le résultat d'un choix édicté par des considérations pratiques en retenant l'appellation usuelle sous laquelle le bois est le plus commercialisé, adoptée

soit par le principal pays exportateur soit par le principal pays importateur. La détermination du nom pilote d'une essence est cruciale, car sa commercialisation dépend très largement de l'acquisition de ce nom par le public. Aussi la protection de ce nom permet d'assurer la constance des propriétés de l'essence qu'il couvre.

Une autre solution permettant de simplifier les appellations sans risque de confusion serait d'utiliser le code à 4 lettres définie dans la norme européenne EN 13556. Cette immatriculation des essences défini comme la nomenclature ATIBT les genres et espèces concernés pour des propriétés attendues. Exemple l'Azobé (*Lophira* sp.pl., *L. alata*, *L. procera*) est identifié par LOAL

Des manques et lacunes rendent cette norme difficilement utilisable pour le moment, mais sa révision est en cours et l'ATIBT y est très impliqué.

## LES NOMS DES BOIS MENTIONNÉS PAR LE RBUE

Les « nom commercial » et « nom commun » mentionnés par le RBUE sont tous deux synonymes de « nom vernaculaire ». Aucun d'entre eux n'assure donc la précision de l'information.

Concernant « le cas échéant », la nécessité d'ajouter le nom scientifique de l'essence dans les informations à collecter, est précisée dans le règlement d'exécution du RBUE. Soit en son article 3 « Information relative à la fourniture de bois par l'opérateur », paragraphe 2 : « *Le nom scientifique complet de l'essence forestière visé à l'article 6, paragraphe 1, point a) ; du règlement (CE)*

*n°995/2010 est communiqué dans les cas où l'utilisation du nom commun de ladite essence crée une ambiguïté ».*

À cet égard, si le nom vernaculaire n'est pas le nom pilote, une ambiguïté peut apparaître, et de fait « le cas échéant » devient la règle. Une règle impossible à mettre en œuvre, car sans analyse botanique en amont de l'exploitation ou une analyse anatomique en aval (qui ne peut pas toujours être menée jusqu'à la détermination de l'espèce), il est hasardeux pour le producteur de s'avancer sur une espèce précise.

## CONCLUSIONS

Le nom scientifique complet n'est nécessaire que dans le cas d'ambiguïté et ne doit donc pas être fourni systématiquement.

En ce qui concerne les dénominations des bois, le nom du bois est toujours un nom d'essence. **Ce nom d'essence est défini par une multitude de noms vernaculaires pouvant être ambigus, et par un seul nom pilote que l'ATIBT a retenu pour éliminer les confusions dans les échanges commerciaux.** Cette essence de bois est généralement issue de plusieurs types d'arbres eux-mêmes définis individuellement par un

nom botanique (genre et espèce) en latin. La correspondance entre essence et noms botaniques, est une relation (plus complexe qu'il n'y parait) traitée dans la nomenclature de l'ATIBT.

La dernière version de la nomenclature de l'ATIBT date de 1982. Le directeur technique de l'association avec plusieurs experts dans le domaine actualisent cette nomenclature. Une fois achevée celle-ci sera disponible sur le site de l'ATIBT ([www.atibt.org](http://www.atibt.org)) et sur le site de legal-timber.info ([www.legal-timber.info](http://www.legal-timber.info)).

### À retenir :

Afin de répondre aux exigences du RBUE en matière d'information à obtenir sur les essences de bois tropicaux, le nom pilote de l'essence de bois de l'ATIBT est nécessaire et suffisant. D'ailleurs, la circulaire du 5 avril 2005 du Ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie français a validé l'utilité de ce nom pilote : «... s'agissant du bois issu de forêt tropicale, le document doit préciser le nom scientifique en latin de l'essence ou à défaut le nom pilote fixé par l'ATIBT... ». Si néanmoins vous souhaitez avoir de plus amples informations, les correspondances nom pilote – noms vernaculaires – nom(s) botanique(s) se trouvent dans la nomenclature de l'ATIBT.



## QUELQUES ÉCLAIRCISSEMENTS S'IMPOSENT !

# LE MULOTAGE DES BOIS

**Certaines essences peuvent comporter des galeries (sous forme de petits trous) plus ou moins importantes (3 à 16 mm de diamètre), auxquelles on donne le nom de « mulotage ».**



### ORIGINE DANS L'ARBRE

Ces galeries proviennent d'insectes ou de larves xylophages de type longicornes ou de cérambycidés qui perforent le bois en forêt, lorsque l'arbre est encore en pleine croissance sur pied ou encore fraîchement abattu. Les insectes adultes forent des galeries pour y déposer des œufs. Les larves s'y développent selon un cycle propre à chaque type d'insecte, et les insectes adultes regagnent l'extérieur par des trous d'envol.

Les galeries réalisées par ces insectes peuvent avoir plusieurs dizaines d'années d'ancienneté, voire un siècle et plus si l'arbre abattu est très vieux.

Ces insectes vivent et ne se reproduisent que sous les climats tropicaux, ils ne peuvent pas survivre et proliférer sous climat tempéré. Les trous visibles sur les lames d'Ipé corres-

pondent soit aux perforations des insectes adultes à leur arrivée pour pondre, soit aux galeries creusées par les larves ou alors aux trous d'envol des jeunes insectes après le stade nymphal.

**Les galeries sont souvent accompagnées par des colorations anormales qui suivent le fil du bois, à partir et autour des perforations.**

L'apparition parfois « tardive » et échelonnée dans le temps des perforations a une explication simple : Les déjections et les sciures émises par ces foreurs du bois constituent bien souvent un bouchon naturel « mastic » qui va obstruer de façon efficace et durable certaines galeries. **Certains insectes obstruent volontairement les galeries avec ces « bouchons » pour protéger leur ponte des prédateurs extérieurs.**

## Exemple d'une perforation à peine visible car encore obstruée :



## PARTICULARITÉS DES CELLULES

Lors des opérations d'usinage, les galeries ne sont donc pas toujours visibles, seules les éventuelles décolorations qui accompagnent celles-ci peuvent attirer l'attention. Une fois en service et avec le temps, les galeries se débouchent. Les intempéries accélèrent l'apparition des galeries en faisant « sauter » ces bouchons. Les piqûres et galeries ponc-

tuelles ne sont pas considérées comme des défauts rédhibitoires dans le commerce des bois tropicaux. Les lots commerciaux de bois en provenance d'Asie portent d'ailleurs souvent la mention « PHND » qui signifie « Pine Holes No Detect » pour s'affranchir de ce type de défaut.

## CONCLUSION

Il s'agit de galeries ponctuelles de faible diamètre n'ayant aucune incidence sur la pérennité de l'ouvrage et ne pouvant pas se propager. Le phénomène est purement esthétique et toléré lorsque les galeries sont dispersées et ponctuelles sur les lames. Le

« mulotage » est un défaut propre à certaines essences dont l'Ipé. La norme française NF B 54 040 « Caractéristiques des lames de platelages extérieurs en bois » tolère ce défaut « ponctuellement et de façon diffuse ».

Document réalisé par Michel VERNAY  
et Patrick MARTIN.



Fair&Precious recommande  
l'achat de bois tropical certifié  
FSC® et PEFC-PAFC.

## QUELQUES ÉCLAIRCISSEMENTS S'IMPOSENT !

# LE SÉCHAGE

Un arbre sur pied peut contenir une très grande quantité d'eau nécessaire à sa vie et son développement. Dans la plupart des cas, pour que le bois puisse être utilisé, la majeure partie de cette eau doit être éliminée afin de prévenir des déformations et des retraits excessifs, de réduire les risques de dégradation par les agents biologiques, d'améliorer les propriétés physiques et mécaniques, et de faciliter l'usinage ou le collage, ou l'application des finitions.

Le bois tend à s'équilibrer naturellement en humidité avec le milieu ambiant dans lequel il se trouve. La vitesse de séchage dépend principalement de l'humidité initiale du bois, de l'humidité d'équilibre finale, de la section des bois à sécher, de l'essence, de l'exposition aux intempéries, du renouvellement d'air...

Sécher le bois à une humidité aussi proche que possible de l'humidité d'équilibre qu'il atteindra dans l'ouvrage est une des règles de base qu'il convient de garder à l'esprit pour éviter un grand nombre de désordres.

### SÉCHAGE NATUREL

La circulation d'air assurée par le vent et la convection locale et éventuellement la chaleur produite par l'énergie solaire favorisent l'évaporation de l'humidité contenue dans le bois. Afin de faciliter la circulation de l'air entre les planches, elles doivent être écartées les unes des autres à l'aide de lattes d'écartement appelées baguettes. Dans la pratique, les planches sont empilées en plusieurs rangées (ou lits) et espacées de la hauteur des baguettes placées perpendiculairement à la longueur des planches. Cette disposition est également le conditionnement le plus courant des colis (ou piles) qui intègre non seulement des notions de venti-

lation mais également d'aisance de manutention ou de transport.

La dimension des piles doit rester inférieure à 1 800 mm car sinon la vitesse de circulation de l'air est insuffisante. La hauteur des piles n'est limitée que par leur stabilité. Si les planches à empiler sont de différentes longueurs, les plus longues doivent être placées sur la première rangée et par ordre décroissant. Également, lorsque les longueurs le permettent, il est possible de disposer plusieurs planches sur une même longueur en rajoutant des baguettes courtes pour supporter les extrémités des planches.

L'épaisseur la plus appropriée des baguettes pour les bois durs est de 19 mm et de 27 mm pour les bois tendres. Afin de limiter les risques de déformation des planches durant le séchage, un espacement maximum des baguettes entre chaque rangée est défini en fonction de l'épaisseur des planches et de la densité ou de la nervosité du bois. Pour qu'une pile reçoive une nouvelle rangée de planches, les baguettes doivent être disposées exactement au-dessus de celles supportant la rangée précédente. Les extrémités des planches doivent être supportées sans débord par les baguettes afin d'éviter les déformations en flexion durant le

séchage et de limiter la vitesse de séchage de ces parties qui est responsable de l'apparition de fentes.

Pour réduire encore les fentes en bois de bout, il est possible d'appliquer sur les extrémités des planches une peinture anti-fente (pouvant contenir une cire en émulsion), de clouer des tasseaux, ou encore d'enfoncer des feuillards ou des « S » en métal ou en plastique en bout des planches.

Les planches doivent être disposées dans chaque rangée avec un espace entre les rives d'au moins 1 cm.

### Espacement maximum des baguettes :

<b>Epaisseur des planches</b>	Supérieur à 50 mm	de 50 mm à 25 mm	Inférieur à 25 mm
<b>Bois tendres</b>	1 000 mm	600 mm	300 mm
<b>Bois durs ou ayant tendance à se déformer</b>	600 mm	400 mm	300 mm

Les baguettes doivent être séchées et éventuellement traitées si elles ne sont pas naturellement durables.

Un des paramètres les plus importants du séchage qu'il convient de maîtriser est l'exposition des piles aux intempéries. Une exposition fréquente à la pluie ne permettra pas au bois de sécher et peut même favoriser le développement de champignons. A l'inverse une exposition des bois à la chaleur intense du soleil peut provoquer des déformations ou des fentes. Un abri sous hangar ouvert ou par une simple tôle ondulée à l'extérieur est donc recommandé pour favoriser le séchage du bois.

Les piles de bois doivent être érigées sur des fondations stables et éventuellement drainées. Les rangées inférieures de la pile doivent être bien écartées du sol car la circulation d'air est très réduite au niveau du sol et l'humidité de l'air y est plus élevée. Cet écartement doit être au minimum de 400 mm avec un dispositif qui permet le passage de l'air. La pile peut être portée par une structure constituée de bastaings et ou de solives. Un contrôle régulier doit être apporté pour empêcher la végétation d'envahir les piles en bloquant la circulation d'air et permettant insectes (notamment les termites).

## SÉCHAGE EN ÉTUVE

Le séchage artificiel le plus fréquemment rencontré consiste à placer des piles de bois dans une enceinte, appelée étuve, où l'humidité, la ventilation et le chauffage sont contrôlés pour optimiser la vitesse de séchage. Les étuves se différencient à travers le type de

ventilation forcée : longitudinale, supérieure ou latérale ; et le chauffage : à la vapeur, à l'eau chaude, à l'huile chaude, à l'air chaud ou à l'électricité.

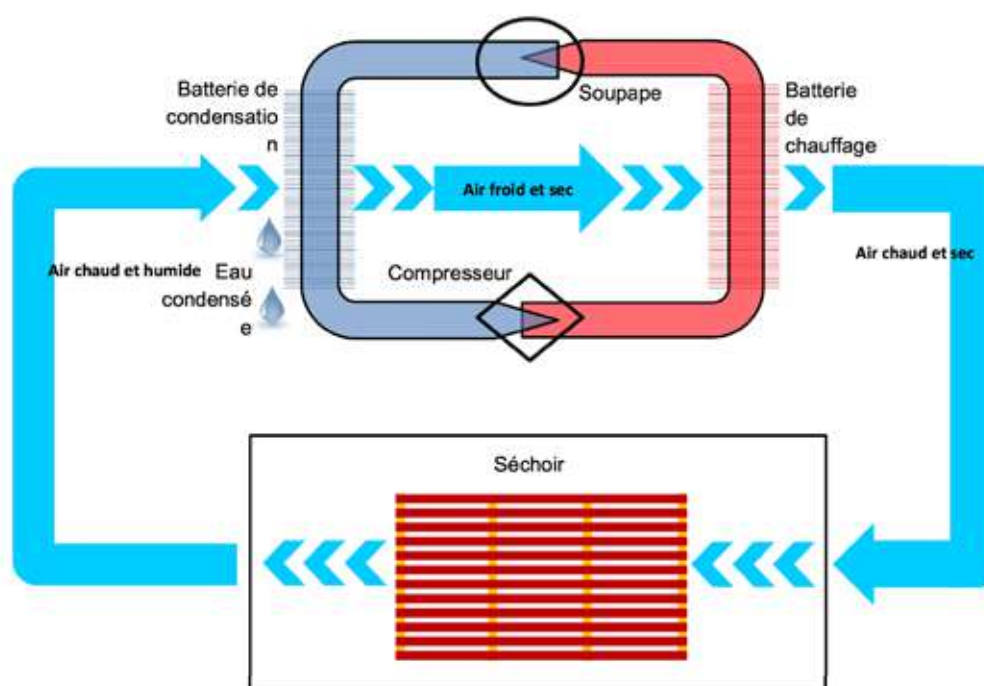
**La constitution de la pile s'effectue avec des baguettes de 22 mm d'épaisseur.**

### Espacement maximum des baguettes :

Epaisseur des planches	Supérieur à 50 mm	de 50 mm à 25 mm	Inférieur à 25 mm
Bois durs et tendres	600 mm	300 mm	200 mm
Bois ayant tendance à se déformer	300 mm	200 mm	200 mm

La vitesse optimale de l'air pour sécher la plupart des essences de bois est de 3 mètre par seconde. Le pilotage du séchoir nécessite la mise en place de sondes sur quelques planches des piles afin de mesurer l'humidité et la température du bois. En fonction de ces mesures, l'humidité et la température de l'air sont modifiées afin que l'ambiance soit toujours en mesure d'extraire l'eau du bois. Le gradient d'humidité, différence entre

celle du bois est celle qu'il doit atteindre en équilibre dans l'ambiance, est défini dans une table de séchage qui est spécifique par essence et par épaisseur de bois à sécher. L'eau extraite du bois se retrouve dans l'air de ventilation et doit ensuite être extraite de l'air. Afin de limiter la perte d'énergie dans cette étape, la déshumidification de l'air s'effectue par condensation sur un circuit fermé puis chauffage.



## SÉCHAGE SOUS VIDE

Lorsque la pression diminue, la température d'évaporation de l'eau diminue également. Ce principe est exploité dans les séchoirs à vide au moyen d'une cuve en acier similaire à une cuve d'imprégnation pour y générer une pression subatmosphérique<sup>1</sup>. La chaleur n'est quant à elle pas introduite dans l'air mais le plus souvent dans des plaques d'aluminium creuses parcourues par de l'eau chaude. Ces plaques remplacent les baguettes des piles. L'eau contenue dans

le bois s'évapore et lorsque la vapeur d'eau produite entre en contact avec la paroi froide de la cuve, celle-ci condense avant d'être extraite de la cuve à l'état liquide.

L'avantage de ce type de séchoir par rapport à un séchoir traditionnel est qu'il permet de sécher des petites quantités de bois très rapidement. Il présente toutefois quelques inconvénients : il demande plus de manutention, il consomme plus d'énergie et le séchage est plus hétérogène.

## DÉFAUTS DE SÉCHAGES

Outre les déformations des sections (tuilage, losange...) et les déformations sur la longueur des planches (courbure, gauchissement...) qui se produisent durant le séchage, il arrive que le bois se libère de certaines contraintes internes que l'arbre a accumulées durant sa croissance pour conserver son équilibre. Ce phénomène s'accompagne généralement d'une perte de matière impossible à prévoir avant le séchage.

Les fentes en bout se produisent assez facilement si les extrémités du bois sèchent trop rapidement du fait d'une réduction de section importante dans cette zone. Les planches de bois enfermant le cœur fendent nécessairement pour des raisons de différence de retraits radial et tangentiel.

Bien que ces défauts soient incontournables même durant un séchage conduit avec toutes les précautions, les défauts suivants relèvent d'un séchage trop poussé :

Les fentes superficielles proviennent d'une surface très sèche (constituant une couche de bois rétrécie), tandis que le centre de la pièce reste humide (et gonflée).

La cémentation reste le défaut de séchage le plus vicieux car imperceptible en apparence. En surface des pièces de bois, le bois est devenu imperméable bloquant la poursuite

du séchage. Ce phénomène est irréversible et cause des déformations très importantes lors de la transformation des pièces de bois. Le collapse signifie littéralement « effondrement ». Durant le séchage, au fur et à mesure que l'eau libre quitte le bois, des forces de tension superficielle s'exercent sur les parois des cellules, en tendant à les écraser. Lorsqu'une poche de vapeur se forme à l'intérieur du bois, elle exerce une pression suffisante pour écraser les cellules voisines et libérer la vapeur qu'elles contiennent entraînant une réaction en chaîne. Puis lors du refroidissement, la vapeur se transforme en eau et génère des dépressions suffisamment importantes pour que le bois se recroqueville en le déformant et en laissant apparaître des vides.

Enfin, des colorations chimiques plus foncées peuvent apparaître durant le séchage. La réaction chimique est une oxydation. Lors du séchage naturel, cette coloration est superficielle, mais en séchage forcé la modification de teinte peut affecter le bois en profondeur. Ce phénomène se produit d'autant plus facilement sur des bois verts. Pour limiter l'apparition de ce désordre, un séchage partiel à l'air jusqu'au point de saturation des fibres est recommandé pour prévenir de la coloration du bois.

### 1. Inférieure à la pression atmosphérique

Document réalisé par Patrick MARTIN.



Fair&Precious recommande l'achat de bois tropical certifié FSC® et PEFC-PAFC.

## QUELQUES ÉCLAIRCISSEMENTS S'IMPOSENT !

# LES TRAITEMENTS DU BOIS

### POURQUOI TRAITER LE BOIS ?

Le traitement d'un bois vise à améliorer ses performances de durabilité<sup>1</sup> lorsqu'elles sont insuffisantes pour un usage ciblé, on parle dans ce cas de traitement **préventif**. Celui-ci n'est pas indispensable si la durée de vie attendue est faible (exemple : piquet de tomate en peuplier). Egalement, il peut être réalisé dans le but de se débarrasser des agents de dégradation

que le bois peut contenir, on parle alors de traitement **curatif**.

La performance des procédés dépendent de l'imprégnabilité<sup>2</sup> du bois, de la technique, du matériel et éventuellement du produit utilisé. Il existe différents types de traitement : chimique, thermique ou une combinaison des deux.

### LES TRAITEMENTS CHIMIQUES BIOCIDES

En général, la formulation d'un produit chimique est élaborée avec : des matières actives biocides<sup>3</sup>, des molécules qui vont permettre de fixer ces matières actives sur le bois, et un solvant (pétrolier ou eau) qui permet de véhiculer l'ensemble dans le bois avant de s'évaporer. Les matières actives peuvent être des substances minérales (sels métalliques) ou des substances de synthèse plus ou moins complexes. Plusieurs molécules ont été élaborées à partir des molécules qui sont naturellement présentes dans les bois : tanins, acides, terpènes, compo-

sés phénoliques... Mais la grande difficulté réside dans la façon de les faire pénétrer dans le bois et de les fixer. Cette tâche est beaucoup plus aisée pour l'arbre qui le fait progressivement tout au long de sa vie au fur et à mesure de sa croissance.

Très souvent, les principes actifs ciblent un agent de dégradation du bois : champignons lignivores<sup>4</sup>, champignons lignicoles<sup>5</sup>, insectes à larves xylophages<sup>6</sup>, termites... Les produits de traitement peuvent combiner plusieurs principes actifs et couvrir ainsi un large champ d'action.

1. Résistance du bois aux agents de dégradation biologique
2. Capacité du bois à absorber un liquide
3. Littéralement « qui tue la vie »

4. Qui se nourrit du bois
5. Qui vit dans le bois
6. Qui mange le bois

## L'application du produit s'effectue selon différentes techniques :

- Badigeonnage (pinceau)
- Aspersion (buse)
- Trempage (bac)
- Vide/pression (autoclave<sup>7</sup>)

⚠ Le « traitement à cœur » est souvent un abus de langage car, dans la majorité des cas, le produit de traitement ne se retrouve pas dans tout le volume de la pièce de bois mais en périphérie sur une profondeur variable. Même si ce type de matériel permet une application plus efficace, la durabilité conférée du bois traité dépend notamment de son imprégnabilité, de l'humidité initiale du bois, du produit chimique utilisé, des pressions appliquées et de la durée des cycles. Il est fréquent de voir le terme « bois autoclavés » utilisé par les professionnels comme une solution miracle à des fins marketings – ce terme se réfère à un procédé d'application, non pas aux performances que celui-ci confère au bois.

Autre difficulté, la performance des bois traités est affichée par les professionnels, à la demande des normes, à travers une classe d'emploi. Exemple : un bois « traité classe

4 » est un bois à durabilité conférée adapté à la classe d'emploi 4 (avec une garantie variant entre 3 et 5 ans seulement). Cette appellation erronée crée une confusion chez les utilisateurs (cf. fiche durabilité).

🔍 Ces mêmes normes prévoient que celui qui effectue le traitement soit en mesure de fournir une **attestation de traitement**. Cette attestation est un engagement déclaratif qui garantit que le bois a été traité selon des caractéristiques de produit, de pénétration et de rétention, pouvant être vérifiées à posteriori dans le cadre d'un contrôle de conformité.

⚠ Depuis le 1<sup>er</sup> juin 2007, la réglementation REACH (enregistrement, évaluation, autorisation et restrictions des substances chimiques) restreint l'utilisation des produits biocides à travers des concentrations maximale autorisées dans le bois, compte tenu des effets nocifs sur l'homme et son environnement.

## Les éléments indésirables suivants sont notamment recherchés par les instances de contrôle :

- Pentachlorophénol (PCP) ;
- Polychlorobiphényles (PCB) ;
- Carbendazine, chlorothalonil...
- Métaux lourds : plomb, cadmium, mercure... ;
- Substances faisant l'objet de restrictions dans l'annexe XVII de REACH (composés de la créosote, de l'arsenic, du chrome et du cadmium et les composés du bore et de ses dérivés).

La DGCCRF considère que les bois de couleur verte (couleur dans la masse) pourront faire en particulier l'objet d'une recherche de traces d'un traitement à base de cuivre, comme avec les produits de type CCA (Cuivre Chrome Arsenic), CCB (Cuivre Chrome Bore), Cuivre-or-

ganique ou à base d'oxyquilonéate de cuivre. Remarque : cette couleur verte se retrouve parfois dans les nouvelles formulations sous la forme de colorant, uniquement pour rappeler au consommateur la performance des produits désormais interdits en Europe.

---

**7. L'autoclave est une enceinte dans laquelle des cycles de vide et pression (procédé Béthell) amènent le produit de chimique à pénétrer dans le bois sur une profondeur plus importante que par trempage.**



Aussi, dans un défi permanent les chimistes sont contraints d'élaborer de nouvelles solutions le moins biocide possible selon les exigences réglementaires et le plus biocide possible selon les exigences industrielles. A cela, l'efficacité reste à démontrer en laboratoire à défaut de retour d'expérience terrain.

**i** Ces techniques permettent de conférer une durabilité plus importante aux bois de faible durabilité naturelle ou de moindre valeur. Cependant cette durabilité conférée n'atteint jamais sur le long terme le niveau

des bois les plus durables naturellement (exemple : Azobé, Ipé, Teck...), et tout usinage ultérieur au traitement met à nu une zone de bois dont la durabilité est plus faible que celle attendue. Aucun moyen ne permet de lui rendre le niveau de protection initial sur le terrain. (Les techniques de trempage et d'autoclave sont réservées aux traitements préventifs industriels, non applicables en retraitement des coupes, qui peut se faire uniquement par pulvérisation et badigeonnage et qui confère un niveau de protection moindre.)

## LE TRAITEMENT À LA CRÉOSOTE

La créosote est un produit d'usage courant réservée exclusivement à des utilisations spécifiques : préservation des traverses de chemin de fer et des poteaux de ligne. Elle diffère des autres produits chimiques par deux particularités. D'une part, les substances actives sont un ensemble de très nombreuses molécules issues de la distillation de la houille (entre 100 et 500°C). D'autre part, son application ne nécessite

pas de solvant, tout le produit introduit est appelé à rester dans le bois traité, pendant la durée de service requise.

**⚠** L'efficacité de la créosote est essentiellement due à la formation de molécules toxiques et certaines hautement-cancérogènes (phénols solubles et benzo-a-pyrènes notamment). Le traitement à la créosote est réglementé.

## LE TRAITEMENT ISMP/NIMP 15

Les «International Standards for Phytosanitary Measures» (ISPM/NIMP) sont établies par la « Convention internationale pour la protection des végétaux » (IPPC), rattachée à l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). Cette norme prévoit des mesures pour limiter le risque d'apparition et de dissémination d'organismes nuisibles présents dans les emballages en bois.

Le traitement consiste à chauffer le bois à une température à cœur minimale de 56°C

pendant 30 minutes au moins. Ces conditions sont létales pour les insectes sous toutes leurs formes (œufs, larves, nymphes, imagos<sup>8</sup>). Le séchage à l'étuve (KD - kiln-dry, cf. fiche humidité), est considéré satisfaisant à cette disposition, à condition que les valeurs prescrites d'humidité ciblées soient atteintes.

Il s'agit d'un traitement **curatif** sans garantie dans le temps (non préventif). La fumigation est une autre technique répondant à cette exigence.

## LE TRAITEMENT PAR FUMIGATION

La fumigation est un traitement du bois à l'aide de gaz toxiques : Bromure de méthyle, acide cyanhydrique, phosphure d'hydrogène, oxyde d'éthylène, gaz carbonique, etc. En

France, cette opération doit être effectuée par une entreprise agréée par le Ministère de l'Agriculture (liste disponible après des DRAAF).

## LE TRAITEMENT THERMIQUE


Le bois doit en premier lieu être séché avant d'être placé dans une enceinte sous atmosphère contrôlée, avec des gaz inertes (principalement de l'azote) et sans oxygène pour éviter la combustion du matériau (oxydation). Ensuite la température est augmentée progressivement jusqu'à une température maximale comprise entre 180°C à 250°C. Le traitement modifie les constituants les plus hydrophiles. Enfin, le bois est refroidi jusqu'à la température ambiante. La durée totale du traitement varie entre 10 et 25 heures selon l'essence, l'épaisseur et le type de procédé utilisé.

Par ce type de traitement, les molécules de cellulose, l'amidon et les différents sucres, qui sont les principaux aliments des champignons de pourriture, sont cassés. Également, les reprises d'humidité sont fortement réduites et les variations dimensionnelles (retrait-gonflement) sont très atténuées. Pour ces raisons, le développement des champignons lignivores ou lignicoles est généralement plus limité voire quasi absent (selon le procédé de traitement thermique mis en œuvre). Le bois est plus brun avec une odeur de cuisson. Le traitement thermique ne protège pas le bois contre les attaques de termites souterrains.

## LE TRAITEMENT PAR ACÉTYLATION

L'acétylation consiste en une substitution des atomes d'hydrogène actifs (groupes hydroxyles libres) par des groupes acétyle. L'anhydride acétique est couramment utilisé comme agent d'acétylation. Il est également utilisé dans la synthèse de l'aspirine et de l'héroïne.

La réaction du bois à l'anhydride acétique est un processus exothermique<sup>9</sup>. La température du bois doit être contrôlée pour éviter une altération thermique. Également la réaction génère de l'acide acétique comme sous-produit qui doit être extrait en fin de


 La durabilité est d'autant améliorée que les molécules préférentiellement consommées par les agents xylophages sont dégradées.

Dans cette dégradation, la densité, la dureté et les propriétés mécaniques sont amoindries, ce qui permet parfois l'infestation par des organismes lignicoles.

Les singularités (fentes, nœuds, poches de résine...) provoquent durant le traitement des détériorations (déformations ou fentes) très importantes. De ce fait, les bois sans aucun défaut et droit de fil sont généralement sélectionnés. Lorsque les cernes d'accroissement sont très marqués, des décollements de cernes et des fentes sont possibles.


La maîtrise de l'homogénéité de la densité des bois est un facteur fondamental, sans lequel les bois les plus denses ne seront pas assez « cuits » et les bois les moins denses seront trop « cuits ».

Enfin les radicaux permettant l'accroche des molécules d'eau sont beaucoup plus rares, ce qui fait que le collage ou l'application des finitions deviennent très difficiles.

 Certains industriels utilisent par ce procédé les appellations (parfois protégées) de « bois rétifés » ou « bois torrifiés ».

traitement. L'acétylation est un processus lent qui peut être accéléré par l'utilisation d'un solvant et/ou d'un catalyseur.

Les essences susceptibles d'être traitées par acétylation doivent présenter une bonne imprégnabilité. Les essences de faible densité (et faible durabilité naturelle) se prêtent plus facilement à l'acétylation : peuplier, aulne, certains pins (radiata)...

 Certains industriels commercialisent le bois traité sous un nom masquant les propriétés originelles de l'essence, exemple : Accoya.

⚠ Ces mêmes industriels prétendent par le traitement d'acétylation de conférer à « des essences à croissance rapide, des propriétés égales ou supérieures aux essences tropicales ». Cependant, le traitement n'est pas effectif dans toute la masse (sauf faibles épaisseurs et bois reconstitués), sa stabilité dans le temps reste à démontrer et les propriétés mécaniques des bois acétylés n'atteindront jamais celles des bois tropicaux.

## LE TRAITEMENT PAR FURFURYLATION

La furfurylation est une technique qui consiste à imprégner le bois d'une solution d'alcool (et de polyalcools) furfurylique qui est ensuite polymérisée sur la paroi des cellules. L'alcool furfurylique est un dérivé obtenu à partir de nombreuses plantes (dont le son qui porte le nom latin de furfur).

Les molécules d'alcool furfurylique se fixent sur le bois dans des conditions de pH acide et sous une température élevée (entre 100°C et 150°C). Dans ces conditions la lignine et la cellulose qui vont recevoir le polymère se dégradent. Le bois furfurylé devient hydrophobe et plus durable vis-à-vis des agents de dégradation biologiques. Ce traitement génère parallèlement une augmentation de la masse volumique (WPG : Weight Percent Gain) de 0 à 125 % qui s'accompagne d'une dureté et de propriétés mécaniques accrues et d'une meilleure stabilité (réduction des coefficients de retrait).

