

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)



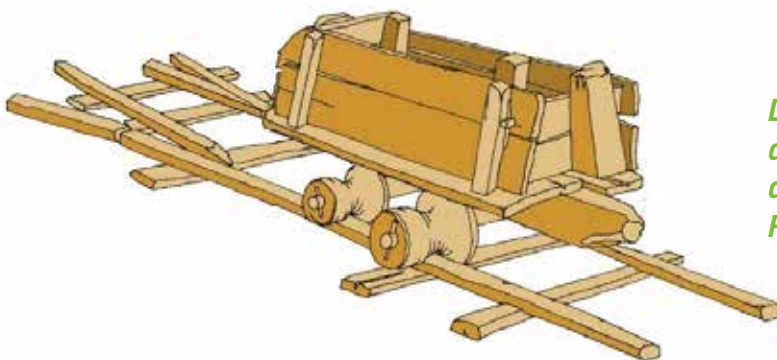
Traverses en Azobé (Photo Emmanuel Groutel, WALE, Gabon)

PRÉAMBULE

Le développement des chemins de fer à partir du 19^{ème} 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^{ème} 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^{ème} 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
Renaissance¹*

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, Itacuatira, 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 [*sleeper² 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

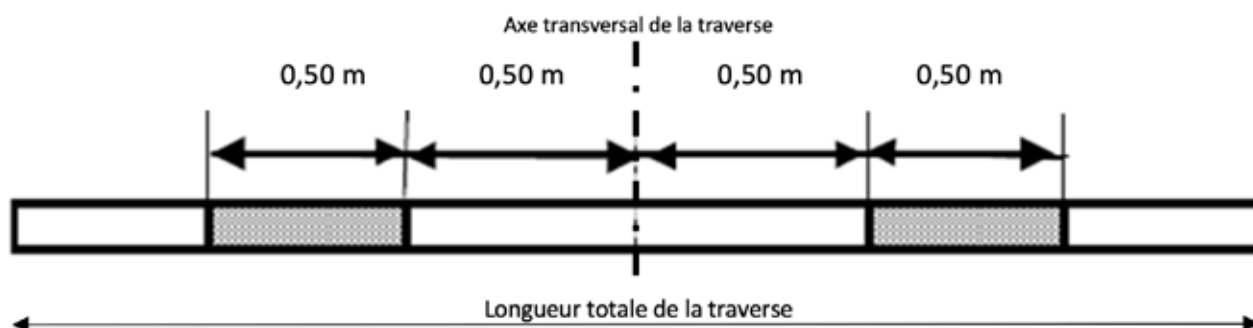
Les descriptifs qui suivent reprennent pour partie ou de façon synthétique ceux du document [SNCF 2018] qui constitue la source-référence.

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).

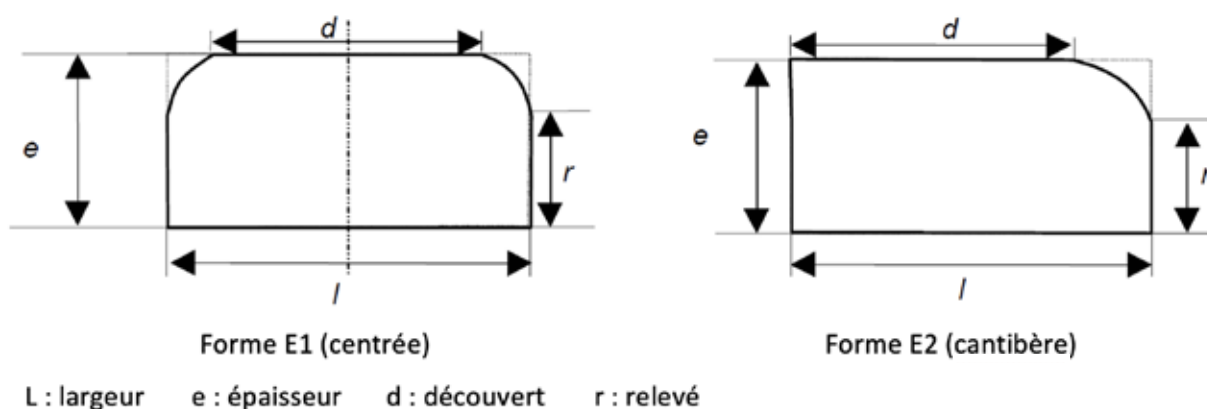


* Surface d'appui des bois pour supports d'appareils de voie

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].