ⓘ Tout comme l'acétylation, les industriels ont

## L'ÉVALUATION DE LA DURABILITÉ

Le principe des essais en laboratoire est de mettre en contact direct un matériau et un agent de dégradation biologique dans des conditions optimum de développement et de mesurer la dégradation du matériau (par perte de masse). Les essais sont répétés avec différents agents mais ils ne peuvent pas être exhaustifs ni prendre en compte des effets synergiques entre agents ou avec le milieu environnant. Le « vieillissement accéléré » consiste à placer le matériau dans des

Les produits traités par acétylation n'ont été introduit sur le marché européen depuis moins d'une dizaine d'années. Il est donc encore trop tôt pour garantir des performances dans le temps supérieures à cette durée ; la stabilité des groupes acétyles face aux variations de température, aux UV ou des sollicitations mécaniques (érosion de l'eau, passage des piétons...) doit encore être démontrée dans la durée de l'utilisation.

choisi de commercialiser le bois furfurylé sous un nom masquant les propriétés originelles de l'essence, exemples : VisorWood ou Kebony.

⚠ Egalement ces produits ont été récemment mis sur le marché et la durabilité dans le temps ne peut pas encore être garantie.

Même si les propriétés mécaniques du bois traité par ce procédé soient augmentées, elles n'atteignent pas celles des bois tropicaux les plus résistants. Bien que les alcools furfuryliques soient obtenus par des plantes, la notion de « chimie verte » utilisée dans le but de rassurer commercialement le consommateur nécessite cependant des procédures et des contrôles soignés.

Par ailleurs, l'évolution dans le temps de ces produits (furfurylés et acétylés) n'est pas encore suffisamment maîtrisée, on peut donc s'interroger sur les risques sanitaires à moyen ou long terme (contact direct avec la peau des utilisateurs, dégagement progressif de composés volatiles...)

milieux sévères (chaleur, humidité, sec, UV...) en alternance et par cycle. Ces deux modes d'évaluation peuvent donner une idée du comportement réel du bois en service, mais les agents biologiques sont des organismes vivants qui nécessitent du temps pour se développer. La performance évaluée en laboratoire n'est pas toujours à la hauteur de celle attendue sur le terrain. La durabilité des bois tropicaux est connue à travers une expérience d'utilisation sur plusieurs siècles.



Fair&Precious recommande  
l'achat de bois tropical certifié  
FSC® et PEFC-PAFC.

Document réalisé par Patrick MARTIN.

## QUELQUES ÉCLAIRCISSEMENTS S'IMPOSENT !

# LE TUILAGE DES LAMES

### DÉFINITION

Le « tuilage » est une déformation de la section en flexion d'un élément plan lui donnant une forme de tuile creuse (qui permettrait de canaliser l'eau). Les éléments concernés par cette déformation sont les lames de bois utilisées pour la réalisation des ouvrages de revêtement tels que : parquet, bardage et platelage. Le terme « lames » s'explique par une largeur importante (jusqu'à 25 cm) et une faible épaisseur (en moyenne 2 cm).



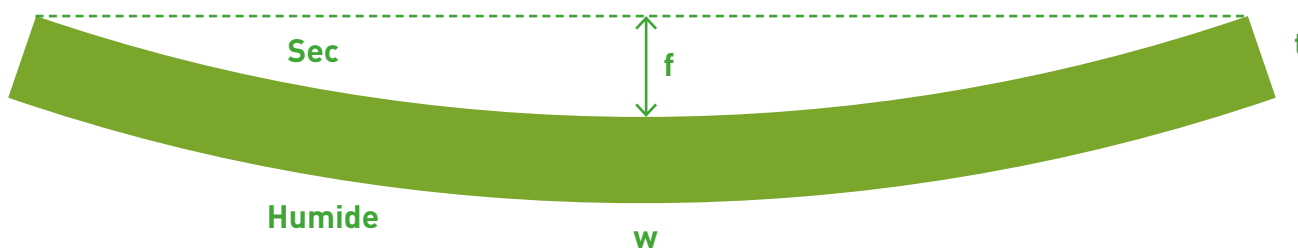
### ORIGINE

Les lames débitées sur dosse peuvent tuiler durant le séchage en raison des différences de retrait radial et tangentiel (cf. fiche déformation, le bois « tire à cœur » en séchant). Également le tuilage des lames de revêtement peut provenir d'une différence d'ambiance hygrométrique entre les deux faces. En effet, du fait de sa fonction de revêtement, la lame est soumise à une ambiance relativement sèche sur son parement (en étant exposée au soleil, au vent ou à l'air d'une pièce qui est régulièrement renouvelé) et sur son contreparement à une ambiance confinée (à l'abri de la lumière, voire dans le cas des platelages, à une proximité du sol) qui est plus humide.

**Remarque :** les deux phénomènes peuvent se compenser ou se cumuler. Pour cette raison, lorsque les éléments sont débités sur dosse, il est recommandé d'orienter si possible le côté cœur vers l'extérieur afin de minimiser le tuilage des lames (les tuilages auront tendance à se produire dans des sens opposés).

On appelle flèche de tuilage ( $f$ ), la plus importante distance séparant les points d'une face avant et après déformation de la lame.

## Section d'une lame élancée tuilée :



La flèche de tuilage  $f$  peut être estimée selon la formule suivante :

$$f = \frac{\alpha \cdot e \cdot w \cdot \Delta H}{800}$$

### Où :

$w$  est la largeur de la lame en mm

$t$  est l'épaisseur de la lame en mm

$e (=w/t)$  est l'élanement de la lame

$\alpha$  est le coefficient de retrait en % de dimension par % d'humidité

$\Delta H$  est la différence d'humidité entre parement et contreparement de la lame en %

Exemple : Si  $w = 145$  mm ;  $e = 7$  ;  $\alpha = 0,25\%/%$  ;  $\Delta H = 8\%$ , alors  $f = 2,5$  mm.

Il ressort de cette formule que la variation de 1% de l'écart d'humidité entre la surface et la sous-face est aussi importante que la variation de l'élanement de 1 point.

Par conséquent la mise en œuvre d'un ouvrage de revêtement dans un climat très sec ou très exposé au soleil ne doit en aucun cas être réalisé avec un bois qui n'a pas été suffisamment séché. La différence d'humidité entre les deux faces serait rapidement très importante et s'accompagnerait de déformations inacceptables.

Il convient de noter que durant le séchage artificiel, les lames de revêtement sont placées dans des ambiances climatiques (humidité et température) plus extrêmes que celles couramment rencontrées par les ouvrages durant leur service. Le séchoir présente deux avantages : il libère une partie

des contraintes internes du bois en réduisant les cinétiques d'absorption et désorption du bois et il permet d'identifier les pièces de bois trop nerveuses ou comportant du bois de réaction qui se déforment durant le séchage.

Le séchage artificiel est imposé pour les lames de parquet, mais il n'est pas indispensable pour de nombreux ouvrages en plate-lage extérieur où l'humidité des deux faces du bois peuvent s'équilibrer : climat humide ou modéré, écartement du sol, ventilation de la sous-face du revêtement, drainage du sol, pose en automne...

Compte tenu d'une variation très importante de stabilité des essences de bois, des élanements maximums ont été définis pour chacune d'elle, et ceux uniquement pour limiter les risques de déformations des lames après leur mise en œuvre.



Fair&Precious recommande  
l'achat de bois tropical certifié  
FSC® et PEFC-PAFC.

Document réalisé par Patrick MARTIN.

# COLLAGE DES BOIS TROPICAUX

Extrait de : Carouge O., Gérard J., 2015. Collage des bois. Mémento du forestier tropical, éditions Quae, Versailles, section 10.4.7, p 958-967 <http://www.quae.com/fr/r4730-memento-du-forestier-tropical.html>

## PRÉAMBULE

Dans l'industrie du bois, le secteur du collage, notamment le collage des bois tropicaux, est sans doute celui qui a le plus progressé depuis les années 80. La mise sur le marché de nouveaux adhésifs toujours plus performants permet de coller tous les bois, quelles que soient leurs caractéristiques, avec des exigences accrues de résistance à l'eau et de résistance mécanique.

Ces avancées technologiques permettent d'optimiser l'utilisation des bois tropicaux grâce au collage d'une partie de la ressource forestière et des débits difficilement utilisables en l'état : essences secondaires, grumes mal conformées ou de petit diamètre, bois présentant des défauts importants, bois déclassés, déchets de scierie.



Le bois massif reconstitué permet d'obtenir un matériau stable et homogène. L'association par collage d'essences d'aspects très différents offre de nouvelles perspectives pour intégrer davantage le bois dans des réalisations de haut de gamme (figure 1).

Figure 1. Panneau contrecollé multi-essences tropicales (cliché J. Gérard)

Le collage du bois à d'autres matériaux est devenu possible (figure 2)



Figure 2. Porte cristal Bubinga Ravier® (assemblage bois massif et verre acrylique), Amstelveen (Pays-Bas). Fabrication Ravier SARL, Domblans (France). © Ravier SARL

Le collage des bois tropicaux paraît limité par des contraintes liées aux caractéristiques particulières de certaines essences et à la nécessité de respecter les règles de l'art. Cependant, des études menées notamment au Cirad ont montré que le collage de bois présentant des défauts marqués ou des caractéristiques

extrêmes donne des résultats satisfaisants si les conditions de mise en œuvre préconisées sont respectées.

Le choix de l'adhésif sera fonction de l'emploi final du produit collé, du système de production, du temps d'assemblage nécessaire et du temps de pressage souhaité

## LES PRINCIPAUX TYPES DE COLLES

### Les adhésifs aminoplastes

Ces colles mono ou bi-composant, therm durcissables, assurent un collage irréversible obtenu ou accéléré par la chaleur. Ces colles ne sont pas thermoplastiques. On en distingue 4 principales catégories :

- Les **colles phénoliques** (phénol-formol, = PF) sont mono-composant sans durcisseur
- Les **colles résorcine** (résorcine-phénol-formol, = RPF) qui ont été les premières colles industrielles pour la charpente

- Les **colles urée-formol** (UF) qui sont des bi-composant (résine + durcisseur) utilisées à froid ou à chaud
- Les **colles mélamine-urée-formol** (MUF) qui sont des bi-composant (résine + durcisseur) utilisées à froid ou à chaud

En 2015, de nouvelles générations de résines sans émission de formol sont apparues, bien qu'associées aux technologies urée formol et mélamine urée formol.

## Les adhésifs thermoplastiques

Ces colles sont réversibles à la chaleur ; on en distingue **quatre principales catégories**.

- Les **colles vinyliques** (poly(acétate de vinyle), ou acétate de polyvinyle, = PVAc) qui sont des mono ou bi-composant (bi-composant avec durcisseur pour un classement D4, voir section suivante).

## Les autres adhésifs

- Les **colles EPI** (Emulsion Polymer Isocyanates) qui constituent un bon compromis entre les colles vinyliques et les colles polyuréthanes.
- Les **colles polyuréthane** (PUR) qui sont des mono-composant (réaction à l'humidité) ou des bi-composant (= PURbi, réaction chimique

- Les **colles éthyl-vinyl-acétate** (EVA) qui sont des mono-composant
- Les **colles hot-melt**, à base EVA (éthyl-vinyl-acétate) qui sont thermo-fusibles
- Les **colles néoprène** solvantées avec une base acétone qui tendent à disparaître au profit de colles **néoprène aqua-spray** (colle néoprène en phase aqueuse)

## Les colles issues de la chimie verte

De nouvelles colles issues de la chimie verte et fabriquées à partir de végétaux tel que le maïs, la pomme de terre, le soja, etc., ont été développées. Le développement de ces colles reste

- avec le durcisseur) therm durcissables.
- Les **colles hot melt polyuréthane** qui sont thermo-fusibles et réactivables tout en présentant les qualités des polyuréthanes.
- Les colles époxy qui sont toujours bi-composant.

## CLASSIFICATION DES COLLAGES

Une classification des colles a été établie en fonction de leur résistance à l'humidité et de leur niveau de sollicitation. Elle est régie par les normes NF EN 204 (avril 2002) *Classification des colles thermoplastiques pour bois à usages non structuraux* (= classification « D ») et NF EN 12765 (avril 2002) *Classification des colles à bois à résine therm durcissable à usages non structuraux* (= classification « C ») qui définissent 4 classes :

**D1 et C1** : applications en intérieur à une température dépassant occasionnellement 50°C pendant une courte durée ; l'humidité du bois est de 15% maximum.

**D2 et C2** : applications en intérieur avec occasionnellement de courtes périodes d'exposi-

tion pendant limité par les problèmes de régularité et de sécurisation des approvisionnements en matières premières, ainsi que par la variabilité de leurs caractéristiques.

tions à l'eau ou à des atmosphères humides ; l'humidité du bois ne doit pas excéder 18 %.

**D3 et C3** : applications en intérieur avec de fréquentes expositions de courte durée à l'eau ruisselante, aux condensations, à des atmosphères humides, et/ou avec des expositions à une forte humidité ; applications en extérieur, en milieu abrité non exposé aux intempéries.

**D4 et C4** : applications en intérieur avec des expositions longues et fréquentes à l'eau ruisselante, aux condensations ; applications en extérieur avec exposition aux intempéries mais avec une protection de surface adaptée (vernis ou peintures).



## MÉCANISMES RÉGISSANT LE COLLAGE DU BOIS

La technologie actuelle des collages permet d'éviter des assemblages mécaniques conventionnels onéreux et lourds à mettre en œuvre. Les colles assurent une adhésion et une cohésion entre deux supports-bois supérieures à celles du bois massif.

Un bon collage doit prendre en compte les caractéristiques intrinsèques du bois : taux d'humidité, densité, mouillabilité. Les conditions d'usinage et de fabrication dépendent de

la nature des productions et des adhésifs choisis. Les principaux paramètres et mécanismes régissant le collage du bois sont les suivants :

- *Mouillabilité, grammage de colle et temps d'assemblage*
- *Pénétration de la colle*
- *Pression de collage*
- *Polymérisation des adhésifs*
- *Stabilisation*

## SYNTHÈSE DES TECHNOLOGIES DE COLLAGE

Le tableau ci-après propose une synthèse des principales technologies de collage par grand domaine d'application en définissant pour chacun les adhésifs à utiliser et les type d'encolleuses et de presses à mettre en œuvre.

Application	Adhésif	Encolleuse	Presse
Panneaux de particules, OSB et de fibres (MDF et haute densité)	UF, MUF, PUR	Encollage par pulvérisation	Presse à feuilards en continu
Panneaux contreplaqués	UF, MUF, PF	Encolleuse à rouleaux	Presse à plateaux multi & mono-étages
Calandrage de papiers décoratifs pour ameublement courant	UF, PVAc	Encolleuse à rouleaux	Calandreuse
Portes (alvéolaires, pleines, isolantes, coupe-feu, anti-éfraction ...)	UF, MUF, (PVAc, PUR)	Encolleuse à rouleaux	Presse à plateaux multi & mono-étages
Parquets	UF, MUF, PUR (PVAc)	Encolleuse à rouleaux	Presse à plateaux mono-étages
Coques pour sièges, lattes de lit, skateboards, pièces d'agencement cintrées	UF, MUF, (PVAc)	Encolleuse à rouleaux	Presses multi & mono-étages équipées de moules
Construction : poutres, charpentes	MUF, PRF, PUR	Encolleuse à rideaux	Presse latérale à vis ou vérins
Panneaux massifs de coffrage ou de structure	UF, MUF, EPI, PUR	Encolleuse à rouleaux	Presse à plateaux multi & mono-étages
Panneaux massifs pour ameublement, cercueils, agencement...	UF, MUF, PVAc, EPI	Encolleuse à cordons	Panneauteuse pour bois massif
Menuiserie, montants, carrelats, vérandas	UF, MUF, PVAc, EPI, PUR	Encolleuse à rouleaux	Cadreuse à vérins
Assemblages de menuiserie (tenon mortaise, tourillons...)	UF, MUF, PVAc, EPI, époxy	Encollage par cordons	Cadreuse à vérins
Collage des chants et enrobages pour ameublement, agencement...	Hot-melt, PVAc, néoprène	Encollage par pulvérisation	Presse à rouleaux multiples pour les collages de chants et l'enrobage
Replacage sur panneau en forme pour portes de cuisine et menuiseries	UF, PVAc	Encolleuse à rouleaux	Presse à membrane
Porte de cuisine plastifiée	PUR réactivable	Encollage par pulvérisation	Presse à vide



Fair&Precious recommande l'achat de bois tropical certifié FSC® et PEFC-PAFC.

# QUALITÉ DES ESSENCES DE PLANTATION POUR UNE UTILISATION EN BOIS D'ŒUVRE

Extrait de : *Mémento du Forestier Tropical* - Editions Quae  
Jean Gérard et Dominique Louppe

## PRÉAMBULE

La production de bois dans les forêts tropicales naturelles tend à diminuer régulièrement et cette tendance se poursuivra sans doute dans les années à venir. L'industrie forestière tropicale se tourne donc tout naturellement vers les bois de plantation.

Les plantations forestières demandent un fort investissement qui doit être payé en retour par les produits forestiers récoltés pour lesquels la qualité compte aujourd'hui autant que la quantité. Les propriétés technologiques du bois des arbres de plantation sont différentes de celles de ces mêmes essences ayant poussé en forêt

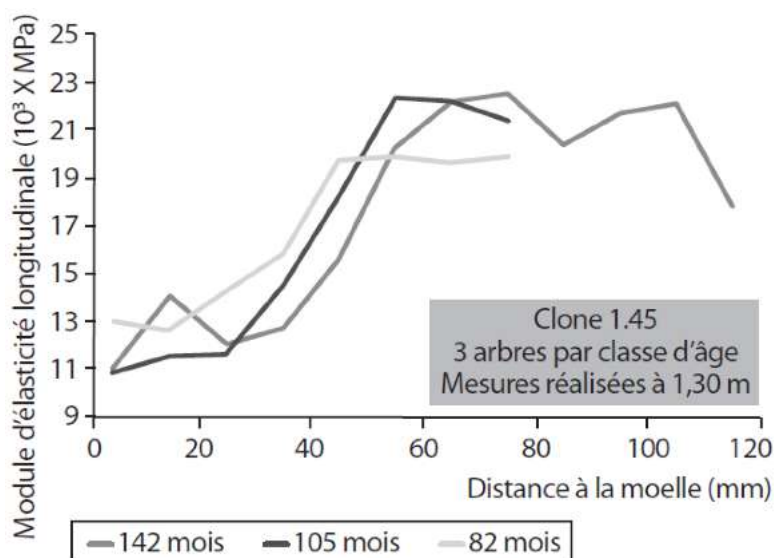
naturelle, ce qui pose des problèmes technologiques et commerciaux.

En particulier, les propriétés du bois de plantation sont très hétérogènes au sein d'un même arbre, car les arbres sont très souvent récoltés alors qu'ils ne sont pas encore arrivés à maturité. Les différences constatées varient suivant les espèces : effet du bois de tension ou du bois juvénile sur les propriétés du bois, conséquences de la libération des contraintes de croissance sur la qualité des sciages, impact de la branchaison sur le classement d'aspect des résineux, relation entre le manque de maturité du bois et sa faible durabilité naturelle, etc.

## BOIS JUVÉNILÉ ET BOIS ADULTE

Les arbres jeunes (de moins de 30 ans) présentent une proportion plus ou moins importante de bois dit *juvénile* dont les propriétés sont inférieures à celles du bois mature. Ainsi, les propriétés du bois peuvent varier fortement depuis le cœur jusqu'à l'écorce. Les variations les plus fortes s'observent notamment durant les premières années de croissance (figure 1). La

transition entre le bois juvénile et le bois adulte n'est jamais brutale, il s'agit davantage d'une « diminution de la juvénilité » du bois, du cœur vers la périphérie. L'âge limite de formation du bois juvénile a été ainsi estimé à 20 ans pour *Eucalyptus regnans* et à 10 ans pour *E. saligna*. Cette limite reste toutefois très empirique.



*Le bois juvénile est concentré dans un cœur de 8 cm de diamètre environ*  
**Figure 1 : exemple de variations radiales de propriétés (module d'élasticité longitudinal) chez un Eucalyptus PF1. (Gérard et al., 1995)**

## BOIS DE TENSION ET CONTRAINTES DE CROISSANCE

La valorisation en bois d'œuvre de certaines essences de plantation, typiquement les eucalyptus, mais aussi le fraké, le framiré et d'autres feuillus, est limitée par le manque de stabilité du bois durant les opérations de première transformation.

Ce type de défaut est principalement dû à la présence de bois de tension associé à des contraintes de croissance élevées.

Le bois de tension est formé par l'arbre en réaction à des événements extérieurs. Il induit des hétérogénéités radiales et suivant la circonférence. Les contraintes de croissance permettent à la tige de supporter des réorientations induites par des modifications des conditions environnementales (éclaircies). Les forces de tension en périphérie contribuent à haubaner les tiges afin qu'elles puissent résister à l'action de forces extérieures.

La libération de ces contraintes de croissance couplée à l'hétérogénéité des propriétés due au bois de tension est à l'origine de défauts qui

surviennent durant les opérations d'abattage et de première transformation (sciage) :

- chez les feuillus, des fentes à cœur apparaissent à l'abattage et au tronçonnage, allant parfois jusqu'à l'éclatement des billes ; les sciages se déforment à cause des fortes tensions longitudinales en périphérie de la grume ;
- les sciages et les placages de feuillus ou de résineux se déforment (voilement, gauchissement...) et des fentes apparaissent durant le séchage en raison de la forte hétérogénéité des retraits de séchage. C'est ce que l'on appelle la « nervosité » du bois.

Les bois de réaction sont parfois à l'origine d'autres défauts : mauvais état de surface des bois débités après rabotage ou ponçage (chez certaines essences, le bois de tension est « pelucheux »), colorations anormales (« veine verte » ou « veine grasse » due à la présence de bois de tension, bois de compression rouge chez les résineux).

## ÉLAGAGE ET NODOSITÉ

Chez les résineux de plantation, la présence de nœuds est un des principaux facteurs de dépréciation de la qualité du bois. Ces nœuds sont plus ou moins abondants, plus ou moins gros, sains, noirs, pourris, etc. Bien que les bois nouveaux sont considérés comme plus décoratifs pour certaines utilisations, la nodosité occasionne des difficultés de sciage et d'usinage, lors du rabotage, du mortaisage, ou du toupillage.

De plus, comme le fil du bois est dévié au voisinage des nœuds, il peut conduire à des déformations localisées des bois débités. Chez

certaines espèces de pins tropicaux comme *Pinus caribaea* ou *Pinus elliottii*, la présence de nœuds pénétrants issus de branches jeunes au voisinage de la moelle est associée à des zones de bois de cœur infiltré de résine d'origine traumatique dues aux vents, aux cyclones, ou aux passages d'incendies répétés.

Les nœuds diminuent la résistance mécanique du bois, d'autant plus s'ils sont nombreux et de gros diamètre. L'élagage naturel ou artificiel est un facteur déterminant de la future qualité des bois transformés.

## INCIDENCES DU MANQUE DE MATURITÉ DES BOIS DE PLANTATION SUR LEUR COULEUR ET LEUR DURABILITÉ NATURELLE

Chez certaines espèces forestières tropicales, les jeunes bois de plantation présentent une couleur plus claire que les bois plus âgés ou que les bois de forêt naturelle. Leur durabilité naturelle est souvent plus faible, car leur duraminisation est incomplète.

Ces différences s'observent notamment chez le teck. L'aspect du teck de forêt naturelle est caractéristique et très apprécié ; la couleur de son bois varie du beige-brun au brun doré avec certaines nuances olivâtres ; il fonce légèrement à la lumière pour prendre une couleur plus profonde avec des reflets cuivrés.

Cette teinte peut être uniforme ou striée d'un veinage brun-noir. Chez les tecks de plantation, la couleur et l'aspect des bois peuvent varier en fonction de leur provenance et de leur âge. Une sylviculture inappropriée peut induire une couleur très hétérogène, des défauts de fil, voire des discolorations. Les bois de tecks de plantation de moins de 10 ans peuvent présenter une couleur très pâle, blanc jaunâtre à beige pâle, en raison de l'absence de bois mature, lorsque les tiges sont presque entièrement constituées d'aubier.

Ainsi, la norme européenne NF EN 350-2 (2016) relative à la durabilité naturelle des bois fait une distinction entre le teck d'Asie (sous-entendu de forêt naturelle) et le teck cultivé :

- le premier se situe en classe 1 de durabilité naturelle aux champignons (classe la plus élevée) et en classe M (durabilité moyenne) de durabilité naturelle aux termites ;
- le second se situe en classes 1 à 3 de durabilité naturelle aux champignons et en classe M-S (moyen à sensible) de durabilité naturelle aux termites.

Cette distinction reflète bien la différence de qualité, notamment de durabilité naturelle, observée entre les différents tecks actuellement commercialisés. Certains tecks de plantation utilisés pour du mobilier de jardin de gamme moyenne à basse présentent sans doute une durabilité naturelle inférieure à la classe 3. D'autres ont en revanche une qualité tout à fait comparable à celle tecks de forêt naturelle.

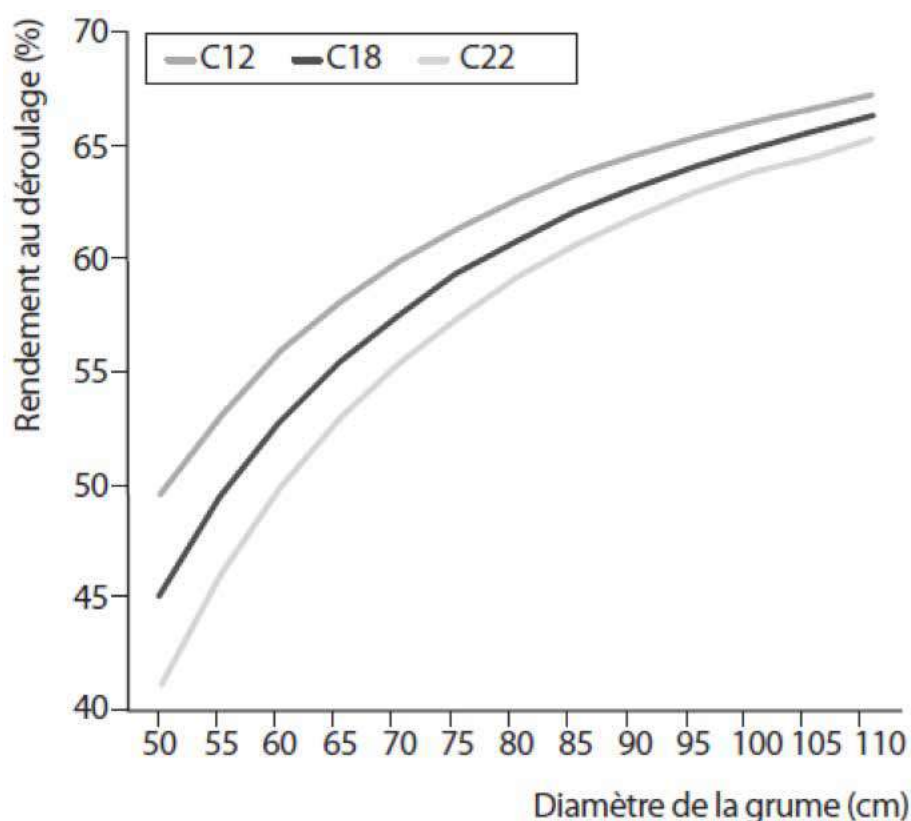
## IMPORTANCE DE LA FORME ET DU DIAMÈTRE DES GRUMES SUR LE RENDEMENT À LA TRANSFORMATION

L'âge de l'arbre exploité a une importance sur la qualité du bois (plus l'arbre a un gros diamètre, plus le taux de bois juvénile est faible et plus la duraminisation du bois parfait est importante) mais aussi sur le taux de valorisation de la matière première. Le rendement à la transformation par déroulage dépend de trois facteurs : la cylindricité de la grume, son diamètre et l'outil utilisé qui permet de dérouler jusqu'à un noyau de plus ou moins petit diamètre.

La conformation propre des grumes joue aussi sur la qualité et l'aspect des produits obtenus (figure 2). Elle influe sur le rendement matière. Les défauts de rectitude et de cylindricité génèrent des déchets plus importants (arrondis de déroulage, par exemple). D'autres

défauts dans la grume (cœurs excentrés, fil de trop grande pente...) entraînent l'élimination, au niveau du produit fini, des parties incluant ces défauts ou réduisent considérablement sa valeur à cause de ces défauts inclus (nœuds, fentes, autres défauts).

La sylviculture des bois d'œuvre doit donc être adaptée dans la mesure du possible pour obtenir des grumes les plus droites possibles, avec peu de défilement, sans nœud, sans tensions internes et suffisamment duraminisées. Il s'agit donc d'une sylviculture de moyen à long terme qui ne peut être rentabilisée que par l'obtention d'une matière première de très grande qualité.



*Le rendement diminue rapidement pour des diamètres de grume inférieurs à 60 cm : par exemple avec un noyau de 18 cm (C18, dérouleuse ancienne), le rendement est de 45 % pour une grume de 50 cm de diamètre sous écorce et de 65 % pour une grume de 100 cm.*

**Figure 2. Rendement au déroulage en fonction du diamètre de la grume et de celui du cœur**

## CONCLUSIONS

L'amélioration de la qualité des bois de plantation en région tropicale doit être pensée et conduite conjointement avec le développement des filières de transformation.

En effet, les contraintes de temps inhérentes à la production forestière (sauf peut-être pour les plantations à croissance très rapide) font que les marchés locaux et internationaux des bois doivent sans cesse utiliser de nouvelles matières premières, sans que celles-ci puissent avec certitude être adaptées à un outil de production défini a priori.

Un simple diagnostic rapide des propriétés d'une ressource exploitable doit permettre

d'améliorer sa valorisation : ainsi par exemple, les bois nerveux doivent être débités rapidement et séchés sous forme de pièces de petites dimensions, à l'aide d'outils appropriés et suivant des modes de débit et de séchage adaptés.

Le déroulage peut être une valorisation intéressante pour les bois présentant un fort contraste entre bois juvénile et bois adulte, puisque l'on peut ensuite reconstituer des lots de placages homogènes et les apparier lors de la composition de contreplaqués, sachant de plus qu'il existe des outils adaptés au déroulage des bois de petit diamètre.



Plantations Tropical Bois – Côte d'Ivoire



Fair&Precious recommande  
l'achat de bois tropical certifié  
FSC® et PEFC-PAFC.

# LES BOIS POUR OUVRAGES HYDRAULIQUES

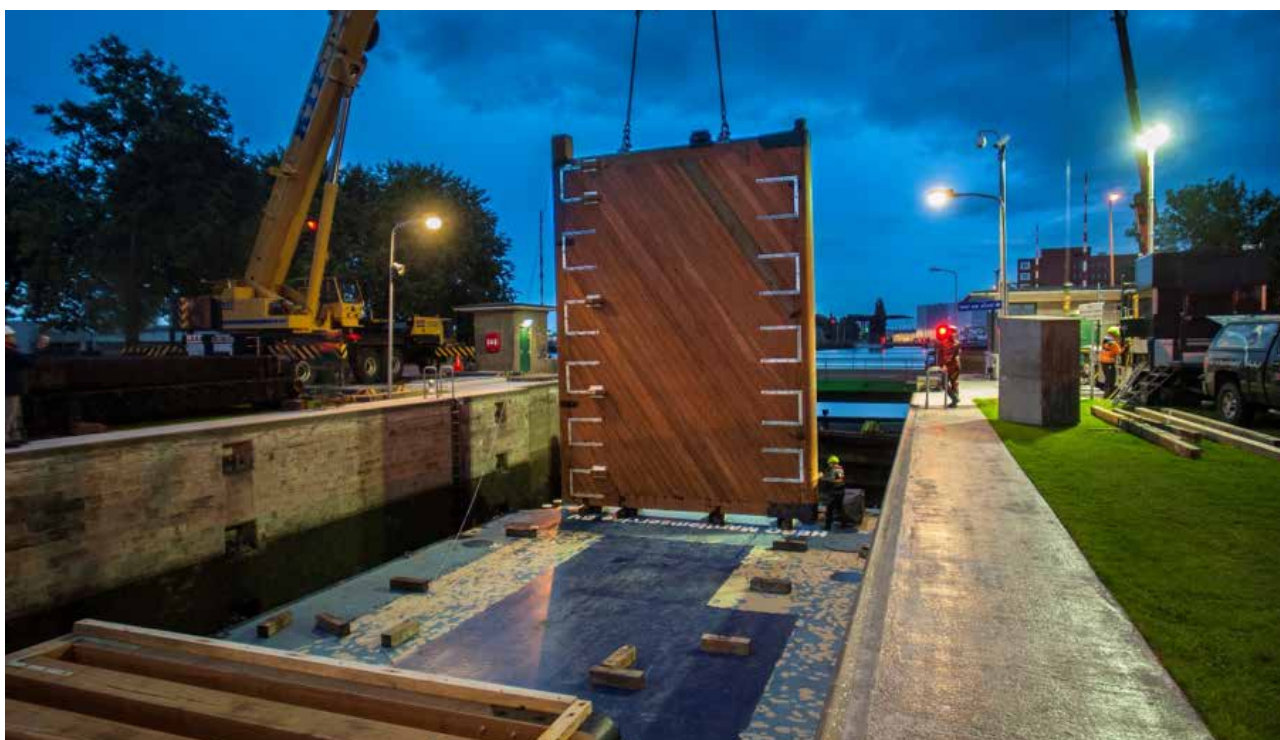
## PRÉAMBULE

Les notions de durabilité des bois et de classes d'emploi avaient été précédemment définies et expliquées par l'ATIBT dans le document intitulé *Quelques éclaircissements s'imposent : la durabilité du bois* (Michel VERNAY, CIRAD, Emmanuel GROUDEL, WALE et Patrick MARTIN, ATIBT).