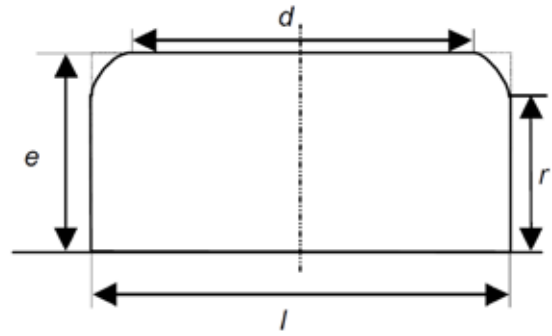
2.1.3. Section des supports d'appareils de voie

* 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 :



L : largeur e : épaisseur d : découvert r : relevé

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 2nd plan) (photo Stéphane Glannaz, Mil Madeiras Preciosas Ltd - Precious Woods Amazonas, Itacatiara, 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 : ± 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.

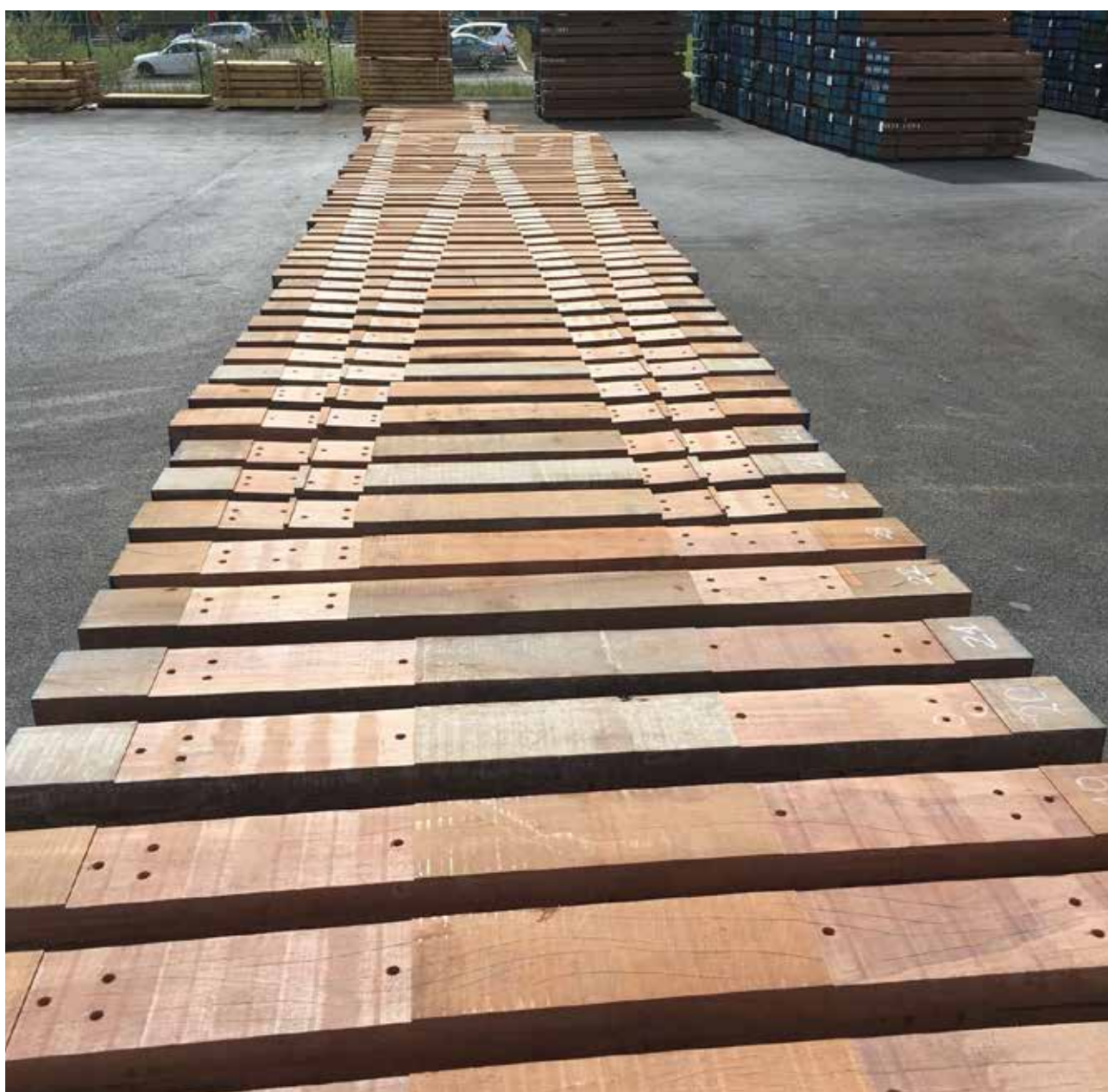
Les préconisations du tableau ci-dessous reprennent, parfois après adaptation, celles mentionnées dans les documents [AFNOR 2011] et [SNCF 2018].

DEFAUT	TOLERANCES
Aubier sain (aubier altéré exclu)	<p>Préconisations France / SNCF [SNCF 2018]</p> <ul style="list-style-type: none"> * Aubier admis sans limite pour les traverses. * 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. * 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.
	<p>Préconisations norme européenne EN 13145</p> <ul style="list-style-type: none"> * 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. * Pour les feuillus tempérés, aubier toléré.

Fil	Préconisation norme européenne EN 13145 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	Préconisations France / SNCF [SNCF 2018] Tolérés exceptés nœuds tranchants (nœuds apparaissant sur la face et sur la rive d'un avivé)
	Préconisation norme européenne EN 13145 * 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	Préconisations France / SNCF [SNCF 2018] 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.
	Préconisations norme européenne EN 13145 * 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	Préconisations France / SNCF [SNCF 2018] Voir section 2.1.8. Tolérances dimensionnelles
	Préconisations norme européenne EN 13145 * 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	Préconisations France / SNCF [SNCF 2018] Voir section Tolérances dimensionnelles
	Préconisations norme européenne EN 13145 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, vermouleurs	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

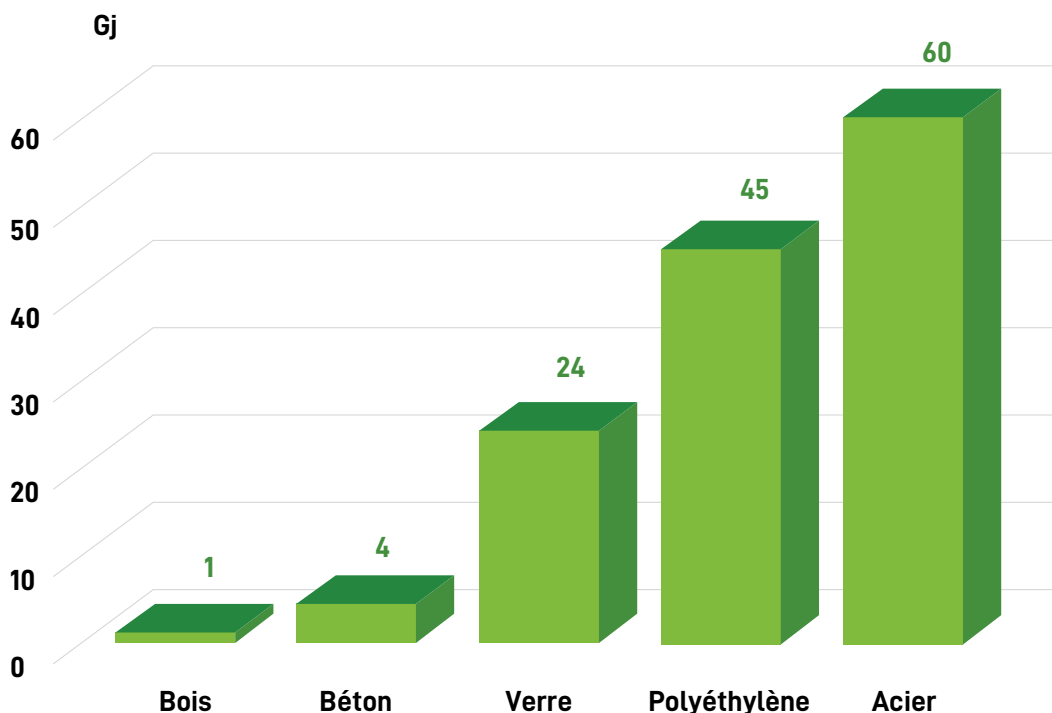
4.1. LE BOIS, UN ÉCO-MATÉRIAU CAPTEUR DE CARBONE ET PEU ÉNERGIVORE

Le bois est un écomatériau constitué en moyenne de 50 % de carbone (en masse) provenant du CO₂ 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 CO₂ atmosphérique

- La production d'un m³ de bois est associée à la captation d'une tonne de CO₂ atmosphérique.
- Le bois est le seul matériau dont la fabrication et la mise en œuvre sont associées à un bilan de production de CO₂ négatif dans l'atmosphère.
- Lorsque la forêt produit 1 m³ 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 CO₂ contenu dans 2 600 m³ d'air (2 600 m³ 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 CO₂.