L'étymologie du mot hydraulique vient d'un terme grec désignant un orgue qui fonction-

nait au moyen de l'eau, terme dérivé de deux mots traduits par eau et tuyau : ὕδραυλις, orgue qui marchait par le moyen de l'eau, de ὕδρ..., eau (voy. *HYDR...*) et αὐλός, tuyau.

Le présent document concerne les usages du bois qui dépendent de l'architecture hydraulique, avec pour objet les constructions dans l'eau ou le mouvement des eaux.



Pose d'une porte d'écluse en Azobé (Société Wijma – Deventer – Pays-Bas)

## DÉFINITION GÉNÉRALE DES OUVRAGES HYDRAULIQUES

Une définition et une typologie « officielles » de ce type d'ouvrages sont données par le Ministère de la transition écologique qui indique que [les ouvrages hydrauliques regroupent plusieurs familles d'ouvrages](#) :

- les barrages,
- les canaux,
- les digues de protection contre les inondations ou contre les submersions,
- les systèmes de protection contre les inondations ou contre les submersions,

- les aménagements hydrauliques.

L'essentiel de cette typologie est axé sur des ouvrages en eau douce, seuls les aménagements hydrauliques faisant référence à des ouvrages maritimes<sup>1</sup>.

Note : le terme travaux hydrauliques est aussi utilisé en lieu et place de ouvrages hydrauliques, il constitue la traduction directe du terme anglais *hydraulic works*.



Fabrication de portes d'écluses en Azobé (Société Wijma – Kampen – Pays-Bas)

---

1. Un aménagement hydraulique participe à la protection contre les inondations ou les submersions, mais comprend des ouvrages de rétention d'une partie des crues, comme les barrages écrêteurs de crue ou les casiers de rétention de crue, ou des ouvrages stockant d'autres écoulements pour qu'ils ne provoquent pas d'inondation, comme l'eau amenée par les vagues lors de tempêtes maritimes ou les eaux de ruissellement issues d'événements pluvieux intenses.



## TPOLOGIE DES OUVRAGES HYDRAULIQUES ASSOCIÉS À L'UTILISATION DE BOIS

Contrairement à la définition générale donnée précédemment, la typologie des ouvrages hydrauliques associés à l'utilisation de bois doit intégrer toutes les applications en milieu marin ou en eau saumâtre.

Langbour et Vernay (2002)<sup>2</sup> proposent trois typologies d'ouvrages où le bois présente un intérêt, associées pour parties aux ouvrages hydrauliques :

- **Ouvrages structurels immergés** : estacades, portes d'écluses, appontements, constructions sur pilotis, palplanches en bois, ducs-d'Albe<sup>3</sup>, pieux d'amarrage en bois, épis, pieux de rive et brise-lames.
- **Ouvrages structurels hors d'eau** : plateformes et passerelles.
- **Équipement et habillage** : aménagements de quais (défenses...) et de berges, platelages et bardage.

Une typologie spécifique aux ouvrages hydrauliques associés à l'utilisation de bois doit prendre en compte les deux éléments suivants :

- un ouvrage hydraulique est considéré comme tel s'il est dans son intégralité ou pour partie immergé en permanence ou de façon intermittente ; les ouvrages extérieurs tels que les passerelles, les platelages, ou les bardages ne sont donc pas considérés comme des ouvrages hydrauliques.
- une distinction doit être faite entre les ouvrages en eau douce d'une part, et les ouvrages en eau saumâtre ou en milieu marin d'autre part, distinction essentiellement liée aux risques d'endommagements dus aux térébrants marins<sup>4</sup>.

La typologie proposée par Langbour et Vernay (2002) pourrait donc être adaptée en considérant quatre groupes d'ouvrages hydrauliques ou parties d'ouvrages hydrauliques :

Bois immergés en milieu marin ou en eau saumâtre		Bois immergés en eau douce	
de façon intermittente	en permanence	de façon intermittente	en permanence

Le plus souvent, certaines parties d'un même ouvrage hydraulique seront immergées en permanence tandis que d'autres seront immergées de façon intermittente.

Il est donc plus simple de considérer deux grand groupes d'ouvrages hydrauliques, ceux mis en œuvre **en eau douce** et ceux mis en œuvre **en eau saumâtre** ou **en milieu marin**.

2. Langbour P., Vernay M., 2002. Une production particulière : les bois équarris. *Bois & Forêts des Tropiques*, 271 (1): 111-113.

3. Le terme provient de Ferdinand Alvare de Tolède, troisième duc d'Albe, qui faisait amarrer ses bateaux à des pieux lors de ses séjours au Portugal.

4. En eau douce, quelques espèces de térébrants peuvent attaquer le bois pour y loger mais leur impact sur les performances structurelles des ouvrages reste négligeable.

## OUVRAGES HYDRAULIQUES EN EAU SAUMATRE OU MILIEU MARIN

Estacades, wharf, appontements, constructions sur pilotis, ducs-d'Albe<sup>5</sup>, pieux d'amarrage en bois, épis, pieux de rive et brise-lames, aménagements de quais, défenses de quais,

## OUVRAGES HYDRAULIQUES EN EAU DOUCE

Portes d'écluses, appontements, constructions sur pilotis, pieux d'amarrage en bois, aménagements de quais et de berges

Note : par commodité mais par abus de langage, on peut accepter le terme **bois hydrauliques** en lieu et place de **bois pour ouvrages/travaux hydrauliques**.



Pièces d'Azobé avec cœur enrobé pour la construction d'une défense spécifique  
(Société Wijma – Kampen – Pays-Bas)

5. Faisceau de pieux plantés dans le fond d'un bassin ou d'un cours d'eau et auquel viennent s'amarrer les navires.

## CONTRAINTES SPÉCIFIQUES AUXQUELLES SONT SOUMIS LES BOIS POUR OUVRAGES HYDRAULIQUES

Suivant le type d'ouvrage considéré, ces contraintes peuvent être de nature différente et/ou plus ou moins marquées. Cependant, les bois pour ouvrages hydrauliques nécessitent dans la majorité des cas :

- De bonnes caractéristiques mécaniques (résistance en compression, au choc, en flexion, rigidité) car les ouvrages correspondant sont le plus souvent soumis à de fortes contraintes.
- Une bonne résistance aux attaques des agents biologiques de détérioration :
  - Résistance aux champignons lignivores pour les bois fréquemment émergés.
  - Résistance aux térébrants marins (ou foreurs marins) pour les bois immergés fréquemment ou en permanence en milieu marin ou en eau saumâtre.

Les pièces de bois destinées aux usages hydrauliques doivent être usinées à l'état frais de sciage ; en effet, leur séchage n'est pas envisageable tant sur un plan technique qu'économique. De plus et notamment dans les grosses sections le plus souvent nécessaires pour cette catégorie d'usages, ces bois très durs et très denses ne peuvent pas être usinés à l'état sec. Cet aspect doit être souligné auprès des autorités compétentes des pays producteurs (Ministères des Eaux & Forêts, Douanes, etc.) afin de ne pas rompre cette chaîne d'approvisionnement spécifique.



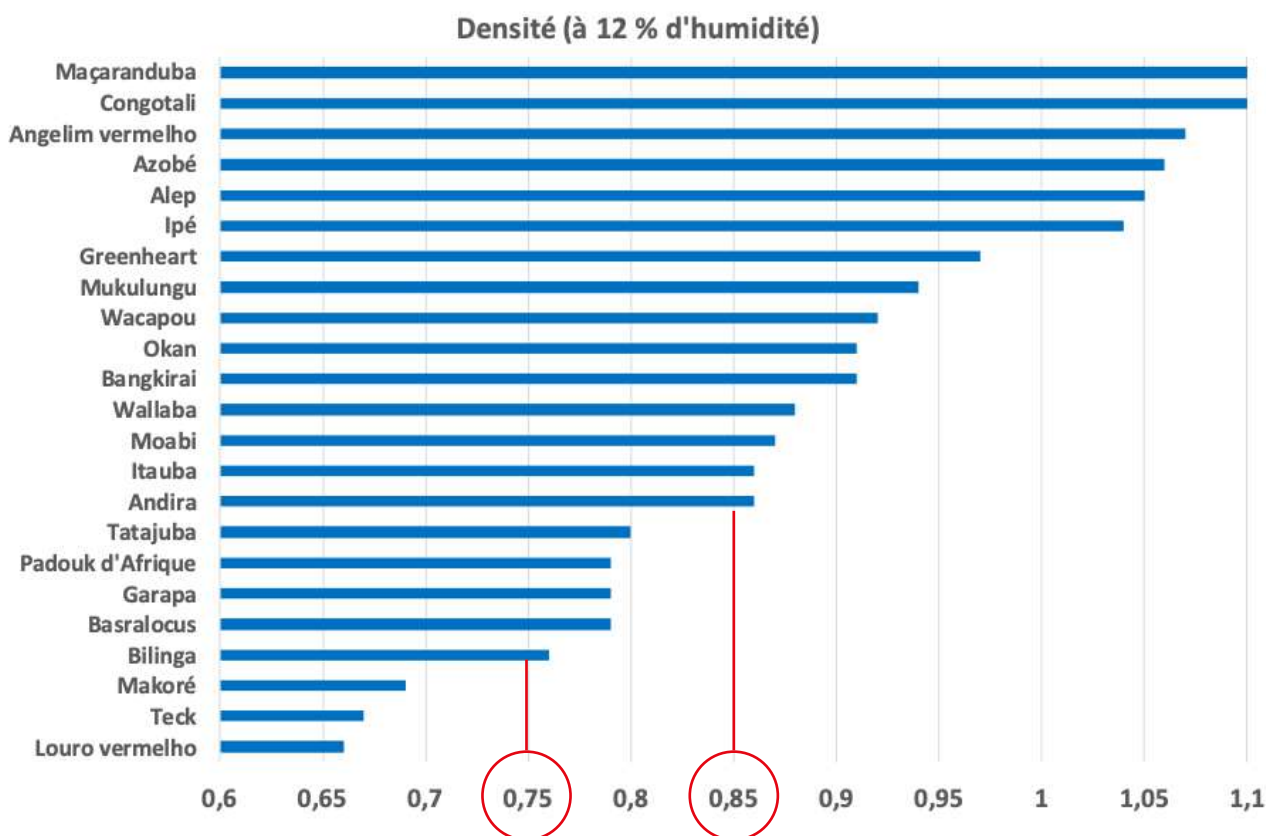
Défense de berge – pièces de grosse section en Azobé (Société Wijma / Willemsunie - Pays-Bas)

## CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES

La plupart des bois utilisables pour des ouvrages hydrauliques en milieu marin<sup>6</sup> présentent une densité moyenne<sup>7</sup> supérieure à 0,75<sup>8</sup>, cette densité moyenne étant le plus souvent supé-

rieure à 0,85 (graphique 1).

Ces bois, pour la plupart lourds à très lourds<sup>9</sup>, présentent corrélativement des caractéristiques mécaniques élevées.



**Graphique 1. Répartition des densités des principaux bois commerciaux couvrant naturellement la classe d'emploi 5 (bois immergés dans l'eau salée de manière régulière ou permanente) - Source : Tropix 7**

### Seules trois espèces commerciales courantes présentent une densité modérée :

- le Teck (0,67) et le Makoré (0,69) peuvent être utilisés en milieu marin du fait de leurs performances techniques ; cependant, ces deux essences sont essentiellement destinées à

des usages à plus haute valeur ajoutée ;

- le Louro vermelho (0,66) couvre aussi la classe d'emploi 5 ; cependant, en raison de sa densité faible à moyenne, il ne peut être mis en œuvre que sous sollicitations mécaniques modérées.

6. Bois utilisables en classe d'emploi 5 sans traitement de préservation, voir section suivante

7. Déterminée à 12 % d'humidité

8. Parmi ces bois, le Bilinga est celui dont la densité moyenne est la plus basse : 0,76

9. Selon la classification Cirad :

0,65 < densité < 0,80 : bois mi-lourd

0,80 < densité < 0,95 : bois lourd

0,95 < densité : bois très lourd

## RÉSISTANCE AUX CHAMPIGNONS LIGNIVORES

Les bois utilisés pour des ouvrages hydrauliques, aussi bien en eau douce qu'en eau saumâtre ou en milieu marin, doivent couvrir la classe d'emploi 4 sans traitement de préservation<sup>10</sup>.

Cette classe d'emploi correspond à des utilisations extérieures en contact avec le sol ou l'eau douce. Les situations correspondant à la classe d'emploi 4 sont caractérisées par des humidifications fréquentes ou permanentes, des rétentions et des stagnations d'eau. Les bois peuvent être également mis en œuvre en contact avec le sol ou immergés.

La définition de la notion de classe d'emploi est donnée en 2<sup>ème</sup> partie de **l'annexe 1**.

Pour couvrir la classe d'emploi 4 sans traitement de préservation, un bois devra présenter une classe de durabilité naturelle 1, éventuellement 2, exceptionnellement 3.

La définition de la notion de classe de durabilité naturelle est donnée en 1<sup>ère</sup> partie de **l'annexe 1**.

Il faut rappeler que les caractéristiques de durabilité concernent uniquement le duramen des bois arrivés à maturité. L'aubier doit toujours être considéré comme non durable vis-à-vis des agents de dégradation biologique du bois.

## RÉSISTANCE AUX TÉRÉBRANTS MARINS (OU FOREURS MARINS)

Deux groupes d'invertébrés marins sont dits térébrants car ils peuvent perforer et dégrader les bois immergés : (1) les Tarets et les Pholades (mollusques bivalves) ; (2) différents petits crustacés, notamment du genre *Limnoria* qui est le plus répandu.

Les mollusques sont les plus destructeurs, notamment les Tarets dont la répartition géographique et la virulence dépendent de la salinité et de la température de l'eau. Ils sont présents dans toutes les mers mais sont particulièrement destructeurs en eaux tropicales. Du fait du dérèglement climatique à l'origine d'une élévation générale de la température des eaux marines, la virulence des térébrants marins tend à augmenter dans les eaux tempérées et les eaux froides.

La résistance naturelle de certaines essences tropicales aux térébrants marins est principalement liée à trois caractéristiques : (1) grain fin à très fin couplé à une densité élevée ; (2) taux de silice élevé ; (3) présence dans le bois de composés chimiques répulsifs (= métabolites secondaires ou extractibles). De ces trois caractéristiques, le taux de silice est la plus discriminante.

Ces bois peuvent être utilisés en classe d'emploi 5 sans traitement de préservation (bois immergés dans l'eau salée de manière régulière ou permanente).

Une essence qui couvre la classe d'emploi 5 couvre généralement la classe d'emploi 4, excepté quelques rares essences ne couvrant que la classe 3 ou la classe 2 (Basralocus, Garapa, Louro vermelho, Sougué).

---

10. Bois dits « de classe 4 » par commodité et par abus de langage

## CORRESPONDANCE ENTRE LES CLASSES DE DURABILITÉ NATURELLES ET LES CLASSES D'EMPLOI

La norme européenne NF EN 460 (juillet 1994), **toujours en vigueur bien qu'en cours de révision**, propose un tableau de correspondances entre le niveau de durabilité naturelle des bois massifs et leurs possibilités d'utilisation dans une classe d'emploi donnée (tableau ci-après).

Note : En réalité, cette norme fait référence à la notion de classe de risque et non de classe d'emploi, notions quasiment équivalentes. Classe d'emploi est aujourd'hui le terme en vigueur, il

est défini dans la norme française NF EN 335 (mai 2013). Dans le tableau de correspondances qui suit, on utilisera le terme classe d'emploi en cohérence avec la terminologie actuellement utilisée, même si ce terme n'est pas littéralement celui mentionné dans la norme française NF EN 460 de juillet 1994.

Pour les Pays-Bas, il est nécessaire de se référer à la norme NEN-EN 350 :2016<sup>11</sup>.

### Classes de durabilité naturelle selon la classe d'emploi

Classe d'emploi couverte par la durabilité naturelle	Classe de durabilité naturelle				
	1	2	3	4	5
1	Oui <sup>(1)</sup>	Oui	Oui	Oui	Oui
2	Oui	Oui	Oui	Oui mais	Oui mais
3	Oui	Oui	Oui mais	Au cas par cas <sup>(3)</sup>	Au cas par cas
4	Oui	Oui mais <sup>(2)</sup>	Non mais <sup>(4)</sup>	Non <sup>(5)</sup>	Non
5	Oui	Non mais	Non mais	Non	Non

(1) *Oui* : la durabilité naturelle couvre la classe d'emploi.

(2) *Oui mais* : la durabilité naturelle couvre normalement la classe d'emploi. Mais pour certains emplois, un traitement de préservation peut être recommandé.

(3) *Au cas par cas* : la durabilité naturelle peut être suffisante. Mais en fonction de l'essence du bois, de sa perméabilité et de son emploi final, un traitement de préservation peut être nécessaire.

(4) *Non mais* : un traitement de préservation est normalement recommandé. Mais pour certains emplois, la durabilité naturelle peut être suffisante pour couvrir la classe d'emploi.

(5) *Non* : la durabilité naturelle ne couvre pas la classe d'emploi ; un traitement de préservation est nécessaire.

Pour les classes d'emploi 2 à 5, les correspondances ne sont pas définies de manière précise pour certains niveaux de durabilité. Pour certaines essences, les classes d'emploi ne sont

données qu'à titre indicatif. Les valeurs correspondantes doivent être utilisées avec précaution et professionnalisme.

11. <https://www.nen.nl/nen-en-350-2016-en-224409>



Pièces de portes d'écluses en Azobé (Société Wijma – Kampen – Pays-Bas)



Pont de Harderwijk (Société Wijma – Pays-Bas)

## LES BOIS UTILISABLES POUR LES OUVRAGES HYDRAULIQUES

En 2000, Vernay et Fouquet<sup>12</sup> inventorient les principales essences tropicales à forte durabilité naturelle qui couvrent la classe de risque 4 et/ou qui couvrent la classe de risque 5.

Le recoupement de ces listes d'essences permet de définir les bois utilisables pour les ouvrages hydrauliques en conservant la même typologie définissant 4 catégories d'essences :

- Essences courantes commercialisées pour les ouvrages hydrauliques
- Essences techniquement utilisables pour les ouvrages hydrauliques mais dont l'aspect esthétique permet d'autres utilisations à plus

haute valeur ajoutée

- Essences à fort potentiel, peu commercialisées
- Autres essences peu connues

En 20 ans, certaines essences ont émergé et sont aujourd'hui couramment commercialisées ; c'est le cas de l'Okan.

La liste des bois utilisables pour les ouvrages hydrauliques dans le tableau page suivante a donc été établie à partir des informations fournies par Vernay et Fouquet (2000) ajustées en tenant compte de l'évolution des marchés mais aussi de la disponibilité effective des bois en forêt.



Palplanches en Azobé (Société Wijma – Kampen – Pays-Bas)

12. Vernay M., Fouquet D., 2000. Essences tropicales à forte durabilité naturelle. *Bois & Forêts des Tropiques*, 264 (2): 73-76.



Nom pilote	Nom botanique	Couverture de la classe d'emploi 5	Commentaires ; autres usages potentiels	Intérêt marché
<b>Essences courantes commercialisées pour les ouvrages hydrauliques</b>				
<b>Angelim vermelho</b>	<i>Dinizia excelsa</i>	Oui	Du fait de son odeur désagréable, à utiliser de préférence immergé en permanence	++
<b>Azobé</b>	<i>Lophira alata</i>	Oui	Pour certaines provenances, problème récurrent de bois intermédiaire peu durable aux champignons lignivores	+++
<b>Basralocus</b>	<i>Dicorynia guianensis</i> <i>Dicorynia paraensis</i>	Oui	Ne couvre pas la classe d'emploi 4	++
<b>Bilinga</b>	<i>Nauclea diderrichii</i> <i>Nauclea gilletii</i> <i>Nauclea xanthoxylon</i>	Oui	Fendif pour des emplois émergés, peu adapté au climat méditerranéen	+++
<b>Greenheart</b>	<i>Chlorocardium rodiei</i>	Oui		
<b>Niové</b>	<i>Staudtia kamerunensis</i>	Non	Platelage et decking	++
<b>Okan (Adoum)</b>	<i>Cylicodiscus gabunensis</i>	Oui		++
<b>Padouk d'Afrique</b>	<i>Pterocarpus osun</i> <i>Pterocarpus soyauxii</i> <i>Pterocarpus tinctorius</i>	Oui	Très utilisé en revêtement de sol extérieur	+++
<b>Tali</b>	<i>Erythrophleum guineense</i> <i>Erythrophleum ivorense</i> <i>Erythrophleum suaveolens</i> <i>Erythrophleum</i> p.p.	M*	Platelage et decking	++
<b>Wallaba</b>	<i>Eperua falcata</i> <i>Eperua jenmanii</i> <i>Eperua rubiginosa</i> <i>Eperua</i> p.p.	Oui		
<b>Essences techniquement utilisables pour les ouvrages hydrauliques mais dont l'aspect esthétique ou d'autres caractéristiques permettent d'autres utilisations à plus forte valeur ajoutée</b>				
<b>Bangkirai / Yellow Balau</b>	<i>Shorea glauca</i> <i>Shorea laevis</i> <i>Shorea maxwelliana</i> <i>Shorea superba</i> <i>Shorea</i> subgen. <i>Eushorea</i> p.p.	Oui	Platelage et decking	+++
<b>Billian / Ulin</b>	<i>Eusideroxylon zwageri</i>	-	Platelage et decking, charpenterie de marine, bardeaux	++
<b>Chengal</b>	<i>Neobalanocarpus heimii</i>	-	Platelage et decking	++
<b>Cumaru</b>	<i>Dipteryx alata</i> <i>Dipteryx micrantha</i> <i>Dipteryx odorata</i> <i>Dipteryx polyphylla</i> <i>Dipteryx</i> p.p.	Non	Peu adapté au climat méditerranéen pour des emplois émergés	



Bois tropicaux sud-américains



Bois tropicaux africains



Bois tropicaux sud-asiatiques

Utilisables pour les ouvrages hydrauliques

<b>Doussié rouge</b>	<i>Azelia bipindensis</i>	Non	Revêtements de sol haut de gamme	+++
<b>Ipê</b>	<i>Handroanthus heptaphylla</i> <i>Handroanthus impetiginosa</i> <i>Handroanthus serratifolia</i> <i>Handroanthus</i> p.p.	Oui	Platelage et decking	
<b>Iroko</b>	<i>Milicia excelsa</i> <i>Milicia regia</i>	Oui	Platelage et decking	
<b>Itaúba</b>	<i>Mezilaurus itauba</i> <i>Mezilaurus lindaviana</i> <i>Mezilaurus navalium</i> <i>Mezilaurus</i> p.p.	Oui	Platelage et decking	
<b>Louro vermelho</b>	<i>Sextonia rubra</i>	Oui	Platelage et decking	
<b>Maçaranduba</b>	<i>Manilkara bidentata</i> <i>Manilkara huberi</i> <i>Manilkara</i> p.p.	Oui	Platelage et decking	
<b>Makoré</b>	<i>Tieghemella heckelii</i>	Oui	Autres usages à plus forte valeur ajoutée en menuiserie	
<b>Merbau</b>	<i>Intsia bijuga</i> <i>Intsia palembanica</i> <i>Intsia</i> p.p.	-	Platelage et decking, construction navale	+++
<b>Moabi</b>	<i>Baillonella toxisperma</i>	Oui	Autres usages à plus forte valeur ajoutée en menuiserie	
<b>Mukulungu</b>	<i>Autranella congolensis</i>	Oui	Platelage et decking	
<b>Tatajuba</b>	<i>Bagassa guianensis</i>	Oui	Platelage et decking	
<b>Teck</b>	<i>Tectona grandis</i>	Oui	Nombreux usages haut de gamme	+++
<b>Essences à fort potentiel, peu commercialisées</b>				
<b>Alep</b>	<i>Desbordesia glaucescens</i>	Oui	Traverses de chemin de fer	
<b>Congotali</b>	<i>Letestua durissima</i>	Oui		
<b>Dabéma</b>	<i>Piptadeniastrum africanum</i>	Non		
<b>Eveuss</b>	<i>Klainedoxa gabonensis</i> <i>Klainedoxa trillesii</i>	Non	Parfois zones non duraminisées à l'intérieur du bois parfait	
<b>Eyoum ou Omvong</b>	<i>Dialium pachyphyllum</i>	-		
<b>Osanga</b>	<i>Pteleopsis hylodendron</i> <i>Pteleopsis myrtifolia</i>	M*	Platelage et decking	



Bois tropicaux sud-américains



Bois tropicaux africains



Bois tropicaux sud-asiatiques

Utilisables pour les ouvrages hydrauliques

Autres essences peu connues				
<b>Araracanga</b>	<i>Aspidosperma album</i> <i>Aspidosperma desmanthum</i> <i>Aspidosperma</i> p.p.	Oui		
<b>Kanda brun</b>	<i>Beilschmiedia congolana</i> <i>Beilschmiedia corbisieri</i> <i>Beilschmiedia letouzeyi</i> <i>Beilschmiedia oblongifolia</i> <i>Beilschmiedia</i> p.p.	-		
<b>Kanda rose</b>	<i>Beilschmiedia gabonensis</i> <i>Beilschmiedia grandifolia</i> <i>Beilschmiedia hutchinsonia</i> <i>Beilschmiedia mannii</i> <i>Beilschmiedia obscura</i> <i>Beilschmiedia</i> p.p.	-		
<b>Landa</b>	<i>Erythroxylum mannii</i>	-		
<b>Monghinza</b>	<i>Manilkara maboqueensis</i> <i>Manilkara obovata</i> <i>Manilkara</i> p.p.	Oui	Très fendif	
<b>Nganga</b>	<i>Cynometra ananta</i> <i>Cynometra hankei</i> <i>Cynometra</i> p.p.	-		
<b>Oguomo</b>	<i>Lecomtedoxa klaineana</i>	-		
<b>Quebracho colorado</b>	<i>Schinopsis balansae</i> <i>Schinopsis lorentzii</i>	-		
<b>Rikio</b>	<i>Uapaca guineensis</i> <i>Uapaca heudelotii</i> <i>Uapaca vanhouttei</i> <i>Uapaca</i> p.p.	-		
<b>Oboto</b>	<i>Mammea africana</i>	-		
<b>Vésambata</b>	<i>Oldfieldia africana</i>	-		
<b>Wamba</b>	<i>Tessmannia africana</i> <i>Tessmannia anomala</i> <i>Tessmannia lescrauwaetii</i>	-		

\* Essence considérée moyennement durable aux térébrants marins (M) selon la norme NF EN 350 : 2016

Bois tropicaux sud-américains
  Bois tropicaux africains
  Bois tropicaux sud-asiatiques

**Utilisables pour les ouvrages hydrauliques**



Pieux appointés en Niové pour aménagements hydrauliques aux Pays-Bas  
Compagnie des Bois du Gabon - Port-Gentil, Gabon (© Emmanuel Groutel, WALE)



Cheminement de quai en Azobé et Basralocus (Angélique)



Duc d'Albe en Azobé (Société Wijma – Kampen – Pays-Bas)



Proue en Bangkirai d'un «perahu pinisi» (Goélette / Schooner) en construction (navire traditionnel de transport domestique de marchandises) - Chantier naval traditionnel Bugis - Bira, Bulukumba, Célèbes du Sud, Indonésie (© Benoît Gomet, France Timber)



**Cale en Ulin (= Billian) d'un «perahu pinisi» (Goélette / Schooner) en construction  
(navire traditionnel de transport domestique de marchandises) - Chantier naval traditionnel Bugis  
Bira, Bulukumba, Célèbes du Sud, Indonésie (© Benoît Gommet, France Timber)**

Document réalisé par la Commission Matériau-Bois-Normalisation de l'ATIBT  
par MM. Jean Gérard / CIRAD (Secrétaire) et Emmanuel Groutel / WALE (Président).



Fair&Precious recommande  
l'achat de bois tropical certifié  
FSC® et PEFC-PAFC.

## DURABILITÉ NATURELLE

Sauf mention particulière relative à l'aubier, les caractéristiques de durabilité concernent le duramen des bois arrivés à maturité. L'aubier doit toujours être considéré comme non durable vis-à-vis des agents de dégradation biologique du bois. Un bois dont l'humidité en service est inférieure à environ 20 % présente peu de risques d'être attaqué par les cham-

pignons. Des températures inférieures à 5 °C environ empêchent tout développement des champignons. De même, des bois immergés ou portés à des températures élevées (de l'ordre de 60 °C) ne sont jamais attaqués par les champignons quelle que soit leur durabilité naturelle.

### Résistance aux champignons

La résistance des bois aux champignons est déterminée sur des échantillons de dimensions normalisées mis en présence de souches de champignons dans des conditions ambiantes contrôlées. Ces essais durent plusieurs mois.

La norme NF EN 350, en cours de révision au moment de l'édition de cet ouvrage, définit des classes de durabilité naturelle du bois contre des champignons lignivores :

- bois très durables : classe DC1 (*durability class 1*), nommée « classe 1 » ;
- bois durables : classe DC2, nommée « classe 2 » ;
- bois moyennement durables : classe DC3, nommée « classe 3 » ;
- bois faiblement durables : classe DC4, nommée « classe 4 » ;
- bois non durables : classe DC5, nommée « classe 5 ».

### Résistance aux insectes des bois secs (lyctus, bostryches, vrillettes)

La grande majorité des bois tropicaux commercialisés n'est pas attaquée par les insectes de bois sec, à condition que ces bois soient mis en œuvre sans aubier. Lorsque l'aubier est peu distinct, il est préférable de traiter les bois contre les insectes de bois sec. Certaines essences tropicales sont attaquées dans la totalité du bois et demandent des précautions particulières à l'état sec. Les bois sciés ou les produits finis ne sont attaqués que s'ils

contiennent encore de l'aubier et une teneur en amidon suffisante.

Selon la norme NF EN 350, une essence est classée sensible (classe DC S, nommée « classe S ») si elle est attaquée pendant l'essai mené en laboratoire. Dans le cas contraire, elle est considérée comme durable (classe DC D, nommée « classe D »).