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



Énergie 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 moyenne³ supérieure à 0,75⁴, cette densité moyenne étant le plus souvent supérieure à 0,85 (graphique 1). Ces bois, pour la plupart lourds à très lourds⁵, présentent corrélativement des caractéristiques mécaniques élevées.

3. Déterminée à 12 % d'humidité

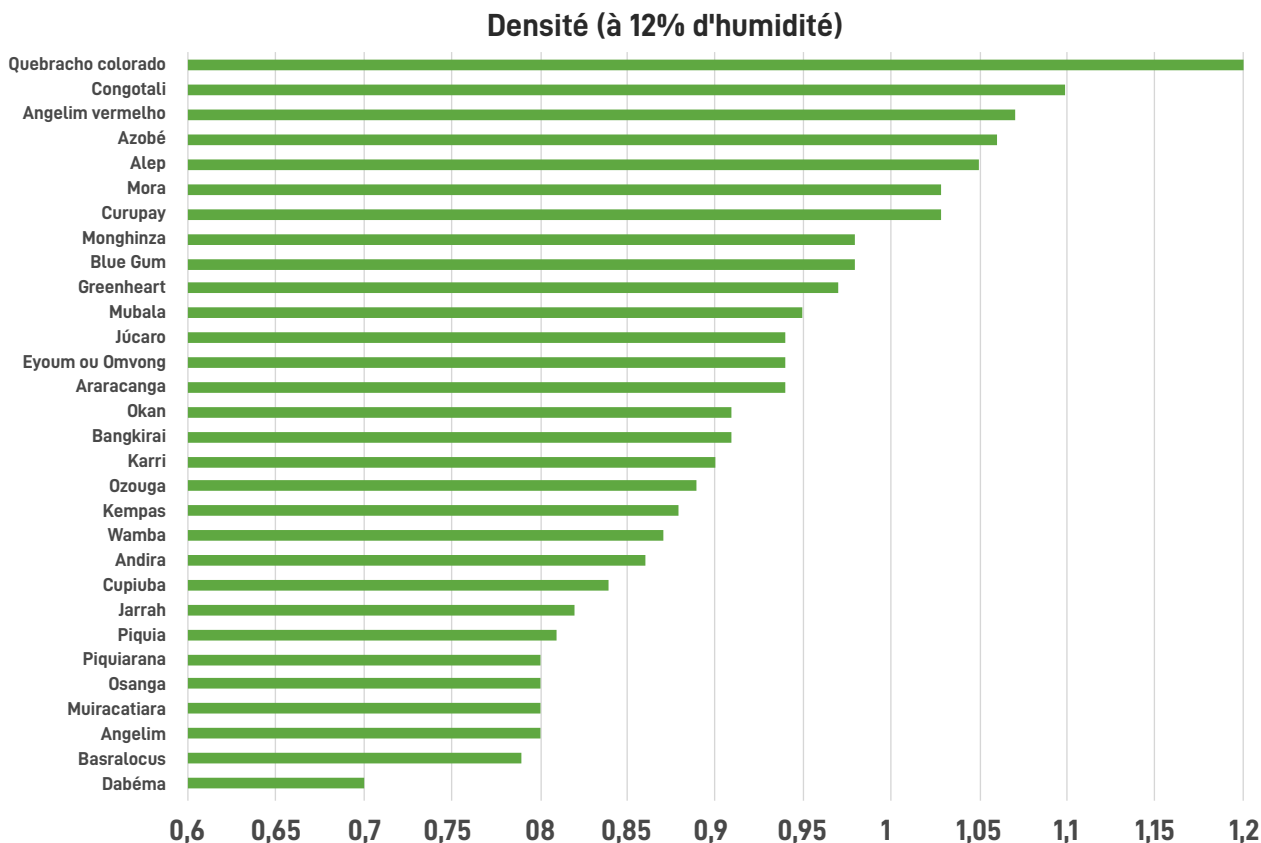
4. Parmi ces bois, le Bilinga est celui dont la densité moyenne est la plus basse : 0,76

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 2021⁶).

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^{ère} partie de l'annexe 1, celle des classes d'emploi est donnée en 2^{ème} 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 :2016⁷.

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 ⁽¹⁾	Oui	Oui	Oui	Oui
2	Oui	Oui	Oui	Oui mais	Oui mais
3	Oui	Oui	Oui mais	Au cas par cas ⁽³⁾	Au cas par cas
4	Oui	Oui mais ⁽²⁾	Non mais ⁽⁴⁾	Non ⁽⁵⁾	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'emploi⁸.