### Résistance aux termites

Les conditions de détermination de la résistance des bois aux termites sont analogues à celles de la résistance aux champignons. Des échantillons de dimension normalisée sont mis en présence de termites. L'intensité de l'attaque des termites et, par conséquent, la résistance naturelle des bois sont quantifiées en mesurant la profondeur de pénétration des termites dans l'échantillon. La norme NF EN 350 définit trois classes de durabilité naturelle vis-à-vis des termites :

- bois durables : classe DC D (*durability class D*), nommée « classe D » ;
- bois moyennement durables : classe DC M, nommée « classe M » ;
- bois sensibles : classe DC S, nommée « classe S ».

## CLASSE D'EMPLOI

La classe d'emploi correspond à un degré d'exposition aux différents agents de dégradation biologique découlant d'une situation en service d'un élément ou d'un ouvrage en bois. Elle peut changer après modification de la conception ou de la situation de l'ouvrage. Elle ne définit pas systématiquement une durée de service, mais seulement les conditions d'une attaque biologique potentielle. Dans une classe d'emploi, les spécifications de traitement et le choix de l'essence ont une incidence directe sur la durée de service.

La durée de service doit donc être interprétée en fonction des essences et de la sévérité des expositions. Elle dépend de la durabilité naturelle du bois, mais aussi d'autres facteurs tels que les détails de la conception d'un ouvrage (risques de pièges à eau, ventilation du bois...), la nature des entretiens prévus et les conditions climatiques locales.

L'utilisation d'un bois, dont la durabilité naturelle est supérieure à celle qui est préconisée par la norme NF EN 460 (juillet 1994) pour un emploi donné, permet d'allonger la durée de service de l'ouvrage. Réciproquement, pour des éléments d'ouvrage à durée de vie très courte (construction provisoire), des essences de durabilité naturelle inférieure à celle mentionnée dans la norme EN 460 peuvent être préconisées.

**Note. Ne pas confondre les notions de « classe de résistance aux champignons » et de « classe d'emploi » dont les barèmes de qualification sont différents.**

Les situations en service ont été regroupées en classes d'emplois (norme NF EN 335, mai 2013). Chaque classe correspond à une catégorie d'utilisations associée à des risques de dégradation biologique de même niveau.

### Catégories regroupant les classes selon les conditions d'emploi

Classe d'emploi	Usage général
1	À l'intérieur, au sec
2	À l'intérieur ou sous abri, pas d'exposition aux intempéries. Possibilité de condensation d'eau
3	À l'extérieur, au-dessus du sol, exposé aux intempéries. La classe 3 peut être subdivisée en 2 sous-classes : 3.1 Conditions d'humidification courtes 3.2 Conditions d'humidification prolongées
4	À l'extérieur en contact avec le sol ou l'eau douce
5	Immergé dans l'eau salée de manière régulière ou permanente

#### Spécificités de la classe 5.

L'appartenance d'une essence à la classe 5 est mentionnée séparément. Une essence qui couvre la classe 5 couvre généralement la classe 4, excepté quelques rares essences ne couvrant que la classe 3 ou la classe 2 (Bassaloc, Garapa, Iroko, Louro vermelho, Sougué).

La norme européenne NF EN 460 (juillet 1994) propose un tableau de correspondance entre le niveau de durabilité naturelle des bois massifs et leurs possibilités d'emploi dans une classe de risque donnée (tableau ci-dessous). Cette norme est antérieure au remplacement de la notion de « classe de risque » par celle de « classe d'emploi » (NF EN 335, mai 2013), ces deux notions étant quasiment équivalentes.



# EVOLUTION DE LA CLASSIFICATION DES ESPÈCES AFRICAINES COMMERCIALES DU GENRE *AFZELIA* (DOUSSIÉ) ET DU GENRE *PTEROCARPUS* (PADOUK) DANS LA NOMENCLATURE GÉNÉRALE DES BOIS TROPICAUX

## LES ESPÈCES AFRICAINES DU GENRE *AFZELIA*

### Préambule - situation du genre *Afzelia* en Afrique

Les informations et données ci-dessous proviennent de la synthèse bibliographique réalisée sur le sujet par Donkpegan *et al.* (2014)<sup>1</sup> qui mentionnent :

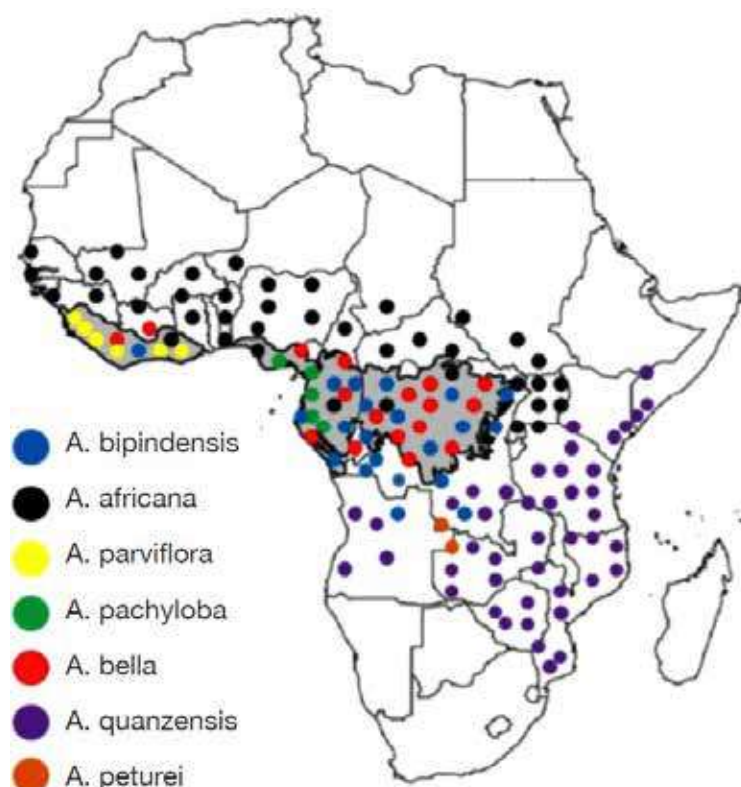
\* Le genre *Afzelia* Smith (Fabaceae, Caesalpinioideae) ... comporte sept espèces en Afrique dont deux se retrouvent dans les forêts claires de la région zambézienne (*A. quanzensis* Welw. et *A. peturei* De Wild.) ; quatre autres sont endémiques des forêts denses humides de la région guinéo-congolaise (*A. bella* Harms, *A. bipindensis* Harms, *A. pachyloba* Harms et *A. parviflora* [Vahl] Hepper) et la dernière se retrouve essentiellement dans les savanes soudaniennes (*A. africana* Sm. ex Pers.)

\* Quatre de ces espèces (*A. africana*, *A. bella*, *A. bipindensis* et *A. pachyloba*) sont

très proches du point de vue morphologique et généralement commercialisées sous l'appellation « doussié », lequel est un bois d'œuvre très recherché par l'industrie forestière ... La distinction morphologique de ces espèces est difficile sur le terrain, créant des confusions lors des inventaires forestiers. Cette situation semble tacitement tolérée dans le commerce international des bois tropicaux ... bien que des propriétés technologiques différentes soient régulièrement reportées par les professionnels (CTFT 1980<sup>2</sup>), notamment en termes de retrait du bois.

1. Donkpegan A.S.L., Hardy O., Lejeune P., Oumorou M., Daïnou K., Doucet J-L., 2014. **Un complexe d'espèces d'*Afzelia* des forêts africaines d'intérêt économique et écologique (synthèse bibliographique)**. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 2014 18(2). <https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/168874/1/Donkpegan%20et%20al%202014.pdf>

2. Centre Technique Forestier Tropical, 1980. **Doussié**. Bois et Forêts des Tropiques, 189 : 37-54.



D'après Donkpegan *et al.* (2014). Répartition géographique sur le continent africain des sept espèces africaines du genre *Afzelia* (carte adaptée d'après la base de données du Conservatoire des Jardins Botaniques de Genève [CJBG], consultée le 06/11/2012, et la carte de White, 1986)

## CLASSIFICATION ET DÉNOMINATIONS ACTUELLES DES *AFZELIA* COMMERCIAUX

Quatre espèces africaines<sup>3</sup> d'*Afzelia* sont (plus ou moins) couramment commercialisées et exportées pour leur bois d'œuvre : *A. africana*, *A. bella*, *A. bipindensis* et *A. pachyloba*.

Ces quatre espèces sont commercialisées sous différentes appellations : Doussié, *Afzelia* (appellation pilote anglo-saxonne), mais aussi Lingué, Apa, *Pachyloba*...

L'espèce *A. quanzensis* localisée majoritairement en Afrique de l'est et appelée Chanfuta au Mozambique, est parfois disponible sur le marché international.

Dans la Nomenclature générale des bois tropicaux<sup>4</sup>, les cinq espèces commerciales du genre *Afzelia* sont toutes regroupées sous l'appellation Doussié, comme dans de nombreux autres documents de synthèse de référence, récents ou plus anciens (Atlas des bois tropicaux<sup>5</sup>, Atlas des bois tropicaux – tome I - Afrique<sup>6</sup>, Handbook of Hardwood<sup>7</sup>, Tropical Timbers of the World<sup>8</sup>...). Les correspondances entre le nom pilote, les noms botaniques et les noms vernaculaires sont présentées de la façon suivante dans la Nomenclature :

3. Deux espèces du genre *Afzelia* d'Asie du sud-est font l'objet d'échanges commerciaux : *A. rhomboidea* S. Vidal (nom pilote : Tindalo) et *A. xylocarpa* Craib (nom pilote : Makamong). De plus, *Afzelia bijuga* est une appellation synonyme de *Intsia bijuga* (nom pilote : Merbau).

4. Association Technique internationale des Bois Tropicaux, 2016. **Nomenclature Générale des Bois tropicaux** – 7<sup>ème</sup> édition français - anglais. ATIBT, 152 p.

5. Gérard J. et al., 2016. **Atlas des bois tropicaux**. Collection Guide Pratique, Editions QUAE, version française (format papier, pdf, epub) et anglaise (format pdf et epub), 999 p.

6. Association Technique internationale des Bois Tropicaux, 1986. **Atlas des bois tropicaux Tome I – Afrique**. ATIBT, 208 p.

7. Farmer R.H., (ed.), 1972. **Handbook of Hardwoods**. 2<sup>nd</sup> Edition. London: Her Majesty's Stationery Office, 243 p.

8. Chudnoff M., 1984. **Tropical Timbers of the World**. USDA, Forest Service, 464 p.

Nom pilote	Noms botaniques	Appellations vernaculaires
Doussié	Afzelia africana Sm. Afzelia bella Harms Afzelia bipindensis Harms Afzelia pachyloba Harms Afzelia quanzensis Welw. (Syn. <i>Afzelia cuanzensis</i> ) (Syn. <i>Intsia cuanzensis</i> )	Aligna (NG) ; Apa (NG) ; Azodau (CI) ; Bolengu (CD) ; Chanfuta (MZ) ; Doussié (CM) ; Edoumeuleu (GA) ; Kpakpatin (BJ) ; Kpendei (SL) ; Lingué (CI, SN) ; M'Banga (CM) ; Mbembakofi (TZ) ; Mkora (TZ) ; Mussacossa (MZ) ; N'Kokongo (AO, CG) ; Pakpajide (BJ) ; Papao (GH) ; Pau Conta (GW) ; Uvala (AO) <sup>9</sup>

Les appellations vernaculaires et les pays où elles sont usitées ne sont pas spécifiquement associés à une ou plusieurs des cinq espèces, excepté l'appellation Chanfuta au Mozambique pour *A. quanzensis*.

## DIFFÉRENCES DE QUALITÉ ENTRE LES ESPÈCES COMMERCIALES D'AFZELIA

Le besoin de différencier commercialement les espèces d'*Afzelia* et de ne plus les regrouper sous une appellation unique « Doussié » est lié aux différences de qualité de grumes et de qualité intrinsèque des bois observées entre les espèces.

Les opérateurs de la filière bois hiérarchisent les principales espèces d'*Afzelia*, depuis *Afzelia bipindensis*, le « vrai » Doussié, aussi appelé *poudre jaune*, le plus stable, jusqu'au Lingué (*Afzelia africana*), le plus typiquement ivoirien, en passant par le *Pachyloba* de qualité intermédiaire.

Actuellement, le *Pachyloba* fait l'objet de nombreux trafics, notamment au Cameroun, à destination des marchés asiatiques pour la fabrication de parquet.

*Afzelia bipindensis* est donc considérée comme l'espèce du genre dont le bois est de meilleure qualité (bois considéré comme le plus stable) suivie par *Afzelia pachyloba* puis *Afzelia africana*.

Il est apparu nécessaire de vérifier ces différences de stabilité du bois.

**Le tableau ci-après présente pour ces trois espèces :**

- deux indicateurs physiques de la stabilité du bois, le point de saturation des fibres et le retrait volumique total de séchage (valeurs moyennes extraites de la base de données Bois du Cirad<sup>10</sup>) ; **ces deux caractéristiques sont d'autant plus basses que le bois est stable.**
- deux caractéristiques chimiques (Gérard *et al.* 2019<sup>11</sup>), la teneur moyenne en extraits à l'alcool-benzène et la teneur en extraits à l'eau (+ la somme des deux), caractéristiques dont plusieurs travaux ont montré qu'elles sont aussi indicatrices de la stabilité d'un bois ; Kokutse *et al.* (2010)<sup>12</sup>, Bossu *et al.* (2016)<sup>13</sup>, et Hernandez et Almeida (2006)<sup>14</sup> ont en effet montré qu'**un bois est d'autant plus stable que sa teneur en extraits est élevée.**

9. NG : Nigéria ; CI : Côte d'Ivoire ; CD : République Démocratique du Congo ; MZ : Mozambique ; GA : Gabon ; BJ : Bénin ; SL : Sierra Leone ; SN : Sénégal ; CM : Cameroun ; TZ : Tanzanie ; AO : Angola ; CG : Congo ; GH : Ghana ; GW : Guinée Bissau

10. Pour *A. bella*, les résultats d'essais ne sont disponibles que sur un seul arbre ce qui est insuffisant pour le comparer aux trois autres espèces.

11. Gérard J., Paradis S., Thibaut B., 2019. **CIRAD wood chemical composition database**, <https://doi.org/10.18167/DVN1/U1FTIU>, CIRAD Dataverse, V2.

12. Kokutse A. D., Brancheriau L., Chaix G., 2010. **Rapid prediction of shrinkage and fibre saturation point on teak (*Tectona grandis*) wood based on near-infrared spectroscopy**. Annals of Forest Science, 67 (4): 403. <https://www.afs-journal.org/articles/forest/abs/2010/04/f09144/f09144.html?mb=1>

13. Bossu J., Beauchêne J., Estevez Y., Duplais C., Clair B., 2016. **New Insights on Wood Dimensional Stability Influenced by Secondary Metabolites: The Case of a Fast-Growing Tropical Species *Bagassa guianensis* Aubl.**. PLoS ONE, Public Library of Science, 2016, 11. <https://hal.inrae.fr/hal-02636844>

14. Hernández R.E., Almeida G., 2007. **Effects of extraneous substances, wood density and interlocked grain on fiber saturation point of hardwoods**. Wood Material Science & Engineering 2: 45-53. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17480270701538425>

Espèce	Nombre d'arbres testés*	Densité	Point de saturation des fibres (%)	Retrait volumique total (%)	Extraits alcool-benzène (%)	Extraits à l'eau (%)	Extraits totaux (%)
<i>Afzelia bipindensis</i>	8/5	0,83	19	7,1	20,1	2,4	11,2
<i>Afzelia pachyloba</i>	3/4	0,75	21	8,4	9	3,6	6,3
<i>Afzelia africana</i>	6/3	0,79	21	7,5	10,4	5,5	7,9

\* : respectivement pour les 3 caractéristiques physiques / pour les 3 caractéristiques chimiques

Ces résultats mettent en évidence le meilleur positionnement d'*A. bipindensis* par rapport aux deux autres espèces : son point de saturation des fibres et son retrait volumique sont les plus bas, ses teneurs en extraits sont les plus élevées (la teneur en extraits est la caractéristique la plus discriminante pour cette espèce). Pour les deux autres espèces, la simple prise

en compte de ces indicateurs ne permet pas d'expliquer clairement des différences de comportement.

Il faut rappeler que la stabilité d'un bois est aussi liée à d'autres paramètres tels que les variations d'orientation du fil (contrefil, fil tors, fil oblique) et la sensibilité aux variations d'humidité.

## DISTINCTION ENTRE LES ESPÈCES D'AFZELIA ET NOUVELLES APPELLATIONS PILOTES

Ne plus regrouper les espèces d'*Afzelia* sous un même nom pilote « Doussié » et leur affecter une nom pilote spécifique est donc apparu nécessaire du fait des différences de répartition géographique, de qualité des grumes,

de caractéristiques technologiques, et de pratiques commerciales entre ces espèces. En conséquence, la Commission *Matériaux et Normalisation* de l'ATIBT a validé les appellations suivantes :

*Afzelia bipindensis* Harms : **Doussié**  
*Afzelia pachyloba* Harms : **Pachyloba**

*Afzelia africana* Sm. : **Lingué**  
*Afzelia quanzensis* Welw. : **Chanfuta**

L'espèce *Afzelia bella* Harms n'a pas été prise en considération compte tenu du caractère très confidentiel de ses échanges commerciaux.

**Ces nouvelles correspondances Noms botaniques - Noms pilotes seront reprises dans la prochaine édition de la *Nomenclature générale des bois tropicaux*, elles en constituent pour le moment un addendum.**

# LES ESPÈCES AFRICAINES DU GENRE *PTEROCARPUS*

## Préambule – classification et dénominations actuelles des *Pterocarpus* de type Padouk

Une vingtaine d'espèces de *Pterocarpus* est présente dans les forêts tropicales africaines<sup>15</sup>.

La réflexion engagée sur l'évolution de la dénomination d'espèces de *Pterocarpus* dont le bois est commercialisé concerne les trois espèces *Pterocarpus osun*, *P. soyauxii*, et *P. tinctorius*, regroupées sous le nom pilote **Padouk d'Afrique** dans la Nomenclature générale des bois tropicaux.

Comme pour le Doussié, ce regroupement se retrouve dans les ouvrages de synthèse de référence précédemment cités

Deux espèces africaines qui font l'objet d'échanges commerciaux ne sont pas concernées : *Pterocarpus angolensis* (nom pilote : Muninga) et *Pterocarpus erinaceus*<sup>16</sup> (nom pilote : Vène)<sup>17</sup>.

Dans la Nomenclature, les appellations vernaculaires du Padouk d'Afrique et les pays où ces appellations sont usitées ne sont pas spécifiquement associés à chacune des trois espèces, à l'exception de l'appellation Osun au Nigéria pour *P. osun* :

Nom pilote	Noms botaniques	Appellations vernaculaires
Padouk d'Afrique	<i>Pterocarpus osun</i> Craib <i>Pterocarpus soyauxii</i> Taub. <i>Pterocarpus tinctorius</i> Welw.	Kisésé (CG) ; M'Bèl (CM, GA) ; Mongola (CD) ; Mukula (CD) ; N'Gula (CD) ; Osun (NG) ; Padouk (CF) ; Palo rojo (GQ) ; Tacula (AO) <sup>18</sup>

## DISTRIBUTION ET CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DE *PTEROCARPUS SOYAUXII*, *PTEROCARPUS OSUN*, ET *PTEROCARPUS TINCTORIUS*

La distribution et les caractéristiques générales des trois espèces de Padouk sont reprises de l'ouvrage Prota - Bois d'œuvre 1<sup>19</sup> :

15. Cinq espèces du genre *Pterocarpus* d'Asie du sud-est font l'objet d'échanges commerciaux : *Pterocarpus macrocarpus* et *Pterocarpus marsupium* (nom pilote : Padauk Burma) ; *Pterocarpus dalbergioides* et *Pterocarpus indicus* (nom pilote : Padauk Amboina) ; *Pterocarpus santalinus* (nom commercial : faux-santal rouge), espèce inscrite en annexe II de la CITES (14 février 2021). L'espèce *Pterocarpus officinalis* (nom pilote : Drago) est exploitée en Amérique du sud.

16. Inscrit en annexe II de la CITES (version 14 février 2021).

17. Deux espèces africaines de *Pterocarpus* qui ne font pas l'objet d'échanges commerciaux sont citées dans la littérature de référence\* :

*Pterocarpus tessmannii* (Guinée équatoriale, Gabon, RDC) dont le bois rouge pourrait se retrouver dans des lots commerciaux de Padouk d'Afrique.

*Pterocarpus mildbraedii* (Liberia, Cameroun, Guinée équatoriale, Gabon) dont le duramen est blanc d'où l'appellation « Padouk blanc » parfois mentionnée dans la littérature ; cette appellation n'est pas utilisée par les opérateurs de la filière.

\* Sources : Flore du Gabon, Leguminosae - Papilionoideae (van der Maesen L., Sosef M., 2016) ; Les arbres utiles du Gabon (Meunier Q., Moumbogou C., Doucet J.L., 2015) ; Arbres des forêts denses d'Afrique centrale (Vivien J., Faure J.J., 2011) ; PROTA Bois d'œuvre 1 (Louppe D. (ed.), Oteng-Amoako A.A. (ed.), Brink M. (ed.), 2008).

18. CG : Congo ; CM : Cameroun ; GA : Gabon ; CD : République Démocratique du Congo ; NG : Nigéria ; CF : République centrafricaine ; GQ : Guinée équatoriale ; AO : Angola

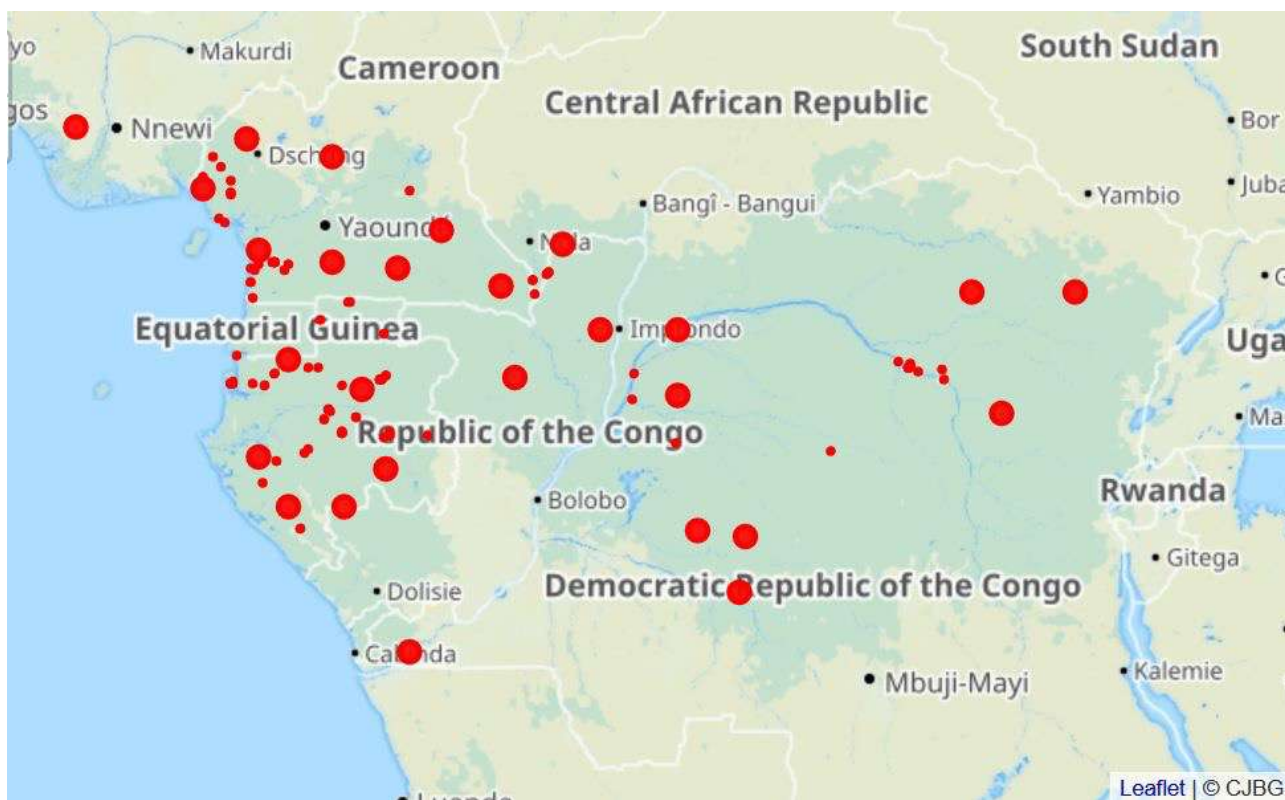
19. Louppe D., Oteng-Amoako A.A., Brink M. (Editeurs), 2008. **Ressources végétales de l'Afrique tropicale 7(1). Bois d'œuvre 1.** [Traduction de : Plant Resources of Tropical Africa 7(1). Timbers 1. 2008]. Fondation PROTA, Wageningen, Pays-Bas/Backhuys Publishers, Leiden, Pays-Bas/ CTA, Wageningen, Pays-Bas. 785 pp.

\* *Pterocarpus soyauxii* est localisé depuis le sud-est du Nigeria jusqu'à l'est de la République Démocratique du Congo, et vers le sud jusqu'au nord de l'Angola. L'arbre peut atteindre 55 m de hauteur ; son fût est droit et cylindrique, dépourvu de branches jusqu'à 20 m, et atteint 1,4 m de diamètre. Cette espèce est la plus commune des trois espèces de Padouk et constitue l'essentiel des volumes commercialisés.

\* *Pterocarpus osun* est endémique du sud du Nigeria, du Cameroun et de la Guinée équatoriale. L'arbre est de petite à moyenne taille, pouvant parfois atteindre 30 m de haut mais le plus souvent de stature bien inférieure ; son fût est souvent court et tortueux. Les bois des plus beaux fûts sont commercialisés en petites quantités, souvent en mélange avec *Pterocarpus soyauxii*.

\* *Pterocarpus tinctorius* est présent en Afrique centrale, orientale et australe, depuis le Congo et la République Démocratique du Congo jusqu'en Tanzanie, et vers le sud jusqu'en Angola, en Zambie, au Malawi et au Mozambique. Cette espèce est la plus orientale des trois espèces de Padouk. L'arbre est de petite à moyenne taille, pouvant atteindre 25 m de haut ; son fût, net de branches parfois jusqu'à 15 m, est souvent droit et cylindrique, atteignant 0,75 m de diamètre. Le bois est commercialisé sur le marché international en petites quantités.

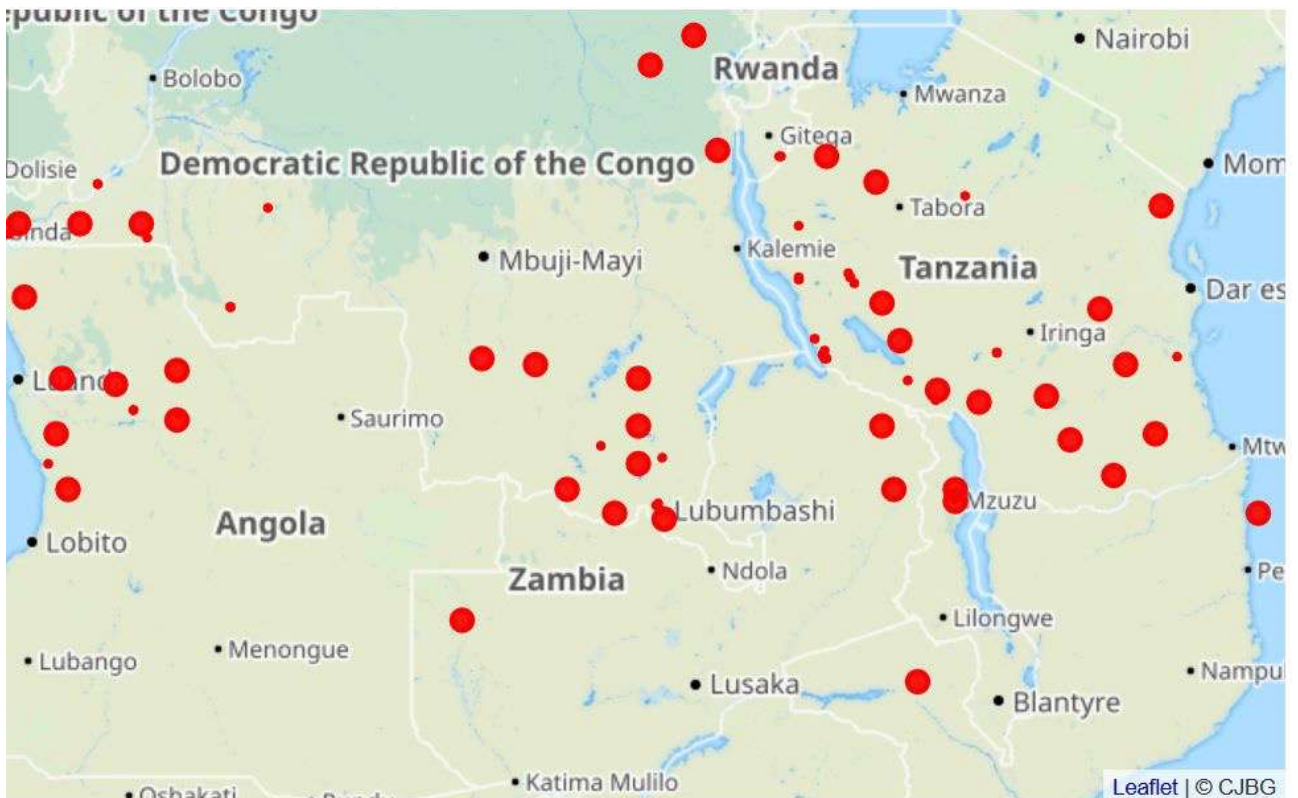
Les trois cartes suivantes présentent la répartition géographique des trois espèces en Afrique (relevés d'observations réalisés dans le cadre du projet **African Plant Database** <https://africanplantdatabase.ch/>)



Répartition géographique de *Pterocarpus soyauxii*



*Répartition géographique de Pterocarpus osun*



*Répartition géographique de Pterocarpus tinctorius*

## DISTINCTION ENTRE LES ESPÈCES DE *PTEROCARPUS* ET NOUVELLES APPELLATIONS PILOTES

Les différences de répartition géographique, de qualité des grumes, et de disponibilité entre les trois espèces de *Pterocarpus* conduisent à s'interroger sur la cohérence de leur regroupement sous un même nom pilote.

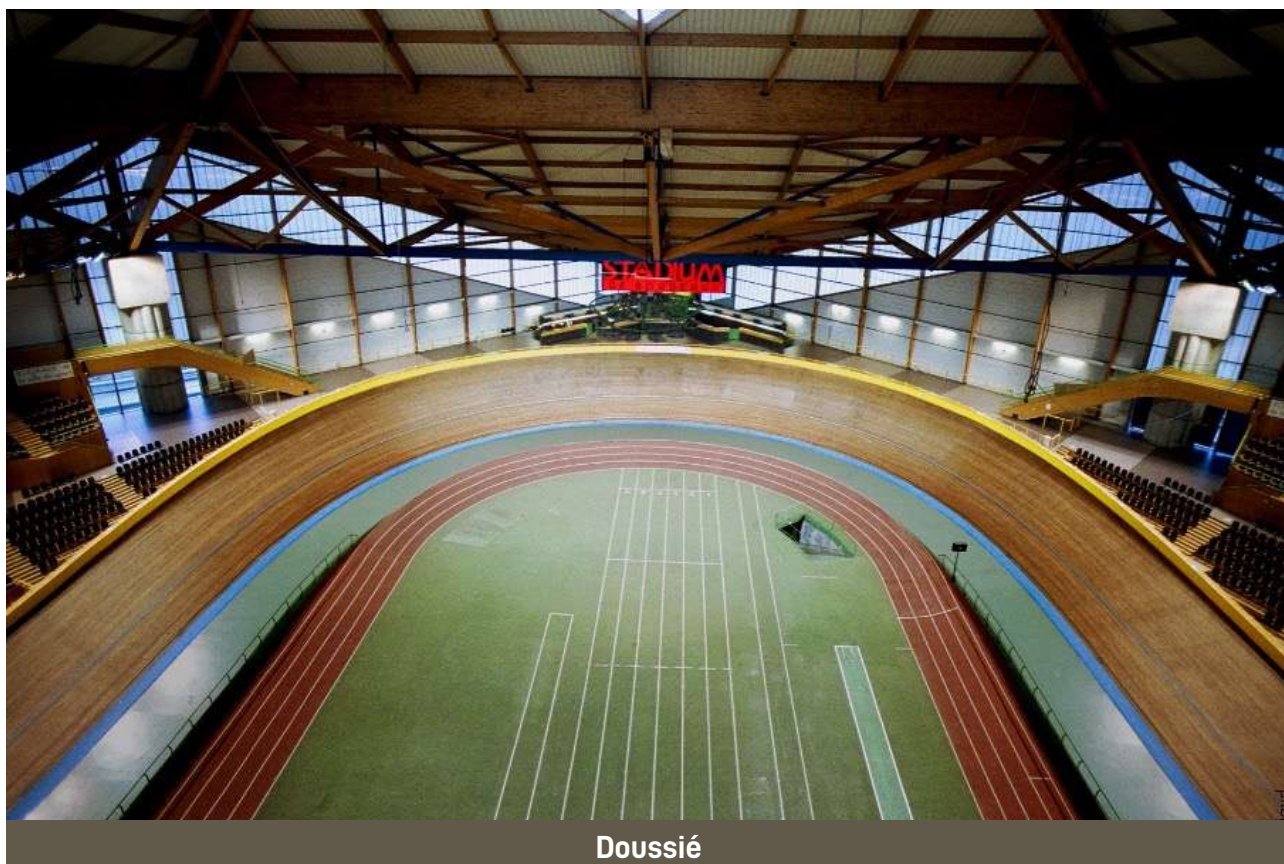
L'inscription de l'espèce *Pterocarpus tinctorius* en annexe II de la CITES (14 février 2021) a

constitué un facteur déclenchant et a rendu nécessaire de la distinguer des deux autres espèces du genre.

En conséquence, la *Commission Matériaux et Normalisation* de l'ATIBT a validé les appellations suivantes :

*Pterocarpus soyauxii* Taub. et *Pterocarpus osun* Craib : **Padouk d'Afrique**  
*Pterocarpus tinctorius* Welw. : **Tinctorius**<sup>20</sup>

Ces nouvelles correspondances Noms botaniques - Noms pilotes seront reprises dans la prochaine édition de la *Nomenclature générale des bois tropicaux*, elles en constituent pour le moment un addendum.



Piste du Stadium Vélodrome de Bordeaux – France (© APC Viaud - AXEL VEGA)

20. = tinctorial en français





Doussié

Habillage de façade d'un magasin - Andorre  
 (© Michel Vernay, CIRAD)  
 Extrait de Tropix V7



Pachyloba

Moulin à poivre en Pachyloba -  
 Brûlerie Moderne, Douala, Cameroun  
 (© Emmanuel Groutel, WALE)



Padouk

Façade du Ministère des Eaux et Forêts, Libreville – Gabon  
 (© Jean Gérard, CIRAD) Extrait de l'Atlas des bois tropicaux



Padouk

Tour pédagogique de l'Arboretum Raponda Walker, Cap Estérias – Gabon. Fabrication Ecowood  
(© Emmanuel Groutel, WALE)

<https://www.gabonreview.com/arc-demeraude-une-salle-de-classe-perchee-dans-les-arbres-a-larboretum-raponda-walker/>



Padouk

Détails de poteau, rambarde, arbalétrier et connecteurs de la tour pédagogique de l'Arboretum Raponda Walker, Cap Estérias – Gabon  
Fabrication Ecowood (© Emmanuel Groutel, WALE)



Padouk

Moyeu portant des rayons en Ipê sur une roue à aubes (ou meuse) alimentant le réseau hydraulique d'irrigation des cultures maraîchères de Cazilhac, Hérault – France (© Michel Vernay, CIRAD)

Extrait de Bois et Forêts des Tropiques n°269 (3), 102-104

# LES BOIS SOUS RAILS ET USAGES APPARENTÉS

## SOMMAIRE

Préambule

### 1. Typologie des bois sous rails

#### 2. Format et dimensions

##### 2.1. En France (SNCF)

2.1.1. Définition de la surface d'appui

2.1.2. Section des traverses

2.1.3. Section des supports d'appareils de voie

2.1.4. Dénominations et dimensions des bois pour traverses de voie normale (types G)

2.1.5. Dénominations et dimensions des bois pour supports d'appareils de voie

2.1.6. Tolérances dimensionnelles

##### 2.2. Spécifications de la norme européenne EN 13145+A1

2.2.1. Sections des traverses et des supports d'appareils de voie

2.2.2. Dénominations et dimensions les plus communément utilisées pour les traverses

2.2.3. Dénominations et dimensions les plus communément utilisées pour les supports d'appareils de voie

2.2.4. Tolérances dimensionnelles

### 3. Principales exigences de qualité, tolérances de défauts

### 4. Avantages comparatifs du bois par rapport à ses matériaux concurrents

4.1. Le bois, un éco-matériau capteur de carbone et peu énergivore

4.2. Les avantages techniques du bois pour les traverses et les appareils de voies

4.3. Bois sous rails et écocertification

### 5. Contraintes spécifiques auxquelles sont soumis les bois sous rail

5.1. Caractéristiques mécaniques

5.2. Résistance aux champignons lignivores

### 6. Essences utilisées et utilisables pour les bois sous rails

6.1. Essences nécessitant un traitement de préservation

6.2. Essences ne nécessitant pas de traitement de préservation (bois avivés 4 faces)



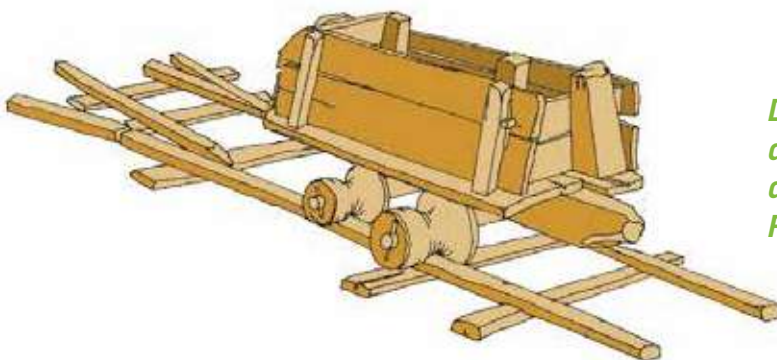
*Traverses en Azobé (Photo Emmanuel Groutel, WALE, Gabon)*

## PRÉAMBULE

Le développement des chemins de fer à partir du 19<sup>ème</sup> siècle est directement lié à celui de l'utilisation du bois et à l'amélioration de ses techniques de mise en œuvre.

Cependant, dès le 15<sup>ème</sup> siècle, le bois était déjà utilisé pour fabriquer les rails des premiers

chemins de « fer » miniers d'Europe centrale . A ses débuts, le chemin de « fer » aurait pu ainsi être appelé « chemin de bois » ; au 19<sup>ème</sup> siècle, alors que le rail en fer se généralise, le rail en bois conserve encore ses partisans.



*Dessin (anonyme)  
d'un wagon minier  
de l'époque de la  
Renaissance<sup>1</sup>*

1. La plus ancienne mention historique d'un système de transport par guidage utilisant des rails est celle de Sébastien Münster dans son ouvrage « *Cosmographie Universelle* » paru à Bâle en 1550. Cet auteur décrit le système de chariots sur rails circulant dans les mines de Leberthal, en Alsace, poussés par des mineurs dans les galeries. Le chariot est en bois, ses roues sont en bois, les deux éléments tendant à se garnir de surfaces de roulement en fer pour pallier l'usure qui ne manque pas de creuser les tables de roulement des roues ou de réduire la hauteur des rails. (**Le bois dont on fait les chemins de fer**, Clive Lamming).

<https://trainconsultant.com/2021/07/14/le-bois-dont-on-fait-les-chemins-de-fer/>

Le bois est aujourd'hui le matériau le plus largement utilisé dans le monde pour la fabrication des traverses de voie de chemin de fer et des appareils de voie en général.

**En Europe, quatre essences sont principalement utilisées :**

- Le Chêne (pédonculé et rouvre), essence majoritairement employée en France, tant en traverses qu'en supports pour appareils de voie.
- Le Hêtre, essentiellement utilisé en traverses, dans les pays germanophones ainsi qu'en Europe centrale et en Europe de l'Est.
- Les Pins, utilisés en quasi-totalité en Scandinavie et en Pologne, ainsi qu'au Royaume-Uni.
- L'Azobé, utilisé en Europe de l'Ouest pour les appareils de voie.

Durant ces dernières années en France, l'Okan est devenue la première essence utilisée pour les traverses.

La part de bois sur le réseau a fortement régressé au cours des dernières décennies, au profit du béton.

La quasi-totalité des traverses posées en voie principale sont en béton.

Cependant, le bois conserve une part de marché conséquente pour des applications spécifiques :

- appareils de voie et nœuds ferroviaires,
- ouvrages d'art,
- remplacement ponctuel de traverses sur les voies comportant déjà des traverses en bois (pas de mixité bois et béton sur une même voie),
- voies de services (accès aux ateliers et dépôts) présentant des risques de déraillement.



*Traverses en Angelim (photo Stéphane Glannaz, Mil Madeiras Preciosas Ltd - Precious Woods Amazonas, Itacuatara, Etat de Amazonas, Brésil)*

# 1. TYPOLOGIE DES BOIS SOUS RAILS

L'appellation *bois sous rails* regroupe différents types de produits, principalement les traverses, mais aussi des composants techniques à usages très spécifiques pour les différents appareils de voie et dont il est nécessaire de donner une définition précise.

- **Traverse de voie normale [*sleeper<sup>2</sup> for plain line*]** : poutre de bois qui supporte les rails de roulement, les contre-rails et les rails conducteurs, perpendiculairement à son axe ; généralement, la poutre supporte deux rails de roulement pour former une voie.
- **Support d'appareils de voie [*bearers in switch and crossing layouts*]** : poutre de bois semblable à une traverse mais généralement plus longue, qui supporte les rails de roulement, les contre-rails, les rails conducteurs, les croisements et les systèmes de manœuvre des appareils de voie.

- **Bois d'ouvrage d'art (traverses ou longrines) [*longitudinal timber for bridges and pit roads*]** : poutrelle placée sous les rails de chemin de fer et à l'aplomb de ceux-ci, pour les supporter et transmettre les charges à l'infrastructure dans l'axe de la voie.
- **Débit sur liste propre à des ouvrages spécifiques.**

Les spécifications qui suivent reprennent en grande partie les éléments des deux documents cités en référence, [AFNOR 2011] (norme européenne) et [SNCF 2018] (spécifications SNCF IG4019 et IG4020). Elles concernent les ébauches de bois « bruts » (n'ayant fait l'objet d'aucun usinage) destinées à la fabrication des traverses de voies courantes à écartement normal ou étroit et des supports pour appareils de voie à écartement normal.



*Traverses en Kempas (photo Benoît Gomet, France Timber, Nagoya, Japon)*

2. Ou ties (USA)

## 2. FORMAT ET DIMENSIONS

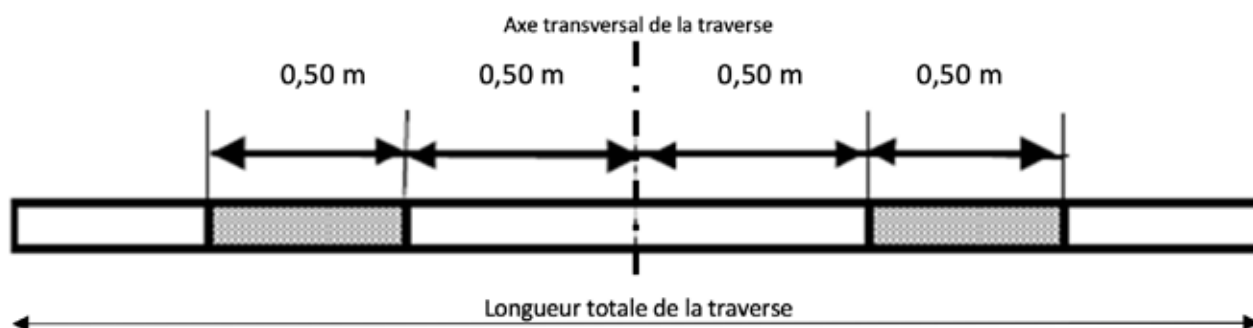
Les descriptifs qui suivent reprennent pour partie ou de façon synthétique ceux du document [SNCF 2018] qui constitue la source-référence.

### 2.1. EN FRANCE (SNCF)

#### 2.1.1. Définition de la surface d'appui

##### \* Surface d'appui des bois pour traverses de voie normale

La surface d'appui des bois pour traverses de voie normale s'étend sur une longueur de 50 cm à partir d'une distance de 50 cm de part et d'autre du milieu de la traverse (schéma ci-dessous).

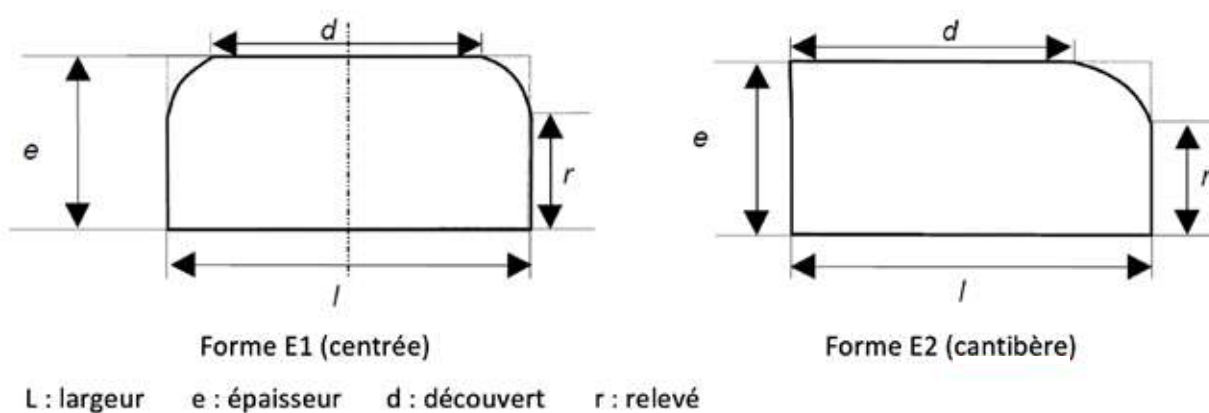


##### \* Surface d'appui des bois pour supports d'appareils de voie

La surface d'appui des bois pour supports d'appareils de voie s'étend sur toute la longueur de la pièce de bois.

#### 2.1.2. Section des traverses

Les traverses doivent avoir une section (coupe transversale) conforme à l'une des deux formes ci-dessous (reprises de la norme NF EN 13145+A1).



*Hors surface d'appui, les formes sans relevé ni découvert sont acceptées avec rien en moins sur la largeur à la base et rien en moins sur l'épaisseur [SNCF 2018].*

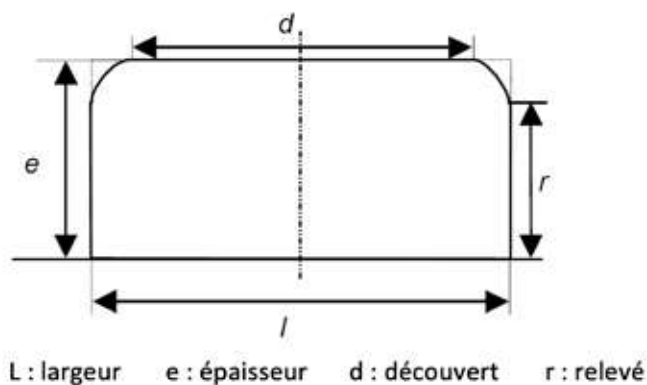
### 2.1.3. Section des supports d'appareils de voie

#### \* Essences tropicales

Les pièces pour supports d'appareils de voie en bois tropical sont avivées 4 faces (section rectangulaire à arêtes vives).

#### \* Essences tempérées

Les supports doivent avoir une section conforme à la forme ci-contre :



### 2.1.4. Dénominations et dimensions des bois pour traverses de voie normale (types G)

Les dénominations et dimensions (en mm) des bois pour traverses de voie normale sont indiquées dans le tableau ci-dessous. Les découverts et les relevés sont mesurés au droit des surfaces d'appui.

Groupe	Largeur (l)	Epaisseur (e)	Longueur (L)	Découvert (d) minimum		Relevé (r) minimum
				Forme E1	Forme E2	Formes E1 et E2
G2	260	150	2600	170	200	80
G6	240	140	2600	160	180	70
G8	220	130	2600	150	160	50



*Détail du montage d'un assemblage avec une pièce en Azobé (rail/pneu) pour la ligne de métro n°6 à Paris (photo Rail Europe)*



## 2.1.5. Dénominations et dimensions des bois pour supports d'appareils de voie

La dénomination d'un support bois pour appareil de voie comporte 2 caractères :

- un chiffre de 1 à 3 désignant les dimensions de sa section,
- une lettre de A à U (excluant les lettres F, I, O, Q, L, T) désignant sa longueur.

Le détail de ces dénominations associées aux dimensions correspondantes est disponible dans le document [SNCF 2018].

Le tableau ci-dessous constitue une synthèse des dimensions (**dimensions des sections en mm, longueurs en m**) des bois pour supports d'appareils de voie. Pour les supports en bois tropical, les pièces sont avivées 4-faces et ne présentent donc ni découvert, ni relevé.

Largeur (l)	Épaisseur (e)	Longueur (L)	Découvert (d) minimum		Relevé (r) minimum
			Forme E1	Forme E2	
260	150	2,60 - 2,80 - 3,00 - 3,20 - 3,40 3,60 - 3,80 - 4,10 - 4,40 - 4,70	210	230	120
300	150	5,00 - 5,35 - 5,70 - 6,00 - 6,80	240	270	120
350	150	2,60 - 3,60 - 4,40 - 4,70 - 5,35	290	310	120

## 2.1.6. Tolérances dimensionnelles

Les tolérances définies par la norme NF EN 13145 sont applicables sauf stipulations contraires indiquées dans le tableau ci-dessous.

Ces tolérances spécifiques s'appliquent aux bois frais de sciage. Une surcote est à prévoir lors du sciage pour tenir compte du retrait dimensionnel pouvant intervenir pendant les périodes de stockage chez le fournisseur et d'expédition. Si le contrôle est réalisé sur des supports en bois tropicaux ressuyés (plus de 2 mois après sciage), les tolérances à appliquer à la courbure verticale et à la courbure horizontale sont celles définies dans la norme NF EN 13145 augmentées de 50% (tolérances moins strictes).

**Toutes les valeurs indiquées sont en mm :**

Types de pièces (dimensions)	Longueur	Largeur et épaisseur	Courbure verticale maximale*	Courbure horizontale maximale**	Longueur fente traversante maximale
G2 (2600 x 260 x 150) G6 (2600 x 240 x 140) G8 (2600 x 220 x 130)	± 30	+15 0	7	50 (tempérés) 6 (tropicaux)	200 (tempérés) 100 (tropicaux)
A8 (2000 x 220 x 130)	± 30		5	40	200
Bois d'appareil A (2,60 m) à C (3 m)			6	30 (tempérés) 6 (tropicaux)	200 (tempérés) 100 (tropicaux)
Bois d'appareil D (3,20 m) à G (3,60 m)			7	35 (tempérés) 7 (tropicaux)	
Bois d'appareil G (3,80 m) à K (4,40 m)			8	40 (tempérés) 9 (tropicaux)	
Bois d'appareil M (4,70 m) à U (6,80 m)			10	50 (tempérés) 11 (tropicaux)	

\* = flèche de face      \*\* = flèche de rive

Les fentes traversantes d'extrémité présentant une ouverture supérieure à 5 mm sont exclues. Toutes les fentes ou amorces de fentes aux extrémités doivent être consolidées au moyen d'esses ou de plaques connecteurs. Pour les extrémités des pièces, un biais maximum de 10 mm est toléré.



*Traverses en Kempas (photo Benoit Gomet, France Timber, Nagoya, Japon)*



*Traverses en Angelim et Angelim vermelho (au 2<sup>nd</sup> plan) (photo Stéphane Glannaz, Mil Madeiras Preciosas Ltd - Precious Woods Amazonas, Itacuatira, Etat de Amazonas, Brésil)*



*Traverses en Okan (photo Frédéric Viroux, Pallisco, Cameroun)*

## 2.2. SPÉCIFICATIONS DE LA NORME EUROPÉENNE EN 13145+A1

Les descriptifs qui suivent reprennent ceux de la **norme NF EN 13145+A1** (décembre 2011) *Applications ferroviaires – Voie – Traverses et supports en bois* qui constitue la source-référence.

### 2.2.1. Sections des traverses et des supports d'appareils de voie

Identiques à celles présentées dans la section 2.1.

### 2.2.2. Dénominations et dimensions les plus communément utilisées pour les traverses

Groupe	l (mm)	e (mm)	d* (mm)		r* (mm)
			Forme E1	Forme E2	Formes E1 et E2
1	260	160	160	200	80
2	260	150	160	200	80
3	260	130	130	170	60
4	240	150	160	180	70
5	240	160	160	180	80
6	240	140	160	180	70
7	240	130	130	170	60
8	220	130	130	160	50
9	250	125	205	230	100
10	305	125	255	280	100
11	305	150	255	280	125
12	250	130	200	225	105
13	300	130	250	275	105
14	200	120	110	140	40

\* : dimensions minimales

### 2.2.3. Dénominations et dimensions (en mm) les plus communément utilisées pour les supports d'appareils de voie

Groupe	l	e	d*	r*
1	300	150	240	120
2	280	140	220	120
3	260	160	200	100
4	260	150	210	120
5	240	150	200	90
6	240	160	160	80
7	240	140	200	80
8	300	130	200	80

\* : dimensions minimales



*Traverses en Azobé du métro du Caire, Egypte (photo Rail Europe)*

### 2.2.4. Tolérances dimensionnelles

Ces tolérances s'appliquent à toutes les traverses et supports prêts à l'emploi et/ou au traitement de préservation :

Longueur :  $\pm 30$  mm

Largeur :  $+ 10$  mm /  $- 3$  mm

Épaisseur :  $+ 10$  mm /  $- 3$  mm

Coupe transversale (90°) : déviation maximale de 3°

Pour que la tolérance de longueur soit admise, il est indispensable que les extrémités de la traverse ou du support soient sciées à angle droit.



*Préparation de traverses en Azobé (photo Emmanuel Groutel, WALE, Gabon)*

### 3. PRINCIPALES EXIGENCES DE QUALITÉ, TOLÉRANCES DE DÉFAUTS

**Pour les bois ne nécessitant pas de traitement de préservation, l'application d'un produit dit « anti-fentes » sur les sections transversales des pièces est recommandée.**

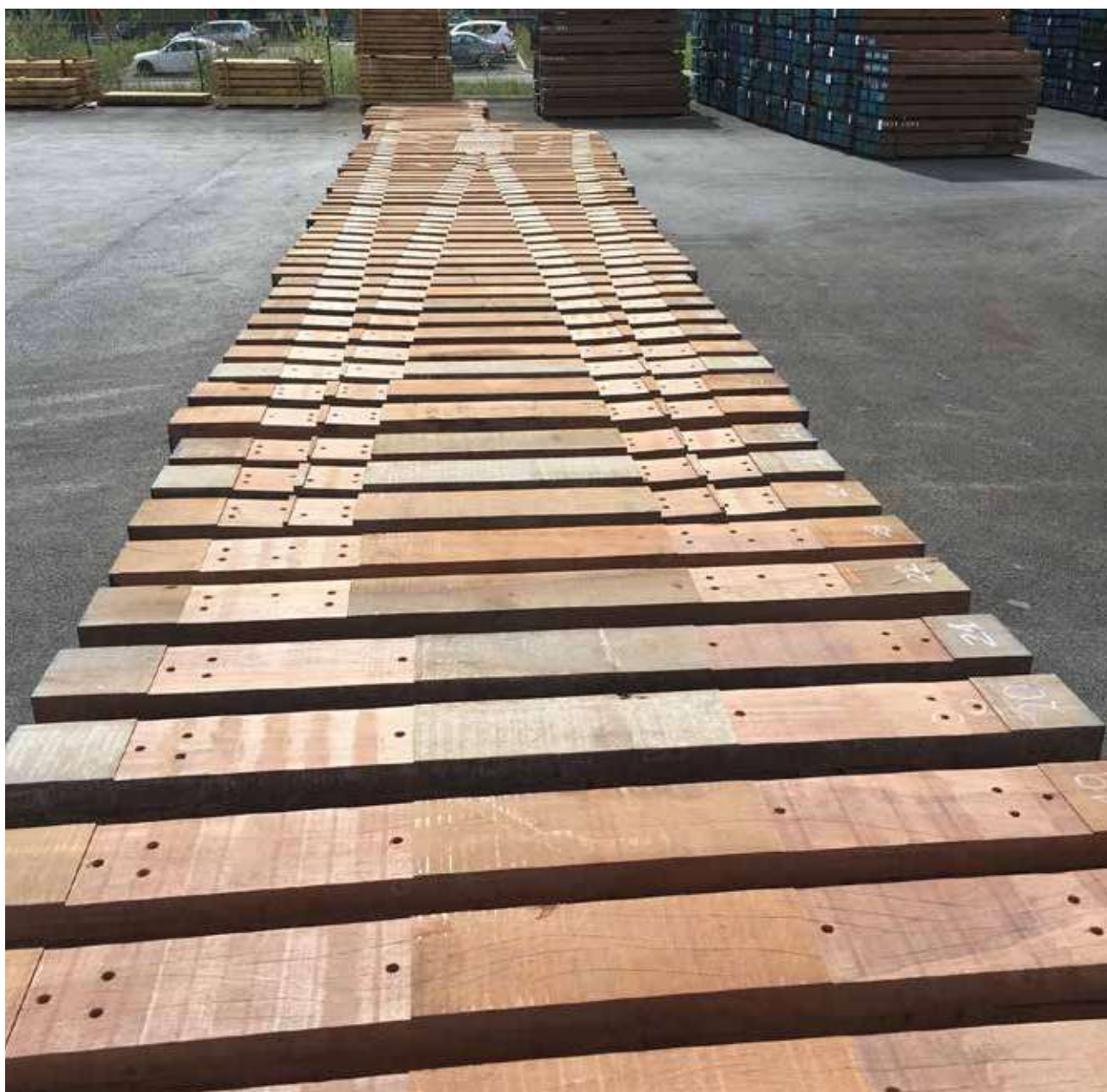
Les préconisations du tableau ci-dessous reprennent, parfois après adaptation, celles mentionnées dans les documents [AFNOR 2011] et [SNCF 2018].

DEFAUT	TOLERANCES
Aubier sain (aubier altéré exclu)	<p><b>Préconisations France / SNCF [SNCF 2018]</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Aubier admis sans limite pour les traverses.</li> <li>* Pour les supports en bois tempérés, volume d'aubier inférieur au 1/3 du volume présent de la pièce. L'aubier ne doit pas apparaître sur la face inférieure.</li> <li>* Pour les supports en bois tropical, tolérance d'aubier sur 25% de la largeur nominale sur toute la longueur de la face supérieure (norme EN 13145). L'aubier ne doit pas apparaître sur la face inférieure.</li> </ul>
	<p><b>Préconisations norme européenne EN 13145</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Pour les feuillus tropicaux, aubier toléré hors de la surface d'appui avec un maximum de 50 % de la largeur nominale pour les traverses, ou 25 % de la largeur nominale sur toute la longueur de la face supérieure pour les supports d'appareils de voie.</li> <li>* Pour les feuillus tempérés, aubier toléré.</li> </ul>

Fil	<b>Préconisation norme européenne EN 13145</b> Déviation maximale admise par rapport à l'axe longitudinal : 1/10 (déviation mesurée sur une longueur de 600 mm)
Entre-écorce	Non admise sur la surface d'appui. Tolérée hors de la surface d'appui sur une seule face et sur une longueur maximale de 150 mm.
Nœuds sains	<b>Préconisations France / SNCF [SNCF 2018]</b> Tolérés exceptés nœuds tranchants (nœuds apparaissant sur la face et sur la rive d'un avivé)
	<b>Préconisation norme européenne EN 13145</b> * Résineux européens et feuillus tropicaux : tolérés si adhérent, avec un diamètre ne dépassant pas 25 % de la dimension de la face pour les traverses et supports. Non tolérés dans la surface d'appui des traverses * Feuillus européens : tolérés si adhérents
Gerces et fentes de séchage de surface	Tolérées
Fentes traversantes	<b>Préconisations France / SNCF [SNCF 2018]</b> Longueur : voir section 2.1.8. Tolérances dimensionnelles Tolérées si ouverture < 5 mm sur bois frais de sciage Rappel : les fentes traversantes d'extrémité présentant une ouverture supérieure à 5 mm sont refusées ; toutes les fentes ou amorces de fentes aux extrémités doivent être convenablement consolidées au moyen d'esses ou de plaques connecteurs.
	<b>Préconisations norme européenne EN 13145</b> * Feuillus européens : tolérées jusqu'à une longueur de 250 mm à partir des extrémités. * Résineux européens : tolérées jusqu'à une longueur de 75 mm à partir des extrémités. * Feuillus tropicaux : tolérées jusqu'à une longueur de 200 mm à partir des extrémités
Fentes internes	Tolérées si elles n'atteignent pas la face supérieure ou les faces latérales des pièces
Roulures	Tolérées si diamètre $\leq$ 50 mm ; non tolérées si apparentes sur la face supérieure ou sur les faces latérales
Flèches de rive	<b>Préconisations France / SNCF [SNCF 2018]</b> Voir section 2.1.8. Tolérances dimensionnelles
	<b>Préconisations norme européenne EN 13145</b> * Feuillus tropicaux : max. 6 mm pour les traverses, max. 2mm/m pour les supports * Feuillus européens : max. 2 % de la longueur pour les traverses, max. 1 % de la longueur pour les supports * Résineux européens : max. 0,5 % de la longueur pour les traverses et supports
Flèches de face	<b>Préconisations France / SNCF [SNCF 2018]</b> Voir section Tolérances dimensionnelles
	<b>Préconisations norme européenne EN 13145</b> Tolérées si l'inclinaison correcte de la selle est assurée, mais limitées à : max. 0,6 % de la longueur totale pour les traverses max. 0,2 % de la longueur totale pour les supports
Piqûres mortes	Tolérées si les propriétés mécaniques de la traverse ou du support ne sont pas affectées
Moelle	Tolérées uniquement pour les bois tempérés
Fractures d'abattage, défauts de sciage, courbures doubles, tuilage, gauchissement, lunures, mulotage, pourriture, nœuds pourris, vermoulures	Non tolérés

Les pièces de bois destinées aux traverses et aux appareils de voies doivent être usinées à l'état frais de sciage ; en effet, leur séchage n'est pas envisageable tant sur un plan technique qu'économique. De plus et notamment dans les grosses sections le plus souvent nécessaires pour cette catégorie d'usages, ces bois très durs et très denses ne peuvent pas être usinés à l'état sec.

Cet aspect doit être souligné auprès des autorités compétentes des pays producteurs (Ministères des Eaux & Forêts, Douanes, etc.) afin de ne pas rompre cette chaîne d'approvisionnement spécifique.