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 ⁹	Origine	Commentaires
Chêne européen	<i>Quercus robur</i> <i>Quercus petraea</i> <i>Quercus pubescens</i>	0,74	Tempérée	Mentionné dans la norme EN 13145
Chênes blancs américains	<i>Quercus alba</i> <i>Quercus lobata</i> <i>Quercus michauxii</i>	0,73	Tempérée	
Douglas	<i>Pseudotsuga menziesii</i>	0,54	Tempérée	Mentionné dans la norme EN 13145
Hêtre	<i>Fagus sylvatica</i>	0,71	Tempérée	Mentionné dans la norme EN 13145
Mélèze	<i>Larix p.p.</i>	0,60	Tempérée	Mentionné dans la norme EN 13145
Pin laricio	<i>Pinus nigra</i>	0,58	Tempérée	Mentionné dans la norme EN 13145
Pin maritime¹⁰	<i>Pinus pinaster</i>	0,55	Tempérée	Mentionné dans la norme EN 13145
Pin parasol¹⁰	<i>Pinus pinea</i>	0,58	Tempérée	Mentionné dans la norme EN 13145
Pin sylvestre	<i>Pinus sylvestris</i>	0,55	Tempérée	Mentionné dans la norme EN 13145
Andira	<i>Andira coriacea</i> <i>Andira inermis</i> <i>Andira parviflora</i> <i>Andira p.p.</i>	0,86	Amérique du sud	
Angelim (= Angelim pedra)	<i>Hymenolobium elatum</i> <i>Hymenolobium excelsum</i> <i>Hymenolobium petraeum</i> <i>Hymenolobium p.p.</i>	0,80	Amérique du sud	
Cupiuba	<i>Goupia glabra</i>	0,84	Amérique du sud	
Dabéma	<i>Piptadeniastrum africanum</i>	0,70	Afrique	
Piquia	<i>Caryocar nuciferum</i> <i>Caryocar villosum</i> <i>Caryocar p.p.</i>	0,81	Amérique du sud	
Piquiarana	<i>Caryocar glabrum</i>	0,80	Amérique du sud	
Blue Gum	<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 ⁹	Origine	Commentaires
Alep	<i>Desbordesia glaucescens</i>	1,05	Afrique	Aubier épais
Angelim vermelho	<i>Dinizia excelsa</i>	1,07	Amérique du sud	
Araracanga	<i>Aspidosperma album</i> <i>Aspidosperma desmanthum</i> <i>Aspidosperma</i> p.p.	0,94	Amérique du sud	
Azobé	<i>Lophira alata</i>	1,06	Afrique	
Bangkirai / Yellow Balau	<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
Basralocus	<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
Cogotali	<i>Letestua durissima</i>	1,1	Afrique	
Curupay	<i>Anadenanthera colubrina</i>	1,03	Amérique du sud	
Eyoum ou Omvong	<i>Dialium pachyphyllum</i>	0,94	Afrique	Dureté très élevée, nécessité d'un sciage adapté. A valider
Greenheart	<i>Chlorocardium rodiei</i>	0,97	Amérique du sud	Mentionné dans la norme EN 13145
Jarrah	<i>Eucalyptus marginata</i> ¹²	0,82	Asie et Océanie	Mentionné dans la norme EN 13145
Júcaro	<i>Terminalia buceras</i>	0,94	Amérique du sud	
Karri	<i>Eucalyptus diversicolor</i>	0,90	Asie et Océanie	Mentionné dans la norme EN 13145
Kempas	<i>Koompassia malaccensis</i>	0,88	Asie	
Monghinza	<i>Manilkara mabokeensis</i> <i>Manilkara obovata</i> <i>Manilkara</i> p.p.	0,98	Afrique	
Mora	<i>Mora excelsa</i> <i>Mora paraensis</i> <i>Mora</i> p.p.	1,03	Amérique du sud	Mentionné dans la norme EN 13145
Mubala	<i>Pentaclethra macrophylla</i>	0,95	Afrique	
Muiracatiara	<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>

Okan (= Adoum)	<i>Cylicodiscus gabunensis</i>	0,91	Afrique	
Osanga	<i>Pteleopsis hylodendron</i> <i>Pteleopsis myrtifolia</i>	0,80	Afrique	
Ozouga	<i>Sacoglottis gabonensis</i>	0,89	Afrique	
Quebracho colorado	<i>Schinopsis balansae</i> <i>Schinopsis lorentzii</i>	1,20	Amérique du sud	
Wamba	<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^{ème} 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 (Bassac, 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.