*Usinage de pièces en Azobé pour appareil de voie (aiguillage), RATP, Paris (photo Rail Europe)*

## 4. AVANTAGES COMPARATIFS DU BOIS PAR RAPPORT À SES MATÉRIAUX CONCURRENTS

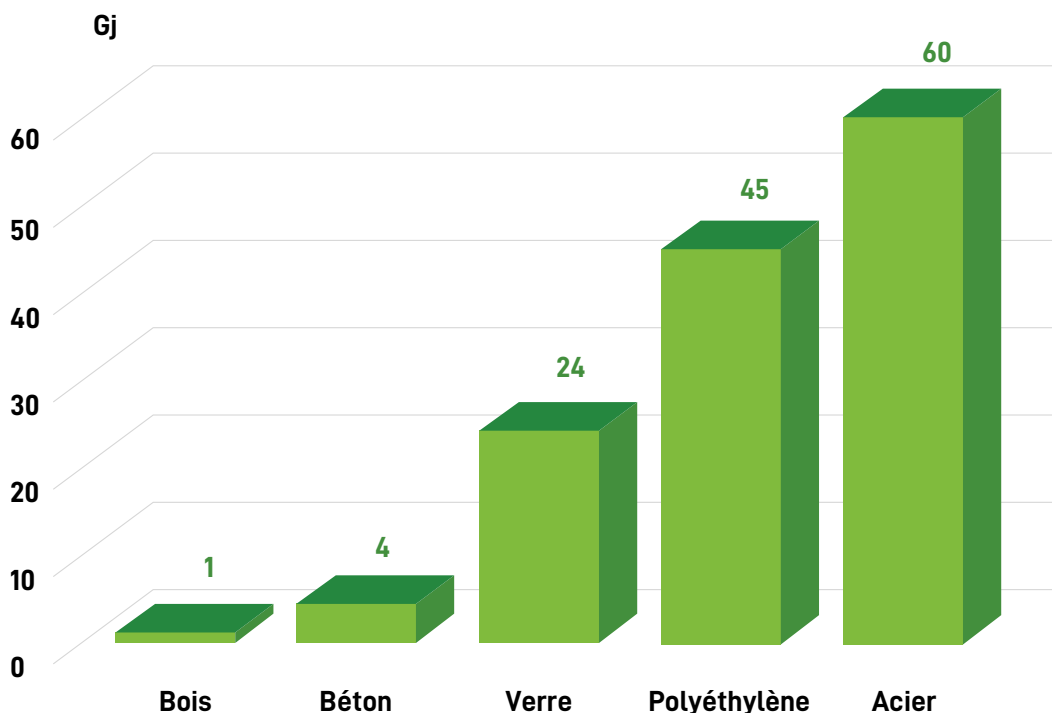
### 4.1. LE BOIS, UN ÉCO-MATÉRIAU CAPTEUR DE CARBONE ET PEU ÉNERGIVORE

Le bois est un écomatériau constitué en moyenne de 50 % de carbone (en masse) provenant du CO<sub>2</sub> capté par les arbres dans l'atmosphère durant l'opération de photosynthèse.

#### Illustrations de l'impact positif des arbres et du bois sur la captation du CO<sub>2</sub> atmosphérique

- La production d'un m<sup>3</sup> de bois est associée à la captation d'une tonne de CO<sub>2</sub> atmosphérique.
- Le bois est le seul matériau dont la fabrication et la mise en œuvre sont associées à un bilan de production de CO<sub>2</sub> négatif dans l'atmosphère.
- Lorsque la forêt produit 1 m<sup>3</sup> de bois, elle purifie l'équivalent du volume d'air pollué par un avion transportant 600 personnes sur une distance de 2 500 km.
- Pour produire un kilogramme de bois, un arbre doit consommer l'intégralité du CO<sub>2</sub> contenu dans 2 600 m<sup>3</sup> d'air (2 600 m<sup>3</sup> correspondent au volume moyen occupé par un immeuble abritant 40 personnes).
- En France, un kilomètre de voie avec traverses en bois stocke en moyenne environ 60 tonnes de carbone, soit la quantité de carbone contenue dans 220 tonnes de CO<sub>2</sub>.

Le bois présente un faible coût énergétique comme l'illustre le graphique suivant :



*Energie nécessaire à la fabrication d'1 tonne de matériau*



## 4.2. LES AVANTAGES TECHNIQUES DU BOIS POUR LES TRAVERSES ET LES APPAREILS DE VOIES

**Au-delà de son caractère écologique, l'utilisation du bois pour les traverses de chemin de fer et autres supports de voie présente de multiples avantages techniques :**

- Les caractéristiques physiques et mécaniques du bois lui donnent des avantages techniques importants :
  - Bon isolant électrique naturel, son emploi ne nécessite pas l'ajout d'un élément isolant supplémentaire.
  - L'élasticité du bois permet à la traverse de se déformer sans céder en cas de déraillement.
  - Les traverses en bois sont mieux adaptées dans des situations de tensions et de chocs importants du fait de leur résistance élevée en flexion et au cisaillement.
  - Le bois tend à absorber les vibrations et les ondes sonores ce qui est particulièrement intéressant sur les réseaux urbains et au niveau des gares.
- Le bois est un matériau léger dont les coûts de transport et d'installation en sont d'autant réduits et qui est ainsi bien adapté pour les ponts et les zones pentues.
- La densité élevée des bois tropicaux, jusqu'à 1,1 ou 1,2 leur confère une bonne résistance à l'arrachement : ils peuvent être utilisés dans les portions de voie avec des contraintes élevées telles que les aiguillages.
- Le bois se caractérise par une grande souplesse d'utilisation car il peut être façonné sur place avec des outils portatifs simples, ce qui est particulièrement intéressant pour l'entretien sur zones avec des variétés de poses. Les traverses en bois sont usinées sur mesure pour des zones particulières telles que les tunnels ou les ponts.
- Dans les tunnels anciens, il est parfois impossible d'installer des traverses en béton pour des raisons d'épaisseur : en effet, les poses sur traverses bois sont en général 10 cm moins épaisses que celles sur traverses en béton. La flexibilité naturelle du matériau bois lui permet de s'adapter en fonction des variations du sol, et donc autorise une couche de ballast moins épaisse.
- Pour les gares, la hauteur des quais est fixée sur l'épaisseur des traverses bois et la surélévation due aux traverses béton pose des problèmes techniques.
- L'emploi du bois est nécessaire dans des zones particulières présentant certaines contraintes techniques :
  - Besoin d'une fixation directe (pose "rigide") sur des supports spécifiques sur des ponts métalliques.
  - Zones à faible rayon de courbure où les rails présentent des joints mécaniques (au lieu de rails "continus soudés") ; la pose sur traverses bois est rendue nécessaire :
    - . pour éviter les chocs sensibles pour la voie et pour le matériel, et désagréables pour les voyageurs,
    - . pour assurer une usure à peu près uniforme des deux files de rails,
    - . pour permettre un sur-écartement des rails en rayons très serrés.

## 4.3. BOIS SOUS RAILS ET ÉCOCERTIFICATION

L'utilisation du bois, notamment des essences tropicales, pour les traverses et les appareils de voies va de pair avec la mise en œuvre de systèmes d'écocertification forestière, outils de développement économique, social et culturel, et de préservation de la biodiversité.

Les principaux labels, FSC®, PEFC-PAFC assurent ainsi le respect d'un ensemble d'exigences visant le respect de l'environnement et des populations locales. Les pratiques de la gestion forestière certifiée en forêt naturelle tropicale impliquent de nombreux investissements dans plusieurs domaines :

- Développement socio-économique à l'échelle locale
- Soutien à la bonne gouvernance forestière et à l'application de la loi
- Préservation et conservation des écosystèmes forestiers et de la biodiversité
- Implication des communautés locales dans la gestion forestière

Ils contribuent à limiter la déforestation importée et apportent des emplois durables dans les pays producteurs

## 5. CONTRAINTES SPÉCIFIQUES AUXQUELLES SONT SOUMIS LES BOIS SOUS RAIL

Quel que soit le produit considéré, traverse standard ou produit plus technique comme les supports d'aiguillage ou de croisement, les bois sous rails nécessitent :

- De bonnes caractéristiques mécaniques du fait des contraintes élevées auxquels ils sont soumis (rigidité, résistance en compression transversale, au choc, en flexion longitudinale).
- Une très bonne résistance aux attaques des champignons lignivores.

### 5.1. CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES

Parmi les essences préconisées par la norme NF EN 13145 et par le document du NetworkRail, les bois tempérés présentent des densités donc des caractéristiques mécaniques moyennes.

Les deux feuillus concernés, le chêne et le hêtre, ont en moyenne des densités voisines de 0,70 mais les résineux mentionnés dans la norme ont des caractéristiques plus faibles, avec des densités moyennes voisines de 0,55 pour les

Pins et le Douglas, et jusqu'à 0,60 pour le Mélèze. En revanche, les bois tropicaux préconisés présentent des performances plus élevées avec une densité moyenne<sup>3</sup> supérieure à 0,75<sup>4</sup>, cette densité moyenne étant le plus souvent supérieure à 0,85 (graphique 1).

Ces bois, pour la plupart lourds à très lourds<sup>5</sup>, présentent corrélativement des caractéristiques mécaniques élevées.

3. Déterminée à 12 % d'humidité

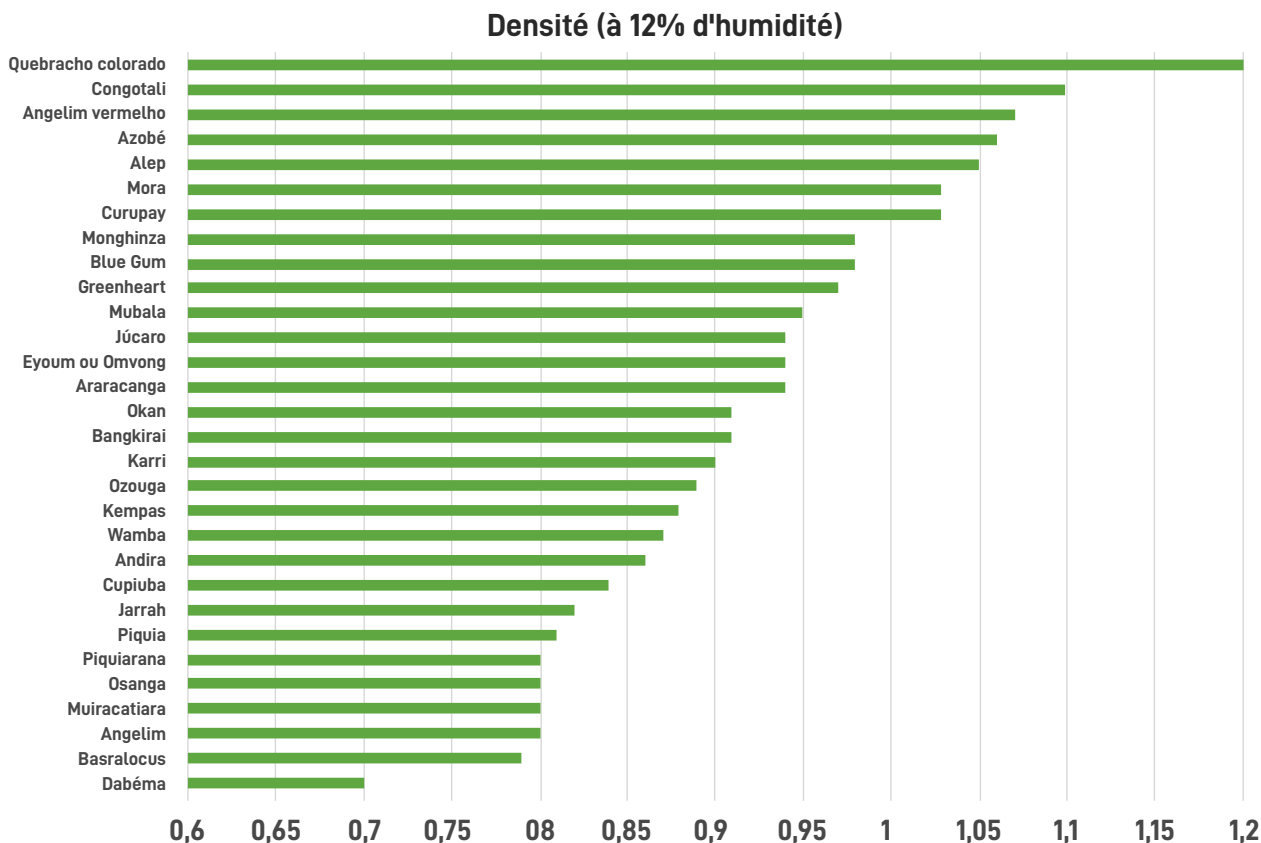
4. Parmi ces bois, le Bilinga est celui dont la densité moyenne est la plus basse : 0,76

5. Selon la classification Cirad :

0,65 < densité < 0,80 : bois mi-lourd

0,80 < D < 0,95 : bois lourd

0,95 < D : bois très lourd



**Graphique 1. Répartition des densités des principales essences tropicales préconisées pour un emploi en bois sous rail - Source : Tropix 7 et base de données Cirad**

## 5.2. RÉSISTANCE AUX CHAMPIGNONS LIGNIVORES

Compte tenu des contraintes auxquelles ils sont soumis liées à leur emploi au contact du sol, les bois sous rail doivent présenter une durabilité naturelle ou conférée (après traitement de préservation) permettant leur utilisation en classe de risque 4 telle que définie dans la norme EN 335 (mai 2013).

Cette classe d'emploi correspond à des utilisations extérieures en contact avec le sol ou l'eau douce caractérisées par des humidifications fréquentes ou permanentes, des rétentions et des stagnations d'eau.

Les définitions de la notion de classe de durabilité naturelle, de classe d'emploi, et les correspondances entre les classes de durabilité naturelle et les classes d'emploi avaient été explicitées dans le document technique *Les bois pour ouvrages hydrauliques* (ATIBT 2021<sup>6</sup>).

Il est apparu opportun de présenter de nouvelles notions dans le présent document car elles constituent la base d'une utilisation rationnelle des bois. La définition des classes de durabilité naturelle est donnée en 1<sup>ère</sup> partie de l'annexe 1, celle des classes d'emploi est donnée en 2<sup>ème</sup> partie de cette annexe.

La norme NF EN 13145 mentionne que le bois dont la durabilité naturelle est de classe 1 ou 2 selon l'EN 350-2 a une durabilité naturelle permettant son utilisation en classe de risque 4.

Cependant, la norme européenne NF EN 460 (juillet 1994), toujours en vigueur bien qu'en cours de révision, mentionne que pour les bois en classe 2 de durabilité naturelle, la durabilité naturelle couvre normalement la classe d'emploi mais pour certains emplois, un traitement de préservation peut être recommandé (encadré ci-après).

6. <https://www.atibt.org/files/upload/14-LES-BOIS-POUR-OUVRAGES-HYDRAULIQUES.pdf>

**Compte tenu du risque très élevé d'attaque de champignons lignivores auxquels ils sont confrontés, on considèrera que seuls les bois en classe 1 de durabilité naturelle pourront être utilisés sans traitement de préservation.**

Il faut rappeler que les caractéristiques de durabilité concernent uniquement le duramen des bois arrivés à maturité. L'aubier doit toujours être considéré comme non durable vis-à-vis des agents de dégradation biologique du bois.

## Correspondance entre les classes de durabilité naturelles et les classes d'emploi

La norme européenne NF EN 460 (juillet 1994), **toujours en vigueur bien qu'en cours de révision** (projet prEN 460, décembre 2021), propose un tableau de correspondances entre le niveau de durabilité naturelle des bois massifs et leurs possibilités d'utilisation dans une classe d'emploi donnée (tableau adapté ci-après).

Note : En réalité, cette norme fait référence à la notion de *classe de risque* et non de *classe d'emploi*, notions quasiment équivalentes. *Classe d'emploi* est aujourd'hui le terme en vigueur, il est défini dans la norme française NF EN 335 (mai 2013). Dans le tableau de correspondances qui suit, on utilisera le terme classe d'emploi en cohérence avec la terminologie actuellement utilisée, même si ce terme n'est pas celui mentionné dans la norme française NF EN 460 de juillet 1994.

Pour les Pays-Bas, il est nécessaire de se référer à la norme NEN-EN 350 :2016<sup>7</sup>.

### Classes de durabilité naturelle selon la classe d'emploi

Classe d'emploi couverte par la durabilité naturelle	Classe de durabilité naturelle				
	1	2	3	4	5
1	Oui <sup>(1)</sup>	Oui	Oui	Oui	Oui
2	Oui	Oui	Oui	Oui mais	Oui mais
3	Oui	Oui	Oui mais	Au cas par cas <sup>(2)</sup>	Au cas par cas
4	Oui	Oui mais <sup>(2)</sup>	Non mais <sup>(4)</sup>	Non <sup>(5)</sup>	Non
5	Oui	Non mais	Non mais	Non	Non

(1) *Oui* : la durabilité naturelle couvre la classe d'emploi.

(2) *Oui mais* : la durabilité naturelle couvre normalement la classe d'emploi. Mais pour certains emplois, un traitement de préservation peut être recommandé.

(3) *Au cas par cas* : la durabilité naturelle peut être suffisante. Mais en fonction de l'essence du bois, de sa perméabilité et de son emploi final, un traitement de préservation peut être nécessaire.

(4) *Non mais* : un traitement de préservation est normalement recommandé. Mais pour certains emplois, la durabilité naturelle peut être suffisante pour couvrir la classe d'emploi.

(5) *Non* : la durabilité naturelle ne couvre pas la classe d'emploi ; un traitement de préservation est nécessaire.

Pour les classes d'emploi 2 à 5, les correspondances ne sont pas définies de manière précise pour certains niveaux de durabilité.

7. <https://www.nen.nl/nen-en-350-2016-en-224409>

## 6. ESSENCES UTILISÉES ET UTILISABLES POUR LES BOIS SOUS RAILS

De nombreuses essences sont potentiellement utilisables pour fabriquer des traverses de chemin de fer et des appareils de voies.

**En pratique, le choix d'essences reste limité car il doit prendre en compte simultanément plusieurs critères :**

1. Le diamètre et la conformation des grumes qui doivent permettre le débit de pièces de forte section. L'importance de l'aubier et des parties non duraminisées sont aussi des facteurs primordiaux.
2. Les caractéristiques intrinsèques des bois correspondant aux performances requises pour ce type d'usage (résistance mécanique, durabilité naturelle).
3. Le prix des bois dont les perspectives d'emploi en traverses et appareils de voies peuvent être limitées par des applications à plus forte valeur ajoutée.
4. Le respect des normes internationales, dont la convention de Washington sur les espèces protégées (CITES).

**Dans les deux tableaux qui suivent, les essences couramment utilisées pour les traverses de voie et les supports d'appareils de voie dans leurs régions de production ou faisant l'objet d'un courant d'exportation régulier sont affichées en vert.**

Les essences affichées en noir présentent un intérêt potentiel pour ces utilisations ou sont mentionnées dans les documents de référence.

Le Fascicule de Documentation FD P20-651 *Durabilité des éléments et ouvrages en bois* (juillet 2011) définit pour une large gamme d'essences tropicales et tempérées des appréciations en matière de longévité vis-à-vis du risque fongique, par classe d'emploi<sup>8</sup>.

Ces appréciations sont définies de la façon suivante :

**L3 : Longévité supérieure à 100 ans**

**L2 : Longévité comprise environ entre 50 et 100 ans dans l'utilisation initialement prévue,**

**L1 : Longévité comprise environ entre 10 et 50 ans dans l'utilisation initialement prévue,**

**N : Longévité incertaine et toujours inférieure à 10 ans, ces solutions ne sont pas à prescrire.**

### 6.1. ESSENCES NÉCESSITANT UN TRAITEMENT DE PRÉSERVATION

Les principales préconisations mentionnées dans les normes et documents techniques pour l'opération de traitement de préservation sont les suivantes :

#### Traitement

Les bois doivent être exempts de singularités qui empêchent la bonne application du traitement de préservation. Toutes les opérations de dressage, pré-découpage, entaillage, rabotage et perçage doivent être exécutées avant le traitement de préservation. Si un usinage local est nécessaire après traitement, un traitement local de protection devra être prévu. Avant le rabotage, le perçage ou le traitement de préservation, le taux d'humidité des bois doit être conforme au niveau exigé par le produit de préservation utilisé et la méthode de traitement mise en œuvre.

---

8. S'y référer pour les essences mentionnées ci-après

## Produits de préservation

Les produits de préservation utilisés doivent être de la créosote ou doivent être conformes aux exigences de performance des produits de classe de risque 4 selon la norme 599+A1.

## Pénétration du produit

Après le traitement de préservation, les traverses et supports imprégnés doivent satisfaire aux exigences de pénétration de la classe 8 (P8 : pénétration complète de l'aubier) de la norme EN 351-1.

## Rétention

Après le traitement de préservation, l'exigence minimale de rétention doit être la valeur critique en classe de risque 4 du produit de préservation utilisé telle que définie dans la norme 599+A1.

Nom pilote	Nom botanique	Densité <sup>9</sup>	Origine	Commentaires
<b>Chêne européen</b>	<i>Quercus robur</i> <i>Quercus petraea</i> <i>Quercus pubescens</i>	0,74	Tempérée	Mentionné dans la norme EN 13145
<b>Chênes blancs américains</b>	<i>Quercus alba</i> <i>Quercus lobata</i> <i>Quercus michauxii</i>	0,73	Tempérée	
<b>Douglas</b>	<i>Pseudotsuga menziesii</i>	0,54	Tempérée	Mentionné dans la norme EN 13145
<b>Hêtre</b>	<i>Fagus sylvatica</i>	0,71	Tempérée	Mentionné dans la norme EN 13145
<b>Mélèze</b>	<i>Larix p.p.</i>	0,60	Tempérée	Mentionné dans la norme EN 13145
<b>Pin laricio</b>	<i>Pinus nigra</i>	0,58	Tempérée	Mentionné dans la norme EN 13145
<b>Pin maritime<sup>10</sup></b>	<i>Pinus pinaster</i>	0,55	Tempérée	Mentionné dans la norme EN 13145
<b>Pin parasol<sup>10</sup></b>	<i>Pinus pinea</i>	0,58	Tempérée	Mentionné dans la norme EN 13145
<b>Pin sylvestre</b>	<i>Pinus sylvestris</i>	0,55	Tempérée	Mentionné dans la norme EN 13145
<b>Andira</b>	<i>Andira coriacea</i> <i>Andira inermis</i> <i>Andira parviflora</i> <i>Andira p.p.</i>	0,86	Amérique du sud	
<b>Angelim (= Angelim pedra)</b>	<i>Hymenolobium elatum</i> <i>Hymenolobium excelsum</i> <i>Hymenolobium petraeum</i> <i>Hymenolobium p.p.</i>	0,80	Amérique du sud	
<b>Cupiuba</b>	<i>Goupia glabra</i>	0,84	Amérique du sud	
<b>Dabéma</b>	<i>Piptadeniastrum africanum</i>	0,70	Afrique	
<b>Piquia</b>	<i>Caryocar nuciferum</i> <i>Caryocar villosum</i> <i>Caryocar p.p.</i>	0,81	Amérique du sud	
<b>Piquiarana</b>	<i>Caryocar glabrum</i>	0,80	Amérique du sud	
<b>Blue Gum</b>	<i>Eucalyptus microcorys</i>	0,98	Asie	

9. Densité moyenne à 12 % d'humidité.

**La densité du bois des essences tempérées, feuillues ou résineuses, varie avec leur vitesse de croissance, avec des effets parfois opposés selon les espèces ; certaines essences sont ainsi d'autant plus denses que leur croissance est rapide (cas du Chêne) alors qu'on observe un effet inverse chez d'autres (cas du Mélèze) ; ce phénomène doit être pris en compte lors de la sélection d'une essence tempérée pour une utilisation en bois sous rail.**

10. présentent un caractère anecdotique

## 6.2. ESSENCES NE NÉCESSITANT PAS DE TRAITEMENT DE PRÉSERVATION (BOIS AVIVÉS 4 FACES)

Nom pilote	Nom botanique	Densité <sup>9</sup>	Origine	Commentaires
<b>Alep</b>	<i>Desbordesia glaucescens</i>	1,05	Afrique	Aubier épais
<b>Angelim vermelho</b>	<i>Dinizia excelsa</i>	1,07	Amérique du sud	
<b>Araracanga</b>	<i>Aspidosperma album</i> <i>Aspidosperma desmanthum</i> <i>Aspidosperma</i> p.p.	0,94	Amérique du sud	
<b>Azobé</b>	<i>Lophira alata</i>	1,06	Afrique	
<b>Bangkirai / Yellow Balau</b>	<i>Shorea glauca</i> <i>Shorea laevis</i> <i>Shorea maxwelliana</i> <i>Shorea superba</i> <i>Shorea</i> subgen. <i>Eushorea</i> p.p.	0,91	Asie	Mentionné dans la norme EN 13145 mais commercialisé pour d'autres utilisations à plus forte valeur ajoutée
<b>Basralocus</b>	<i>Dicorynia guianensis</i> <i>Dicorynia paraensis</i>	0,79	Amérique du sud	Mentionné dans la norme EN 13145 mais commercialisé pour d'autres utilisations à plus forte valeur ajoutée
<b>Cogotali</b>	<i>Letestua durissima</i>	1,1	Afrique	
<b>Curupay</b>	<i>Anadenanthera colubrina</i>	1,03	Amérique du sud	
<b>Eyoum ou Omvong</b>	<i>Dialium pachyphyllum</i>	0,94	Afrique	Dureté très élevée, nécessité d'un sciage adapté. A valider
<b>Greenheart</b>	<i>Chlorocardium rodiei</i>	0,97	Amérique du sud	Mentionné dans la norme EN 13145
<b>Jarrah</b>	<i>Eucalyptus marginata</i> <sup>12</sup>	0,82	Asie et Océanie	Mentionné dans la norme EN 13145
<b>Júcaro</b>	<i>Terminalia buceras</i>	0,94	Amérique du sud	
<b>Karri</b>	<i>Eucalyptus diversicolor</i>	0,90	Asie et Océanie	Mentionné dans la norme EN 13145
<b>Kempas</b>	<i>Koompassia malaccensis</i>	0,88	Asie	
<b>Monghinza</b>	<i>Manilkara mabokeensis</i> <i>Manilkara obovata</i> <i>Manilkara</i> p.p.	0,98	Afrique	
<b>Mora</b>	<i>Mora excelsa</i> <i>Mora paraensis</i> <i>Mora</i> p.p.	1,03	Amérique du sud	Mentionné dans la norme EN 13145
<b>Mubala</b>	<i>Pentaclethra macrophylla</i>	0,95	Afrique	
<b>Muiracatiara</b>	<i>Astronium fraxinifolium</i> <i>Astronium graveolens</i> <i>Astronium lecointei</i> <i>Astronium</i> p.p.	0,80	Amérique du sud	

11. Densité moyenne à 12 % d'humidité

12. En Australie, une large gamme d'espèces d'Eucalyptus est utilisée pour les traverses de chemin de fer, <https://extranet.artc.com.au/docs/eng/track-civil/procedures/sf/ETA-02-01.pdf>

<b>Okan (= Adoum)</b>	<i>Cylicodiscus gabunensis</i>	0,91	Afrique	
<b>Osanga</b>	<i>Pteleopsis hylodendron</i> <i>Pteleopsis myrtifolia</i>	0,80	Afrique	
<b>Ozouga</b>	<i>Sacoglottis gabonensis</i>	0,89	Afrique	
<b>Quebracho colorado</b>	<i>Schinopsis balansae</i> <i>Schinopsis lorentzii</i>	1,20	Amérique du sud	
<b>Wamba</b>	<i>Tessmannia africana</i> <i>Tessmannia anomala</i> <i>Tessmannia lescrauwaetii</i>	0,87	Afrique	

- Certaines essences présentent les caractéristiques techniques requises pour un usage sous rail (résistance mécanique, durabilité naturelle) mais ne sont pas mentionnées dans la liste ci-dessus pour les raisons suivantes :
  - essences utilisées pour des applications à plus forte valeur ajoutée donc plus rémunératrices que les bois sous rails, notamment en revêtement de sol intérieur ou extérieur, ou en menuiserie (Cumaru, Doussié, Ipé, Itauba, Maçaranduba, Moabi, Mukulungu, Padouk, Tali...),
  - essences utilisées localement pour des usages autres que le bois (cas du Coula dont les fruits jouent un rôle important dans l'alimentation des populations locales),
  - grumes de diamètre insuffisant pour des débits de grosse section (cas du Niové),
  - grumes présentant des zones internes non duraminisées (cas de l'Eveuss).
- Pour la fabrication de traverses ou de supports d'appareils de voie, certaines essences africaines peu connues et très peu utilisées pourraient présenter un intérêt potentiel. Leur utilisation pour ce type de produit reste cependant à valider : Kanda brun (*Beilschmiedia congolana*, *B. corbisieri*, *B. letouzeyi*, *B. oblongifolia*, *Beilschmiedia* p.p.), Kanda rose (*Beilschmiedia gabonensis*, *B. grandifolia*, *B. hutchinsonia*, *B. mannii*, *B. obscura*, *Beilschmiedia* p.p.), Nganga (*Cynometra ananta*, *C. hankei*, *Cynometra* p.p.), Oguomo (*Lecomtedoxa klaineana*), Rikio (*Uapaca guineensis*, *U. heudelotii*, *U. vanhouttei*, *Uapaca* p.p.) Vésambata (*Oldfieldia africana*)...

#### Principaux documents de référence utilisés

AFNOR, 2011. Norme NF EN 13145+A1 (décembre 2011), Applications ferroviaires – Voie – Traverses et supports en bois, 21 pages.

Amorison F., 2013. Le marché européen des traverses – Développements et tendances. Diaporama, 5<sup>ème</sup> conférence internationale des feuillus, Groupe Lambert, CCB, Woodprotect, Rail Europe, 13 pages.

SNCF Département Voie et Abords (DGII-VA), 2018. Bois pour traverses de voie courante et supports d'appareils de voie (ex CT IGEV 506). Document opérationnel SNCF référence IG04019 (EF 2 B32) version n°01 du 17 octobre 2018, 18 pages.

NetworkRail, 2015. Wood Sleepers, Bearers and Longitudinal Timbers. Documents technique, 28 pages.

Union Internationale des Chemins de fer (UIC), 2013. SUWOS : SUstainable WOoden Railway Sleepers.

<https://shop-pp.uic.org/en/other-technical-documents/1165-suwos-sustainable-wooden-railway-sleepers.html>

**Document réalisé par la Commission *Matériau Bois-Normalisation* de l'ATIBT :**

**. par MM. Jean Gérard / CIRAD (Secrétaire) et Emmanuel Groutel / WALE (Président),**

**. grâce aux données et informations mises à disposition par M. Olivier Lombarey - SNCF Réseau Produits Voie (DGII-VA.T4).**

**Septembre 2022**



Fair&Precious recommande  
l'achat de bois tropical certifié  
FSC® et PEFC-PAFC.



## DURABILITÉ NATURELLE

Sauf mention particulière relative à l'aubier, les caractéristiques de durabilité concernent le duramen des bois arrivés à maturité. L'aubier doit toujours être considéré comme non durable vis-à-vis des agents de dégradation biologique du bois. Un bois dont l'humidité en service est inférieure à environ 20 % présente peu de risques d'être attaqué par les cham-

pignons. Des températures inférieures à 5 °C environ empêchent tout développement des champignons. De même, des bois immergés ou portés à des températures élevées (de l'ordre de 60 °C) ne sont jamais attaqués par les champignons quelle que soit leur durabilité naturelle.

### Résistance aux champignons

La résistance des bois aux champignons est déterminée sur des échantillons de dimensions normalisées mis en présence de souches de champignons dans des conditions ambiantes contrôlées. Ces essais durent plusieurs mois.

La norme NF EN 350, en cours de révision au moment de l'édition de cet ouvrage, définit des classes de durabilité naturelle du bois contre des champignons lignivores :

- bois très durables : classe DC1 (*durability class 1*), nommée « classe 1 » ;
- bois durables : classe DC2, nommée « classe 2 » ;
- bois moyennement durables : classe DC3, nommée « classe 3 » ;
- bois faiblement durables : classe DC4, nommée « classe 4 » ;
- bois non durables : classe DC5, nommée « classe 5 ».

### Résistance aux insectes des bois secs (lyctus, bostryches, vrillettes)

La grande majorité des bois tropicaux commercialisés n'est pas attaquée par les insectes de bois sec, à condition que ces bois soient mis en œuvre sans aubier. Lorsque l'aubier est peu distinct, il est préférable de traiter les bois contre les insectes de bois sec. Certaines essences tropicales sont attaquées dans la totalité du bois et demandent des précautions particulières à l'état sec. Les bois sciés ou les produits finis ne sont attaqués que s'ils

contiennent encore de l'aubier et une teneur en amidon suffisante.

Selon la norme NF EN 350, une essence est classée sensible (classe DC S, nommée « classe S ») si elle est attaquée pendant l'essai mené en laboratoire. Dans le cas contraire, elle est considérée comme durable (classe DC D, nommée « classe D »).

### Résistance aux termites

Les conditions de détermination de la résistance des bois aux termites sont analogues à celles de la résistance aux champignons. Des échantillons de dimension normalisée sont mis en présence de termites. L'intensité de l'attaque des termites et, par conséquent, la résistance naturelle des bois sont quantifiées en mesurant la profondeur de pénétration des termites dans l'échantillon. La norme NF EN 350 définit trois classes de durabilité naturelle vis-à-vis des termites :

- bois durables : classe DC D (*durability class D*), nommée « classe D » ;
- bois moyennement durables : classe DC M, nommée « classe M » ;
- bois sensibles : classe DC S, nommée « classe S ».

## CLASSE D'EMPLOI

La classe d'emploi correspond à un degré d'exposition aux différents agents de dégradation biologique découlant d'une situation en service d'un élément ou d'un ouvrage en bois. Elle peut changer après modification de la conception ou de la situation de l'ouvrage. Elle ne définit pas systématiquement une durée de service, mais seulement les conditions d'une attaque biologique potentielle. Dans une classe d'emploi, les spécifications de traitement et le choix de l'essence ont une incidence directe sur la durée de service.

La durée de service doit donc être interprétée en fonction des essences et de la sévérité des expositions. Elle dépend de la durabilité naturelle du bois, mais aussi d'autres facteurs tels que les détails de la conception d'un ouvrage (risques de pièges à eau, ventilation du bois...), la nature des entretiens prévus et les conditions climatiques locales.

L'utilisation d'un bois, dont la durabilité naturelle est supérieure à celle qui est préconisée par la norme NF EN 460 (juillet 1994) pour un emploi donné, permet d'allonger la durée de service de l'ouvrage. Réciproquement, pour des éléments d'ouvrage à durée de vie très courte (construction provisoire), des essences de durabilité naturelle inférieure à celle mentionnée dans la norme EN 460 peuvent être préconisées.

**Note. Ne pas confondre les notions de « classe de résistance aux champignons » et de « classe d'emploi » dont les barèmes de qualification sont différents.**

Les situations en service ont été regroupées en classes d'emplois (norme NF EN 335, mai 2013). Chaque classe correspond à une catégorie d'utilisations associée à des risques de dégradation biologique de même niveau.

### Catégories regroupant les classes selon les conditions d'emploi

Classe d'emploi	Usage général
1	À l'intérieur, au sec
2	À l'intérieur ou sous abri, pas d'exposition aux intempéries. Possibilité de condensation d'eau
3	À l'extérieur, au-dessus du sol, exposé aux intempéries. La classe 3 peut être subdivisée en 2 sous-classes : 3.1 Conditions d'humidification courtes 3.2 Conditions d'humidification prolongées
4	À l'extérieur en contact avec le sol ou l'eau douce
5	Immergé dans l'eau salée de manière régulière ou permanente

#### Spécificités de la classe 5.

L'appartenance d'une essence à la classe 5 est mentionnée séparément. Une essence qui couvre la classe 5 couvre généralement la classe 4, excepté quelques rares essences ne couvrant que la classe 3 ou la classe 2 (Bassaloc, Garapa, Iroko, Louro vermelho, Sougué).

La norme européenne NF EN 460 (juillet 1994) propose un tableau de correspondance entre le niveau de durabilité naturelle des bois massifs et leurs possibilités d'emploi dans une classe de risque donnée (tableau ci-dessous). Cette norme est antérieure au remplacement de la notion de « classe de risque » par celle de « classe d'emploi » (NF EN 335, mai 2013), ces deux notions étant quasiment équivalentes.

# SYNTHÈSE SUR LES ACAJOUS ET LES ESPÈCES DU GENRE *KHAYA* D'AFRIQUE CONTINENTALE

## PRÉAMBULE ET ÉTYMOLOGIE



© IMAGEO - ATIBT

La récente inscription en annexe II de la CITES des espèces du genre *Khaya*<sup>1</sup>, les Acajous d'Afrique, couplée aux nombreuses confusions sur ces essences et aux amalgames

entre les différents genres botaniques de la famille des Méliacées aux propriétés parfois voisines, est à l'origine de ce document.

Cette synthèse sur les Acajous et les espèces du genre *Khaya* d'Afrique continentale se veut non exhaustive, elle a pour objectif de rappeler quelques fondamentaux sur ce groupe d'espèces.

Il est apparu nécessaire de revenir sur les particularités de chacune des principales espèces du genre, les caractéristiques qui les discriminent, l'intérêt qu'elles présentent pour la production de bois d'œuvre, tant pour les bois issus de peuplements naturels que de plantations en Afrique, en Asie et en Amérique du sud.

Ce document s'appuie notamment sur les résultats des importants travaux conduits par Gaël Ulrich Dipelet Bouka sur la structuration de la diversité du genre *Khaya*, travaux cités dans le texte.

1. Les espèces du genre *Khaya* sont de plus classées comme vulnérables sur la liste rouge de l'International Union for Conservation of Nature (IUCN)

## De l'origine de l'appellation Khaya

Dans son ouvrage *Timber – A historical Survey of its Development and Distribution* (1957)<sup>2</sup>, Bryan Latham donne l'origine, assez étonnante, de l'appellation *Khaya* :

[traduit en français] ...Cependant, M. Balfour Gourlay nous donne une explication de l'origine du terme "Khaya" pour désigner les Acajous d'Afrique de l'Ouest. Un botaniste du XIXe siècle, dit-il, lors d'une expédition en Afrique de l'Ouest qui venait d'être ouverte aux explorateurs, vit un arbre qu'il ne pouvait pas identifier. Demandant son nom aux indigènes, ceux-ci répondirent unanimement "Khaya". Un spécimen fut donc envoyé à Kew en mentionnant que le nom indigène était « Khaya ». Les scientifiques de Kew ont découvert que l'échantillon appartenait à un genre de la famille des Meliaceae jusqu'alors inconnu. La nouvelle espèce fut donc nommée *Khaya senegalensis*. Ce n'est que lors d'une nouvelle visite en Afrique de l'Ouest que le botaniste découvrit avec surprise et consternation que "Khaya" signifiait en anglais "I don't know" (je ne sais pas) !

## KHAYA VERSUS SWIETENIA

Dans le commerce international des bois tropicaux, le nom pilote Acajou peut être appliqué aussi bien aux Acajous d'Afrique, les espèces du genre *Khaya*, qu'aux Acajous d'Amérique, les espèces du genre *Swietenia*.

Dans le monde des bois tropicaux, il s'agit de l'unique cas d'une même appellation acceptée pour deux groupes d'espèces différentes.

Cette situation est notamment liée au fait que ces deux groupes d'espèces, de la famille des Méliacées, ont des caractéristiques technologiques et d'aspect très voisines.

Botaniquement, le genre *Khaya* appartient à la sous-famille des *Swietenioideae* et semblerait être étroitement apparenté aux genres *Carapa* et *Swietenia*.

Le bois de *Khaya grandifoliola* ressemble davantage à ceux des *Swietenia* qu'à ceux de *Khaya anthotheca* et *Khaya ivorensis*.

L'appellation Acajou ne désignait originellement que le genre *Swietenia* du continent

américain. Elle a été étendue à l'Afrique après la découverte de deux espèces de Méliacées, *Khaya senegalensis* et *Entandrophragma angolense*, initialement dénommées *Swietenia senegalensis* et *S. angolensis*.

Dans la Nomenclature générale des bois tropicaux (ATIBT 2016), le nom pilote *Mahogany* est utilisé pour désigner les quatre espèces de *Swietenia* : *S. humilis*, *S. krukovii*, *S. macrophylla*, et *S. mahagoni*. Le nom pilote *Mahogany* dérive du nom de cette dernière espèce (ou réciproquement ?).

Il faut rappeler que *Mahogany* est la traduction en anglais du mot Acajou.

L'appellation Acajou est encore fréquemment utilisée, à tort, pour des espèces du genre *Entandrophragma*, notamment le Sapelli (*E. cylindricum*) mais aussi le Sipo (*E. utile*). Cet élargissement de l'appellation Acajou, source de confusion, est repris dans la base de données wood-database.com<sup>3</sup>...

2. Latham B., 1957. *Timber - A Historical Survey of Its Development and Distribution*. Edit. George G. Harrap & Co., London, 303 p.

3. <https://www.wood-database.com/wp-content/uploads/mahogany-families.pdf>



Plantation de *Swietenia* - Amérique centrale (© E. Groutel, WALE)

## CLASSIFICATION ET DÉNOMINATIONS ACTUELLES DES ESPÈCES DU GENRE *KHAYA*

En Afrique continentale, on distingue actuellement quatre espèces de *Khaya* morphologiquement proches : *Khaya anthotheca*, *K. grandifoliola*, *K. ivorensis* et *K. senegalensis*.

Une cinquième espèce, *K. madagascariensis*, est endémique de Madagascar et des Comores.

Le nombre d'espèces du genre *Khaya* a varié au cours du temps.

Dipelet Bouka et al. (2019)<sup>4</sup> ont ainsi montré que *K. ivorensis*, *K. grandifoliola* et *K. senegalensis* seraient des espèces à part entière mais dont les limites taxonomiques doivent encore être précisées.

*Khaya nyasica* serait également une espèce qui devrait être séparée de *K. anthotheca* qui constitue un complexe de cinq groupes génétiques distincts, pouvant recouvrir un ensemble d'au moins deux autres espèces

ou sous-espèces qui restent aussi à préciser (Bouka Dipelet 2017<sup>5</sup>, 2022<sup>6</sup>).

Cependant, l'*African Plant Database*<sup>7</sup> ne considère actuellement que quatre espèces en Afrique continentale : *K. anthotheca*, *K. grandifoliola*, *K. ivorensis* et *K. senegalensis*.

La dernière version (2016) de la Nomenclature générale des bois tropicaux distingue ainsi l'Acajou d'Afrique de l'Acajou Cailcédrot et de l'Acajou Umbaua<sup>8</sup>, associés aux espèces botaniques et aux appellations vernaculaires suivantes :

Nom pilote	Noms botaniques	Appellations vernaculaires
<b>Acajou d'Afrique</b>	<i>Khaya anthotheca</i> C. DC. <i>Khaya grandifoliola</i> C. DC. <i>Khaya ivorensis</i> A. Chev. (Syn. <i>Khaya klainei</i> )	Acajou Bassam (CI) ; Acajou blanc (CI) ; Acajou rouge (GA) ; African Mahogany (GH) ; Ahafo (GH) ; Akuk (NG) ; Benin Mahogany (NG) ; Caoba del Galon (GQ) ; Déké (CF) ; Eri Kire (UG) ; Kaju (BJ) ; Krala (CI) ; Mangona (CM) ; Munyama (UG) ; N'Dola (AO, CG) ; N'Gollon (CM) ; Ogwango (NG) ; Takoradi Mahogany (GH) ; Undia Nunu (AO) ; Zamanguila (GQ) ; Zaminguila (GA) <sup>9</sup>
<b>Acajou Cailcédrot</b>	<i>Khaya senegalensis</i> A. Juss.	Abgo (BJ) ; Acajou Bissilom (ML) ; Acajou Cailcédrot (BJ, CI) ; Bissilom (GW, SN) ; Diala (GN) ; Zunzatin (BJ)
<b>Acajou Umbaua</b>	<i>Khaya nyasica</i> Stapf	Acajou Umbaua (MZ)

Le tableau ci-dessus mentionne que dans certains pays, une appellation commerciale locale est affectée individuellement aux trois espèces forestières, principalement : Acajou rouge ou Acajou Bassam pour *K. ivorensis*, Acajou blanc pour *K. anthotheca*, et Acajou à grandes feuilles pour *K. grandifoliola*.

4. Bouka Dipelet U. G., Doumenge C., Loumeto J. J., Florence J., Gonmadje C., McKey D., 2019. Des confusions entre espèces préjudiciables à la gestion durable des essences forestières : l'exemple des acajous d'Afrique (*Khaya*, Meliaceae). Bois et Forêts des Tropiques, 339 : 17-32. <https://doi.org/10.19182/bft2019.339.a31714>

5. Bouka Dipelet G. U., 2017. Structuration de la biodiversité des forêts africaines et changements climatiques : une étude à travers le genre *Khaya* (Meliaceae). Thèse de Doctorat, Ecole doctorale Gaïa, Spécialité : Écologie, Évolution, Ressources Génétiques, Paléobiologie ; Unité de recherche CEFE/F&S, CIRAD ; Université de Montpellier, 347 pages. <https://theses.fr/en/2017MONTT165>

6. Bouka Dipelet G.U., Doumenge C., Ekué M.R.M., Dainou K., Florence J., Degen B., Loumeto J.J., McKey D., Hardy O.J., 2022. *Khaya* revisited: Genetic markers and morphological analysis reveal six species in the widespread taxon *K. anthotheca*. Taxon, Volume 71, Issue 4, 1-19. <https://doi.org/10.1002/tax.12720>

7. <https://africanplantdatabase.ch/fr/nomen/genus/191809/khaya-a-juss>

8. L'Acajou Cailcédrot n'était pas mentionné dans la Nomenclature 1982.

9. AO : Angola ; BJ : Bénin ; CD : République Démocratique du Congo ; CF : République centrafricaine ; CG : Congo ; CI : Côte d'Ivoire ; CM : Cameroun ; GA : Gabon ; GH : Ghana ; GN : Guinée ; GQ : Guinée équatoriale ; GW : Guinée Bissau ; ML : Mali ; MZ : Mozambique ; NG : Nigéria ; SN : Sénégal ; UG : Ouganda



Grume de *Khaya anthotheca* - OLAM, Pokola, République du Congo (© E. Groutel, WALE)

## RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE DES QUATRE PRINCIPALES ESPÈCES DE *KHAYA* EN AFRIQUE CONTINENTALE, EN PEUPELEMENTS NATURELS ET EN PLANTATIONS.

La distribution et les caractéristiques générales des quatre espèces de *Khaya* sont reprises de l'ouvrage Prota - Bois d'œuvre 1<sup>10</sup>:

\* *Khaya anthotheca* est présent depuis la Guinée-Bissau jusqu'en Ouganda et en Tanzanie, et vers le sud jusqu'en Angola, en Zambie, au Zimbabwe et au Mozambique.

Il est assez régulièrement cultivé en plantation sur son aire naturelle de répartition, mais également en Afrique du Sud, en Asie tropicale et en Amérique tropicale. *Khaya anthotheca* est aussi couramment planté comme arbre d'ombrage ornemental et d'alignement, et dans les systèmes agroforestiers. En plantation, il nécessite des sols fertiles profonds et de l'eau en abondance.

10. Louppe D., Oteng-Amoako A.A., Brink, M. (Editeurs), 2008. Ressources végétales de l'Afrique tropicale 7(1). Bois d'œuvre 1. [Traduction de : Plant Resources of Tropical Africa 7(1). Timbers 1. 2008]. Fondation PROTA, Wageningen, Pays-Bas/Backhuys Publishers, Leiden, Pays-Bas/ CTA, Wageningen, Pays-Bas. 785 pp.

En Indonésie, *Khaya anthotheca* a été utilisé avec succès dans la méthode d'agroforesterie taungya<sup>11</sup>, générant des profits économiques des cultures associées (riz, maïs, arachide) dès la seconde année de la plantation des arbres.

\* *Khaya grandifoliola* est présent de la Guinée jusqu'au Soudan et en Ouganda. Cette espèce est parfois cultivée en plantation sur son aire naturelle de répartition, par exemple en Côte d'Ivoire et au Ghana. Elle est aussi utilisée en arbre d'alignement et comme arbre d'ombrage ornemental. En Ouganda, elle est utilisée pour la stabilisation des berges de rivière. Des plantations expérimentales ont également été mises en place en Indonésie.

\* *Khaya ivorensis* est présent de la Côte d'Ivoire jusqu'au Cameroun et au Cabinda (Angola), sans doute aussi en Guinée, au Liberia, en République centrafricaine, et au Congo. Sa culture en plantation est assez courante sur son aire naturelle de répartition, mais également en Asie du sud-est et en Amérique tropicale.

*Khaya ivorensis* est considérée comme l'une des plus importantes essences de bois d'œuvre pour les plantations, car elle

associe croissance rapide et bois de bonne qualité. Cette espèce est notamment utilisée au Ghana en plantation où son utilisation en reboisement est encouragée et promue auprès des petits planteurs et des communautés locales<sup>12, 13, 14</sup>.

\* *Khaya senegalensis* est naturellement présent depuis la Mauritanie et le Sénégal jusqu'au nord de l'Ouganda. Cette espèce est couramment plantée sur son aire de répartition naturelle, surtout comme arbre d'ornement et d'alignement, mais aussi en dehors de cette région, au Cap-Vert, en Tanzanie, au Malawi, à Madagascar, à la Réunion, en Egypte, en Afrique du Sud, en Inde, en Indonésie, au Vietnam, en Australie et en Amérique tropicale.

Au Vietnam, des plantations d'enrichissement dans les forêts claires ont été pratiquées avec succès. Dans les régions sèches du Sri Lanka, il est privilégié en plantations de bois d'œuvre depuis le milieu des années 1990.

En Australie (Northern Territory), les bois issus de plantations clonales ont fait l'objet d'études approfondies, mettant en évidence l'intérêt majeur de cette espèce en reboisement dans les régions tropicales sèches du pays<sup>15</sup>.

11. <https://www.fao.org/3/83131f/83131f03.htm>

12. Opuni-Frimpong E., Lartey Tekpetey S., Acheampong Owusu S., Darko Obiri B., Appiah-Kubi E., Opoku S., Yaa Nyarko-Duah N., Essien C., Mensah Opoku E., Storer Managing A.J., 2016. Managing Mahogany Plantations in the Tropics - Field Guide For Farmers. Published by CSIR-FORIG, Kumasi, Ghana, 106 p.

[https://www.itto.int/files/itto\\_project\\_db\\_input/2936/Technical/PD528-08Rev1%28F%29-Main-TechRep-Mahogany%20Book.pdf](https://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2936/Technical/PD528-08Rev1%28F%29-Main-TechRep-Mahogany%20Book.pdf)

13. Lartey Tekpetey S., Appiah-Kubi E., Essien C., Opuni-Frimpong E., Korang J., Pentsil S., Owusu F.W., 2009. Wood and Lumber Quality of Plantation Grown *Khaya ivorensis*. ITTO PD 528/08 Rev.1 (F) - Towards sustainable indigenous Mahogany production in Ghana: Phase II, refining the silviculture "tool kit" and practical training for industrial-foresters and community farmers, 90 p.

[https://www.itto.int/files/itto\\_project\\_db\\_input/2936/Technical/PD528-08Rev1\(F\)Technical-Report%20Plantation-Lumber-Qlty-vs.pdf](https://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2936/Technical/PD528-08Rev1(F)Technical-Report%20Plantation-Lumber-Qlty-vs.pdf)

14. Adubofour D., Opuni-Frimpong E., Adomako A. A., 2009. Provenance variation in two species of *Khaya* (*Khaya ivorensis* and *Khaya grandifoliola*) for growth and resistance to shoot borer in the wet evergreen forest zone of Ghana. PD 528/08 Rev.1 (F): Towards sustainable indigenous Mahogany production in Ghana: Phase II, refining the silviculture "tool kit" and practical training for industrial-foresters and community farmers, 10 p.

[https://www.itto.int/files/itto\\_project\\_db\\_input/2936/Technical/PD528-08Rev1\(F\)Technical-Paper-4-vs.pdf](https://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2936/Technical/PD528-08Rev1(F)Technical-Paper-4-vs.pdf)

15. Reilly D.F., Robertson R.M., 2006. Evaluation of the Wood Quality and Utilisation Potential of Plantation grown *Khaya senegalensis* (African Mahogany). Rapport d'étude, RIRDC Project DNT32A, 93 p.

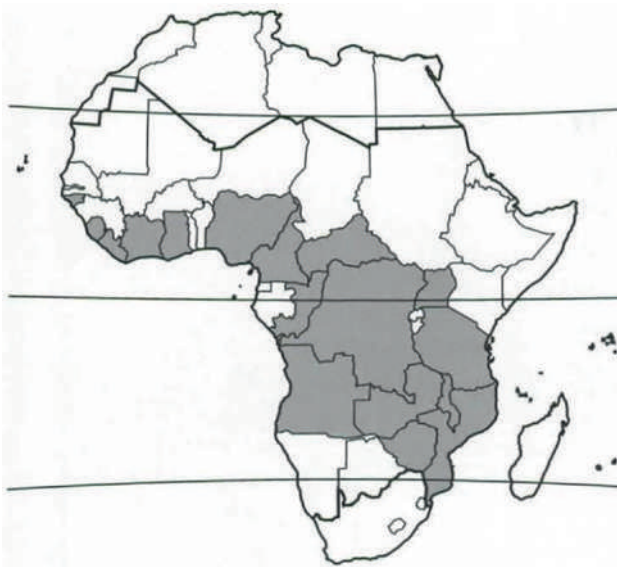
[https://www.nt.gov.au/data/assets/pdf\\_file/0017/227600/ib6.pdf](https://www.nt.gov.au/data/assets/pdf_file/0017/227600/ib6.pdf)



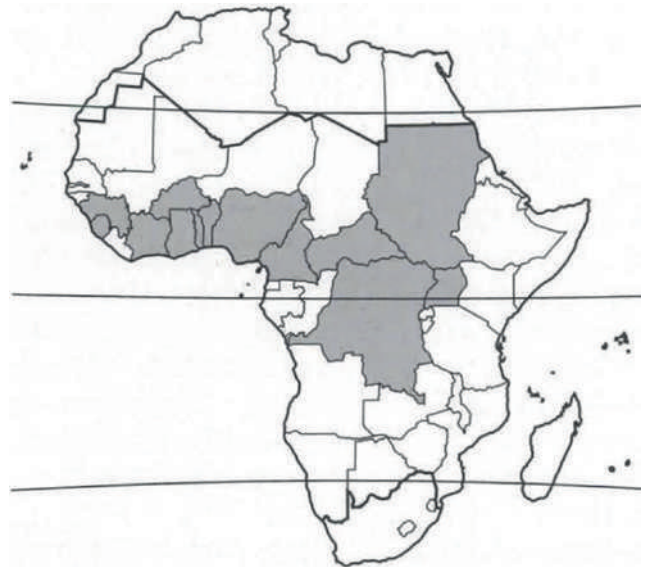


*Khaya senegalensis* – Agroforestal, Nicaragua (© E. Groutel - WALE 2023)

Les quatre cartes ci-après reprennent la distribution de chaque espèce par pays endémique (Prota 2008)<sup>16</sup>.



Distribution de *Khaya anthotheca*  
(forêt naturelle)

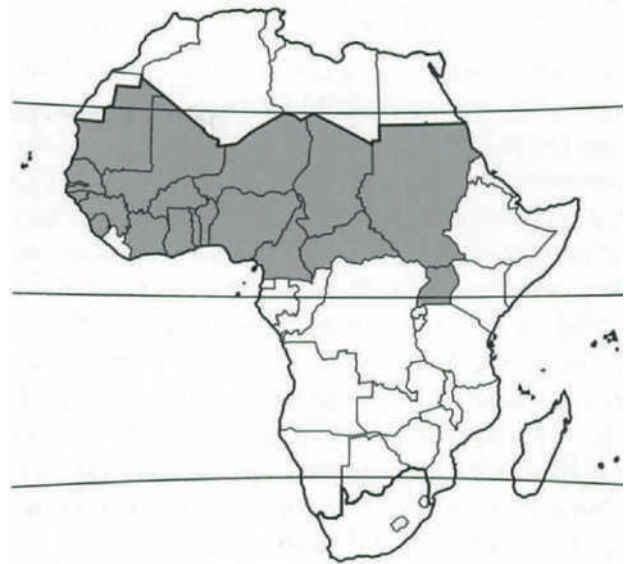


Distribution de *Khaya grandifoliola*  
(forêt naturelle)

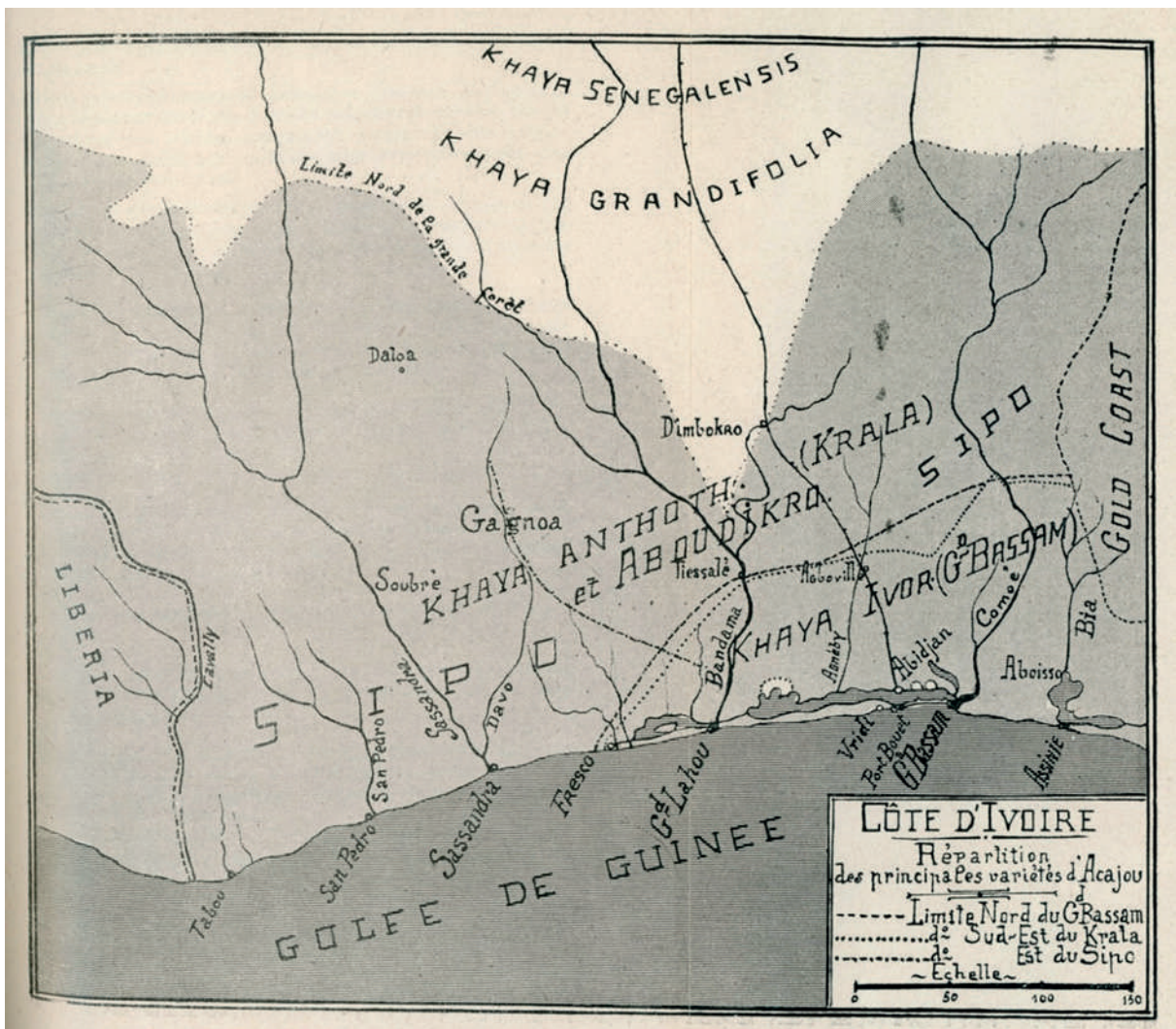
16. <https://prota.prota4u.org/protav8.asp?g=pe&p=Khaya+senegalensis>  
<https://prota.prota4u.org/protav8.asp?g=pe&p=Khaya%20anthotheca>  
<https://prota.prota4u.org/protav8.asp?g=pe&p=Khaya+ivorensis>  
<https://prota.prota4u.org/protav8.asp?g=pe&p=Khaya+grandifoliola>



Distribution de *Khaya ivorensis*  
(forêt naturelle)



Distribution de *Khaya senegalensis*  
(forêt naturelle)



Carte de répartition des principales variétés d'Acajou (Méniand, 1931<sup>17</sup>)

17. Méniand Jean, 1931. **Nos bois coloniaux**. Agence générale des colonies, 470 pages.  
<https://issuu.com/scduag/docs/gad12017-1>

## DESCRIPTION DES BOIS D'ACAJOU D'AFRIQUE ET PRINCIPALES PROPRIÉTÉS TECHNOLOGIQUES

Cette description est reprise de la synthèse très complète réalisée par Bouka Dipele et al. (2019).

Les bois des Acajous africains sont de couleur brun rosé, plus ou moins rouge à l'abattage. Leurs propriétés physiques et mécaniques sont proches de celles des *Swietenia* américains.

Comme pour les caractères morphologiques, les caractères anatomiques et les propriétés des bois d'Acajous d'Afrique diffèrent selon les espèces, avec un recouvrement plus ou moins important.

Le bois de *K. anthotheca* serait moins coloré que celui de *K. ivorensis*, la seule espèce qui donne des bois figurés. Cependant, la différence de couleur du bois de ces deux espèces fait l'objet de controverses.

La densité du bois des Acajous d'Afrique varie de 0,42 à 0,90.

Le tableau ci-après, repris de Bouka Dipele et al. (2019), présente les principales caractéristiques botaniques et les principales propriétés physiques et mécaniques du bois des *Khaya* d'Afrique continentale (les sources des informations mentionnées dans ce tableau sont dans l'article original).

CARACTERES	<i>Khaya ivorensis</i>	<i>Khaya anthotheca</i>	<i>Khaya grandifoliola</i>	<i>Khaya senegalensis</i>
<b>Dimensions</b>				
Hauteur maximale (m)	60	55 (65)	45	35
Diamètre maximal du tronc (cm)	200 (250)	250 (500)	150	150 (200)
<b>Tronc</b>				
Base	Empattements ou contreforts épais, peu élevés (2,5 m)	Larges contreforts s'élevant à 3-4 m de hauteur	Contreforts larges, peu élevés	Empattements ou épaissements
Conformation	Très droite	Plus ou moins sinueuse	Généralement sinueuse	Courte et tortueuse
Couleur de l'écorce	Brune	Gris blanchâtre	Gris pâle à brun grisâtre	Brunâtre à gris foncé
Rhytidome	Légèrement rugueux, s'exfoliant en écailles subcirculaires en laissant des taches brunes	Lisse, s'exfoliant en écailles circulaires laissant une surface grêlée brun jaunâtre	Rugueuse, lisse vers le haut du tronc, tavelée de dépressions superficielles	Initialement lisse, mais devenant écailleuse, à minces écailles arrondies
<b>Bois</b>				
Couleur	Brun rose pâle à rouge clair, parfois figuré	Brun rosé à rouge foncé	Brun rosé à brun rougeâtre	Brun rosé à brun rougeâtre, violacée
Densité moyenne à 12% d'humidité* (kg/m <sup>3</sup> )	(420-) 488 (-570)	(490-) 551 (-660)	(560-) 658 (-770)	(620-) 780 (-900)
Dureté (Chalais-Meudon)*	(1,3-) 1,65 (2,2)	(2,3-) 2,63 (-2,9)	(3,3-) 3,68 (-4,5)	(3,5-) 5,9 (-8,0)
Flexion statique (kg/cm <sup>2</sup> )	861 - 1 187	1 008 - 1 130	1 107 - 1 344	827 - 1 528
Compression de fil (kg/cm <sup>2</sup> )	364 - 481	454 - 536	532 - 588	456 - 734

\* : valeurs extrêmes entre parenthèses et valeur moyenne au centre

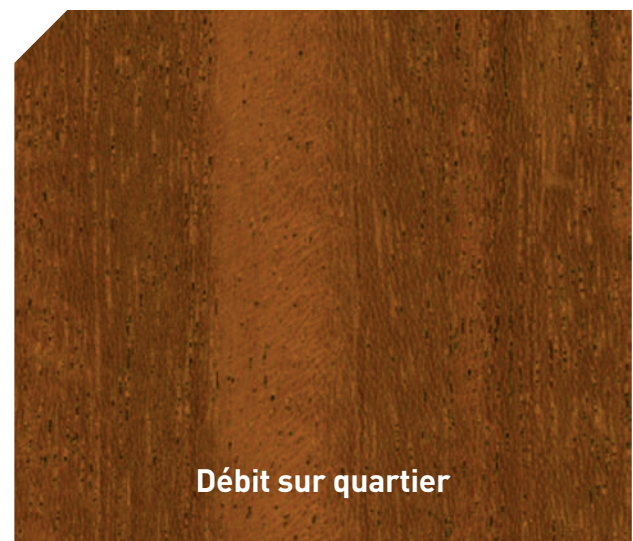
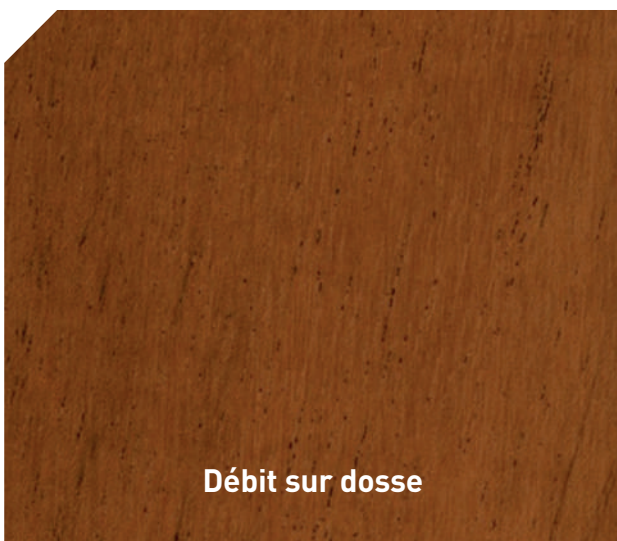
*Khaya anthotheca*



*Khaya senegalensis*



*Swietenia macrophylla*



Pour les 6 photos précédentes : © D. Guibal, CIRAD-BioWooEB

## INSCRIPTION DES ESPÈCES DU GENRE *Khaya* EN ANNEXE II DE LA CITES

En novembre 2022, lors de la COP 19 à Panama<sup>18</sup>, la CITES a décidé d'ajouter plusieurs essences de bois en annexe II, générant ainsi des contraintes pour leur commercialisation.

Parmi les genres botaniques d'Afrique concernés avec un délai de mise en application de 90 jours, on trouve les espèces du genre *Khaya* (*Khaya* spp.), c'est-à-dire l'Acajou d'Afrique, l'Acajou Cailcédrat et l'Acajou Umbaua.

En particulier pour les essences africaines telles que les *Khaya*, de nouvelles obligations pèsent pour tous les bateaux expédiés à compter du 23 février 2023, avec notamment l'obligation de disposer d'un permis d'exportation du pays d'origine.

Les importations au sein de l'Union européenne nécessiteront la délivrance de permis d'importation avec une date d'application qui reste à préciser, vraisemblablement mi-avril 2024 (ATIBT 2023<sup>19</sup>).

Pour les espèces du genre *Khaya*, seules les populations d'Afrique sont concernées, les peuplements naturels et les plantations. Les plantations d'Asie du sud-est, d'Amérique du sud et d'Océanie ne sont pas touchées par ces mesures restrictives.

Dans l'Annexe II, le groupe *Khaya* spp. est associé au renvoi #17 qui signifie que les grumes, les bois sciés, les placages, les contreplaqués et le bois transformé sont concernés par les mesures CITES.

L'inscription des *Khaya* en annexe II de la CITES a suscité beaucoup d'incompréhensions, en particulier pour les peuplements d'Afrique centrale qui ne sont pas surexploités ni en danger, sachant que les pays proposant à la COP 19 ont été les pays d'Afrique de l'Ouest, Bénin, Côte d'Ivoire, Libéria, Sénégal, ainsi que l'Union européenne (CITES, 2022<sup>20</sup>).

## LE MARCHÉ INTERNATIONAL DES ACAJOURS D'AFRIQUE

Au-delà des marchés locaux et régionaux, les Acajous d'Afrique sont régulièrement exportés, principalement du Cameroun mais aussi du Ghana, même si les volumes concernés restent limités.

Les USA sont les principaux destinataires des sciages d'Acajou, avec un volume importé de 9 000 à 10 000 m<sup>3</sup> en 2020 puis en 2021<sup>21</sup>.

La République de Corée, l'Espagne, la France, la Suède, Chypre sont ensuite les

principaux pays importateurs de grumes, sciages et placages d'Acajou, mais dans des volumes moindres que les USA, de quelques centaines à quelques milliers de m<sup>3</sup> par an<sup>21</sup>.

Ces pays sont aussi ré-exportateurs de ces mêmes produits.

Certaines plantations d'Acajous africains mises en place en Afrique mais aussi dans d'autres régions tropicales, plantations principalement de *K. ivorensis*, *K. senegalensis*, et

18. Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora, Nineteenth meeting of the Conference of the Parties Panama City (Panama), 14 - 25 November 2022, Consideration of Proposals for Amendment of Appendices I and II <https://cites.org/sites/default/files/documents/F-CoP19-Prop-51.pdf>

19. FAQ CITES (23/02/2023) [https://www.atibt.org/files/upload/news/CITES/FAQ\\_CITES\\_20230223\\_V2.pdf](https://www.atibt.org/files/upload/news/CITES/FAQ_CITES_20230223_V2.pdf)

20. CITES CoP19 Prop. 51, 2022. Consideration of Proposals for Amendment of Appendices I and II, 28 p. <https://cites.org/sites/default/files/documents/F-CoP19-Prop-51.pdf>

21. OIBT, 2023. Revue biennale et évaluation de la situation mondiale des bois 2021-2022. 199p. [https://www.itto.int/fr/annual\\_review/](https://www.itto.int/fr/annual_review/)

*K. grandifoliola*, et dans une moindre mesure de *K. anthotheca*, arrivent aujourd'hui à maturité et leurs bois commencent à être mis en marché.

Ainsi, les plantations brésiliennes de *K. ivorensis* sont mises aujourd'hui en production et influencent le marché de cette essence. Les producteurs brésiliens ont investi sur cette espèce qui constitue une bonne alternative aux *Swietenia*, notamment depuis l'inscription de ces espèces en annexe II de la CITES alors que les plantations de *Khaya* en dehors de leur aire naturelle de répartition (Afrique) ne sont pas touchées par cette inscription (cf. section précédente).

Au Brésil, plus de 65 000 ha d'Acajou d'Afrique ont été planté dans les États de Roraima, Minas Gerais, São Paulo, Goiás, Espírito Santo et Mato Grosso do Sul : 42 000 ha de *K. grandifoliola*, 23 000 ha de *K. senegalensis*, 800 ha de *K. anthotheca* et environ 500 hectares de *K. ivorensis*.

Environ 45 000 hectares de plantations arrivent aujourd'hui à un âge d'exploitation pour alimenter le marché national (bois d'éclaircie) mais aussi à des fins d'exportation (bois plus matures, de plus de 20 ans), notamment vers les Caraïbes<sup>22</sup>.



**Avivés de *Khaya ivorensis* - CBG, Port Gentil, Gabon (© E. Groutel, WALE)**

22. ITTO, 2023. Tropical Timber Market Report - Volume 27 Number 5 1<sup>st</sup> - 15h March 2023. [https://www.atibt.org/files/upload/news/ITTO/MIS\\_1-15\\_Mar2023.pdf](https://www.atibt.org/files/upload/news/ITTO/MIS_1-15_Mar2023.pdf)



*Avivés de Khaya senegalensis - Agroforestal, Nicaragua (© E. Groutel, WALE)*

## USAGES ET UTILISATIONS

Les espèces du genre *Khaya* sont exploitées industriellement pour leur bois depuis près de 200 ans du fait de leurs propriétés esthétiques (couleur, figuration), de leurs bonnes caractéristiques physiques (stabilité, faibles retraits de séchage) et de leur usinabilité.

Les similitudes entre leur bois et celui des espèces du genre *Swietenia*, les Acajous américains exploités depuis 500 ans, ont fortement contribué à la renommée de ces espèces et au fait qu'elles soient appréciées et recherchées.

Elles sont aussi largement employées dans la pharmacopée traditionnelle dans le traitement de nombreuses maladies (CTFT 1979<sup>23</sup>, 1988<sup>24</sup>).

Dans les zones de production, le bois est traditionnellement utilisé pour fabriquer des pirogues monoxyles, des manches, des échelles, des bibelots, et en constructions légères.

Les Acajous sont particulièrement appréciés en ébénisterie, pour la fabrication de meubles, de boîtes et de coffrets décoratifs, et pour les placages.

23. CTFT (Centre technique forestier tropical), 1979. Acajou d'Afrique. Bois et Forêts des Tropiques, 183 : 33-48 <http://revues.cirad.fr/index.php/BFT/article/view/19394>

24. CTFT (Centre technique forestier tropical), 1988. *Khaya senegalensis* (Desr.) A. Juss. Bois et Forêts des Tropiques, 218 : 43-56. <https://revues.cirad.fr/index.php/BFT/article/view/19581>

Ils sont aussi couramment utilisés pour les encadrements de fenêtres, les panneaux, les portes et les escaliers.

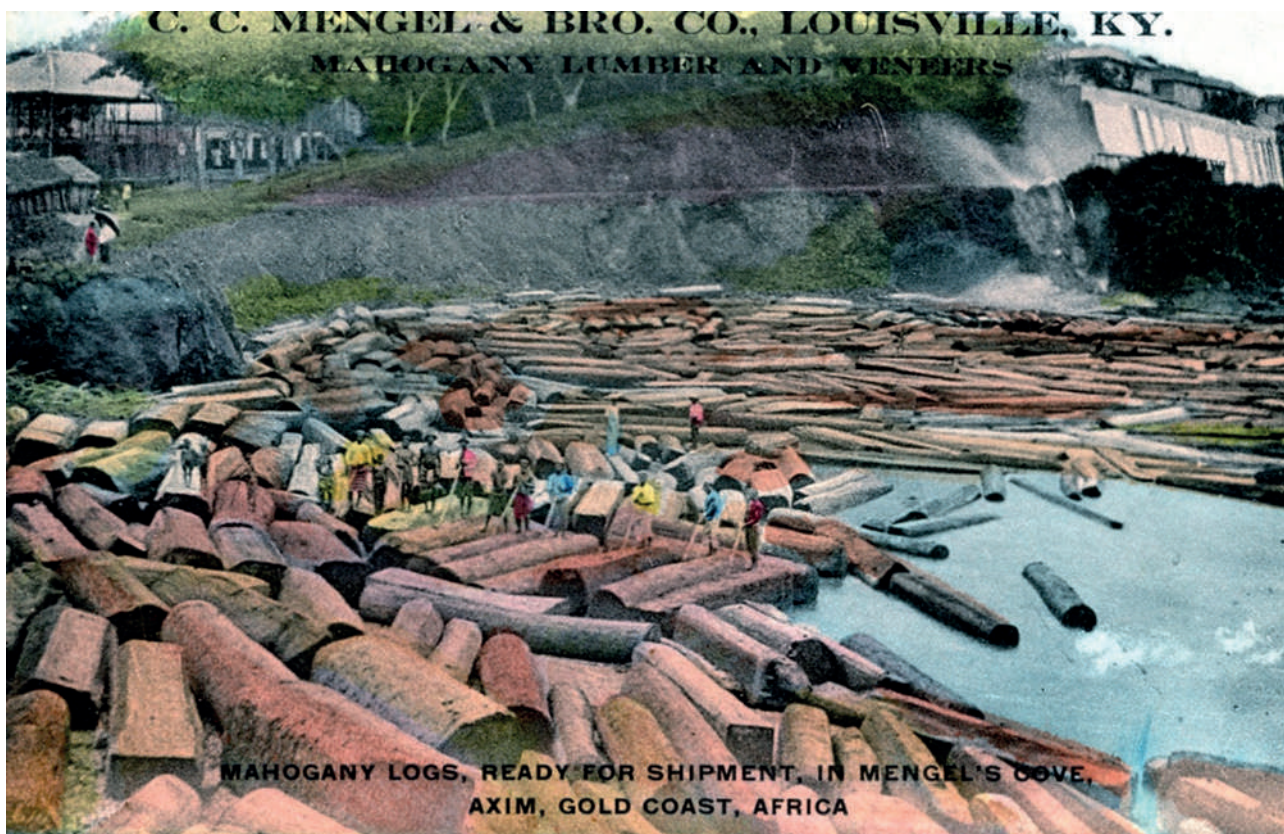
Ils conviennent pour les revêtements de sol légers, la construction navale, les articles de sport, les instruments de musique, les jouets, les outils de précision, la sculpture, et le tournage.

Les meilleures qualités d'Acajou sont particulièrement recherchées pour la fabrication des fonds ou des éclisses des guitares acoustiques du fait de leurs très bonnes caractéristiques acoustiques, mais aussi de toutes les autres pièces qui constituent ces instruments.



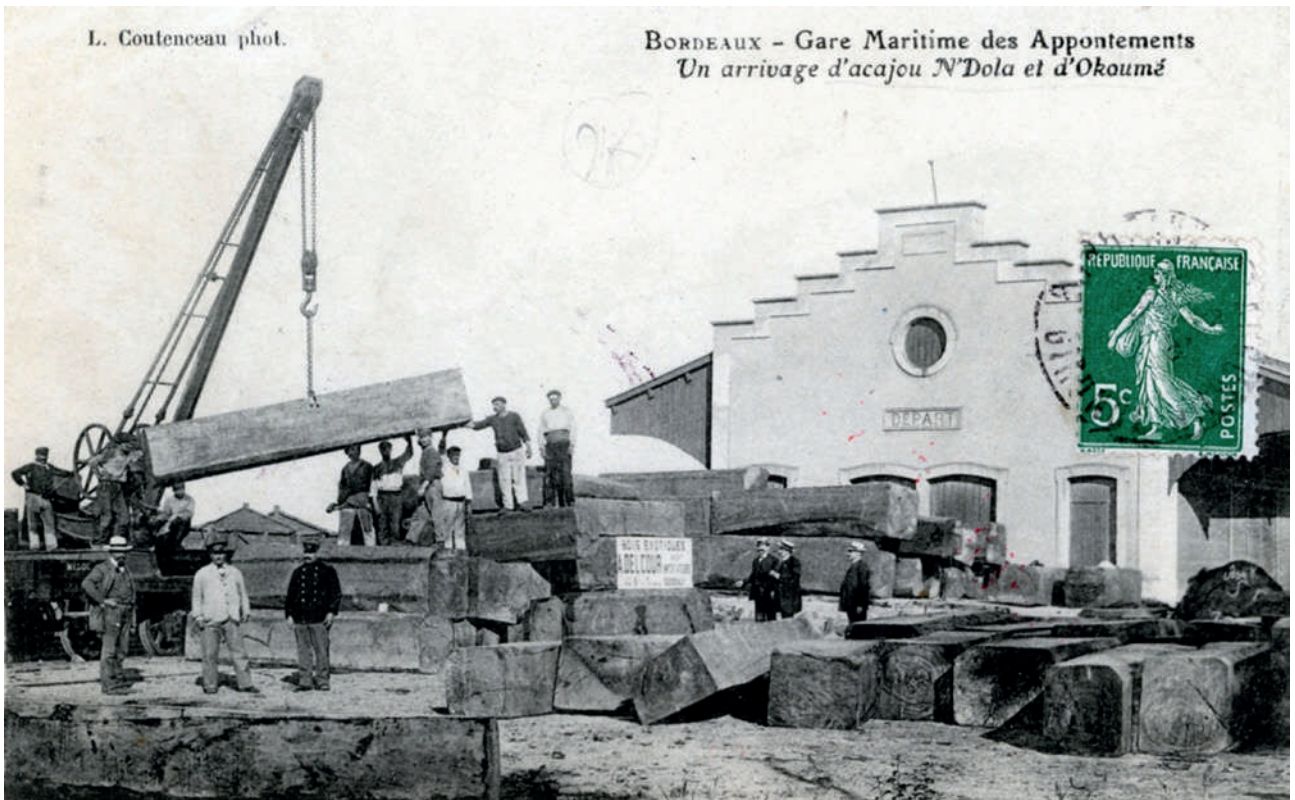
*Ossature en Khaya senegalensis - Agroforestal, Nicaragua (© E. Groutel, WALE)*



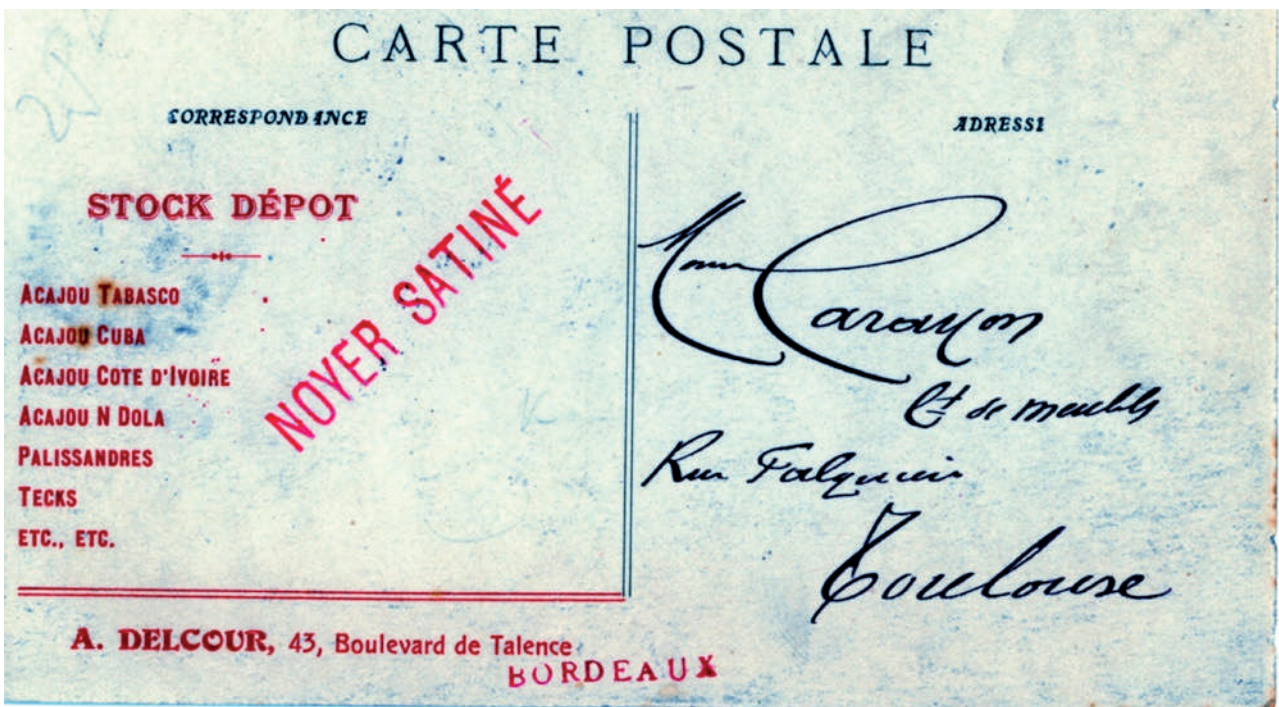


*Grumes d'Acajou du Ghana (Gold Coast) prêtes pour expédition aux USA  
(Illustrations fournies par Benoît Gomet, France Timber - Reproduction interdite)*

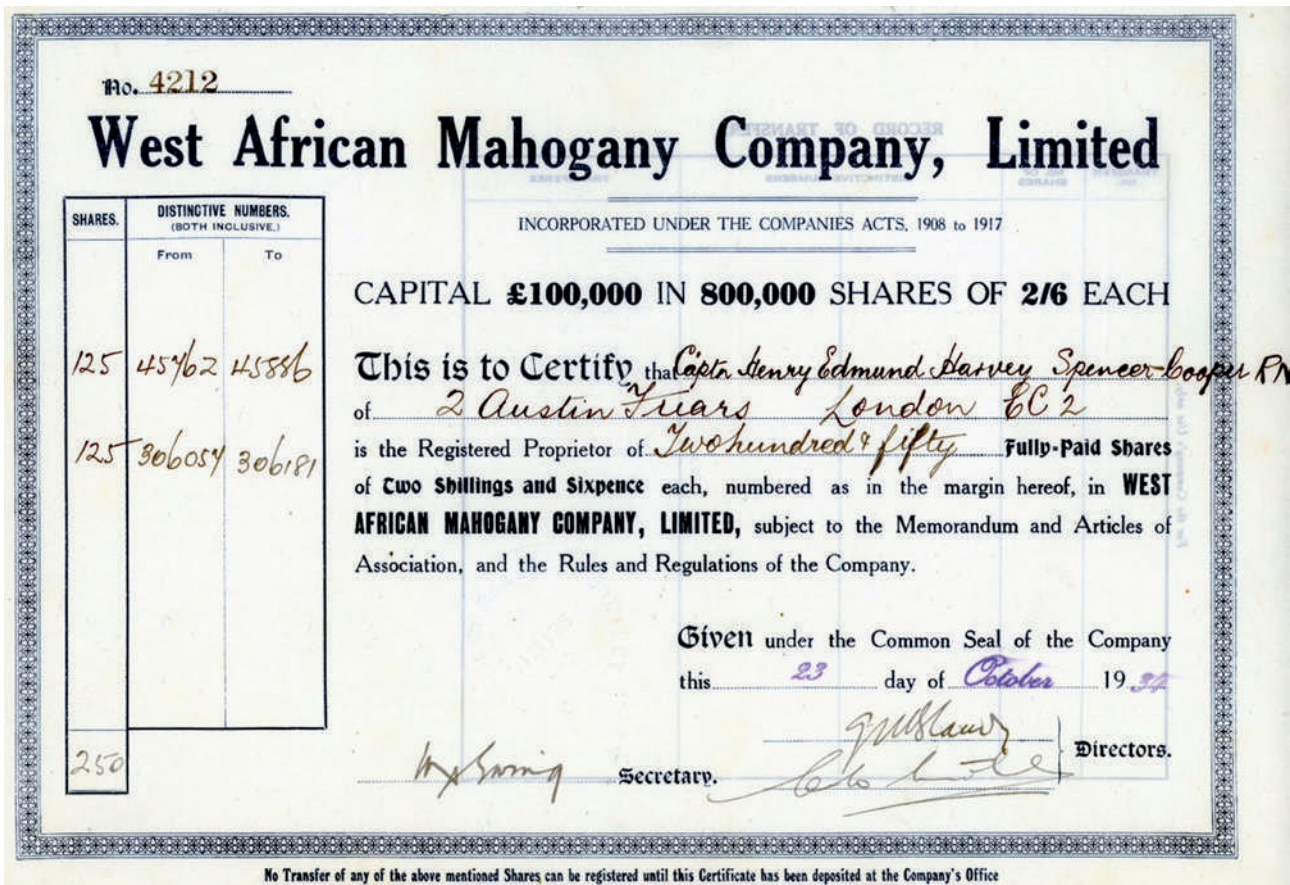




*Recto de la carte postale*  
*Illustrations fournies par Benoît Gomet, France Timber - Reproduction interdite*



*Verso de la carte postale*



Illustrations fournies par Benoît Gomet, France Timber - Reproduction interdite



## BIBLIOGRAPHIE

Adubofour D., Opuni- Frimpong E., Adomako A. A., 2009. Provenance variation in two species of Khaya (*Khaya ivorensis* and *Khaya grandifoliola*) for growth and resistance to shoot borer in the wet evergreen forest zone of Ghana. PD 528/08 Rev.1 (F): Towards sustainable indigenous Mahogany production in Ghana: Phase II, refining the silviculture “tool kit” and practical training for industrial-foresters and community farmers, 10 p.

[https://www.itto.int/files/itto\\_project\\_db\\_input/2936/Technical/PD528-08Rev1\(F\)Technical-Paper-4-vs.pdf](https://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2936/Technical/PD528-08Rev1(F)Technical-Paper-4-vs.pdf)

ATIBT, 2016. Nomenclature générale des bois tropicaux. 7<sup>ème</sup> édition français/anglais, 153 pages.

<https://www.atibt.org/files/upload/Nomenclature-Generale-des-Bois-Tropicaux-7eme-edition.pdf>

ATIBT, 2023. FAQ CITES (23/02/2023)

[https://www.atibt.org/files/upload/news/CITES/FAQ\\_CITES\\_20230223\\_V2.pdf](https://www.atibt.org/files/upload/news/CITES/FAQ_CITES_20230223_V2.pdf)

Bouka Dipelet G. U., 2017. Structuration de la biodiversité des forêts africaines et changements climatiques : une étude à travers le genre *Khaya* (Meliaceae). Thèse de Doctorat, Ecole doctorale Gaïa, Spécialité : Écologie, Évolution, Ressources Génétique, Paléobiologie ; Unité de recherche CEFE/F&S, CIRAD ; Université de Montpellier, 347 pages. <https://theses.fr/en/2017MONTT165>

Bouka Dipelet G.U., Doumenge C., Ekué M.R.M., Dainou K., Florence J., Degen B., Loumeto J.J., McKey D., Hardy O.J., 2022. *Khaya* revisited: Genetic markers and morphological analysis reveal six species in the widespread taxon *K. anthotheca*. *Taxon*, Volume 71, Issue 4, 1-19.

<https://doi.org/10.1002/tax.12720>

Bouka Dipelet U. G., Doumenge C., Loumeto J. J., Florence J., Gonmadje C., McKey D., 2019. Des confusions entre espèces préjudiciables à la gestion durable des essences forestières : l'exemple des acajous d'Afrique (*Khaya*, Meliaceae). *Bois et Forêts des Tropiques*, 339 : 17-32.

<https://doi.org/10.19182/bft2019.339.a31714>

CITESCoP19Prop.51, 2022. Consideration of Proposals for Amendment of Appendices I and II, 28p.

<https://cites.org/sites/default/files/documents/F-CoP19-Prop-51.pdf>

Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora, Nineteenth meeting of the Conference of the Parties Panama City (Panama), 14 - 25 November 2022, Consideration of Proposals for Amendment of Appendices I and II

<https://cites.org/sites/default/files/documents/F-CoP19-Prop-51.pdf>

CTFT (Centre technique forestier tropical), 1979. Acajou d'Afrique. *Bois et Forêts des Tropiques*, 183 : 33-48

<http://revues.cirad.fr/index.php/BFT/article/view/19394>

CTFT (Centre technique forestier tropical), 1988. *Khaya senegalensis* (Desr.) A. Juss. *Bois et Forêts des Tropiques*, 218 : 43-56.

<https://revues.cirad.fr/index.php/BFT/article/view/19581>

ITTO, 2023. Tropical Timber Market Report - Volume 27 Number 5 1<sup>st</sup> – 15h March 2023.

[https://www.atibt.org/files/upload/news/ITTO/MIS\\_1-15\\_Mar2023.pdf](https://www.atibt.org/files/upload/news/ITTO/MIS_1-15_Mar2023.pdf)

Lartey Tekpetey S., Appiah-Kubi E., Essien C., Opuni-Frimpong E., Korang J., Pentsil S., Owusu F.W., 2009. Wood and Lumber Quality of Plantation Grown *Khaya ivorensis*. ITTO PD

528/08 Rev.1 (F) - Towards sustainable indigenous Mahogany production in Ghana: Phase II, refining the silviculture "tool kit" and practical training for industrial-foresters and community farmers, 90 p.

[https://www.itto.int/files/itto\\_project\\_db\\_input/2936/Technical/PD528-08Rev1\(F\)Technical-Report%20Plantation-Lumber-Qlty-vs.pdf](https://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2936/Technical/PD528-08Rev1(F)Technical-Report%20Plantation-Lumber-Qlty-vs.pdf)

Latham B., 1957. Timber - A Historical Survey of Its Development and Distribution. Edit. George G. Harrap & Co., London, 303 p.

Loupe D., Oteng-Amoako A.A., Brink, M. (Editeurs), 2008. Ressources végétales de l'Afrique tropicale 7(1). Bois d'oeuvre 1. [Traduction de : Plant Resources of Tropical Africa 7(1). Timbers 1. 2008]. Fondation PROTA, Wageningen, Pays-Bas/Backhuys Publishers, Leiden, Pays-Bas/ CTA, Wageningen, Pays-Bas. 785 pp.

[https://www.itto.int/files/itto\\_project\\_db\\_input/2527/Technical/F-PD-264-04-R3-M-Timbers-1-1.pdf](https://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2527/Technical/F-PD-264-04-R3-M-Timbers-1-1.pdf)

Méniard Jean, 1931. Nos bois coloniaux. Agence générale des colonies, 470 pages.

<https://issuu.com/scduag/docs/gad12017-1>

OIBT, 2023. Revue biennale et évaluation de la situation mondiale des bois 2021-2022. 199p.

[https://www.itto.int/fr/annual\\_review/](https://www.itto.int/fr/annual_review/)

Opuni-Frimpong E., Lartey Tekpetey S., Acheampong Owusu S., Darko Obiri B., Appiah-Kubi E., Opoku S., Yaa Nyarko-Duah N., Essien C., Mensah Opoku E., Storer Managing A.J., 2016. Managing Mahogany Plantations in the Tropics - Field Guide for Farmers. Published by CSIR-FORIG, Kumasi, Ghana, 106 p.

[https://www.itto.int/files/itto\\_project\\_db\\_input/2936/Technical/PD528-08Rev1%28F%29-Main-TechRep-Mahogany%20Book.pdf](https://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2936/Technical/PD528-08Rev1%28F%29-Main-TechRep-Mahogany%20Book.pdf)

Reilly D.F., Robertson R.M., 2006. Evaluation of the Wood Quality and Utilisation Potential of Plantation grown *Khaya senegalensis* (African Mahogany). Rapport d'étude, RIRDC Project DNT32A, 93 p. [https://www.nt.gov.au/data/assets/pdf\\_file/0017/227600/ib6.pdf](https://www.nt.gov.au/data/assets/pdf_file/0017/227600/ib6.pdf)

## WEBOGRAPHIE

<https://africanplantdatabase.ch/fr/nomen/genus/191809/khaya-a-juss>

<https://prota.prota4u.org/protav8.asp?g=pe&p=Khaya%20anthotheca>

<https://prota.prota4u.org/protav8.asp?g=pe&p=Khaya+ivorensis>

<https://prota.prota4u.org/protav8.asp?g=pe&p=Khaya+senegalensis>

<https://prota.prota4u.org/protav8.asp?g=pe&p=Khaya+grandifoliola>

<https://www.fao.org/3/83131f/83131f03.htm>

<https://www.wood-database.com/wp-content/uploads/mahogany-families.pdf>

**Document réalisé par la Commission Matériau Bois & Normalisation de l'ATIBT par MM. Jean Gérard / CIRAD (Secrétaire), Emmanuel Groutel / WALE (Président), par Benoît Gomet (France Timber) et par Patrick Langbour (CIRAD).**

**Mai 2024**



Fair&Precious recommande  
l'achat de bois tropical certifié  
FSC® et PEFC-PAFC.