

Atlas des bois tropicaux



Atlas des bois tropicaux

Éditions Quæ
RD 10
78026 Versailles Cedex

© Éditions Quæ, 2016
ISBN : 978-2-7592-2551-4
ISSN : 1952-2770

Le code de la propriété intellectuelle du 1^{er} juillet 1992 interdit la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Le non-respect de cette disposition met en danger l'édition, notamment scientifique. Toute reproduction, partielle ou totale, du présent ouvrage est interdite sans autorisation des éditeurs ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC), 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris.

Atlas des bois tropicaux

Caractéristiques technologiques
et utilisations

Jean Gérard, coordinateur,
et Daniel Guibal, Sébastien Paradis, Jean-Claude Cerre

Sur la même thématique

Le mémento du forestier tropical

Gilles Mille, Dominique Louppe, coordinateurs,
Éditions Quæ 2015

Atlas des bois de Madagascar

G. Rakotovao, A.R. Rabevohitra, D. Collas de Chatelperron, D. Guibal, J. Gérard,
Éditions Quæ, 2012

L'Atlas des bois tropicaux a été mis en œuvre par :

- Jean Gérard, pour la coordination du projet et la compilation des données ;
- Daniel Guibal, pour la gestion des données et l'iconographie ;
- Sébastien Paradis, pour le développement de la base de données et du logiciel Tropix ;
- Jean-Claude Cerre, pour la conception et la réalisation des macrophotographies ;

avec la collaboration de Isabelle Châlon, Marie-France Thévenon, Anne Thibaut, Loïc Brancheriau, Gérard Gandon, Alban Guyot, Patrick Langbour, Sylvain Lotte, Rémy Marchal, Patrick Martin, Bernard Thibaut, Michel Vernay, et de Nadine Amusant, Christine Baudassé, Nabila Boutahar, Brigitte Cabantous, Catherine Gérard, Catherine Méjean, Sylvie Mouras, Nathalie Troalen, Michèle Vialle, Ghislaine Volle, Alba Zaremski, Henri Baillères, Jacques Beauchêne, Fernand Boyer, Gilles Calchera, Kévin Candelier, Claude Daigremont, Daniel Fouquet, Philippe Gallet, Soepe Koese, Nicolas Leménager, Luc Martin, Alfredo Napoli, Luc Pignolet, François Pinta, Jean-Marc Roda, Christian Sales, Pierre Valière.

Cet ouvrage a été réalisé grâce à la participation du Cirad, de l'OIBT et de l'ATIBT.

Sommaire

Préface			9
Remerciements			11
Notice : informations générales			13
Description des Essences			33
Abarco	35	Bacuri	131
Abura	38	Balau, Red	134
Acacia mangium	41	Balau, Yellow / Bangkirai*	137
Açacu	44	Balsa	140
Acajou caillédérat	47	Balsamo	143
Acajou d’Afrique	50	Basralocus	146
Afromosia	53	Batibatra	149
Aiéélé	56	Bété	152
Aiéouéko	59	Bilinga	155
Ako	62	Billian	158
Akossika	65	Bintangor	161
Alan / Alan-Batu*	68	Bitis	164
Alep	71	Bodioa	167
Almon	74	Bomanga	170
Alumbi	77	Bossé clair	173
Amescião	80	Bossé foncé	176
Andira	83	Bubinga	179
Andiroba	86	Bungur	182
Andok	89	Cambara	185
Andoung	92	Cardeiro	188
Angelim	95	Castanheiro	191
Angelim rajado	98	Catuaém / Louro faia*	194
Angelim vermelho	101	Cèdre	197
Angoa	104	Cedro	200
Angueuk	107	Cerejeira	203
Aniégré	110	Châtaignier	206
Anzèm / Nténé*	113	Chêne	209
Araracanga	116	Chengal	212
Avodiré	119	Chicha	215
Awoura	122	Cocotier	218
Ayous	125	Congotali	221
Azobé	128	Copaiba	224

Coraçon de negro* / Panacoco	227	Gerutu	356
Cordia d'Afrique	230	Ghéombi	359
Coula	233	Giam	362
Couroupita	236	Goiabao	365
Cryptomeria* / Sugi	239	Gombé	368
Cumaru	242	Gommier	371
Cupiuba	245	Greenheart	374
Curupixa	248	Grenadillo / Grenadille d'Afrique*	377
Dabéma	251	Guariúba	380
Diania	254	Guatambù	383
Dibétou	257	Haldu	386
Difou	260	Hêtre	389
Douglas	263	Hevea	392
Douka	266	latandza	395
Doussié	269	Idéwa	398
Duabanga	272	Igaganga	401
Dukali / Amapa*	275	Ilomba	404
Durian	278	Imbuia	407
Ébène d'Afrique	281	Inga	410
Ébène noire d'Asie	284	Ipé	413
Ébène veinée d'Asie	287	Iroko	416
Ébiara	290	Itaúba	419
Ékaba	293	Izombé	422
Ékoune	296	Jacareúba	425
Émien	299	Jarrah	428
Épicéa	302	Jatobá	431
Érable sycomore	305	Jelutong	434
Essessang	308	Jequitiba	437
Essia	311	Kanda brun	440
Étimoé	314	Kanda rose	443
Eucalyptus grandis	317	Kapokier	446
Éveuss	320	Kapur	449
Éyong	323	Karri	452
Éyoum	326	Kasai	455
Faro	329	Kauri	458
Fava amargosa	332	Kedondong	461
Faveira	335	Kékélé	464
Framiré	338	Kelat	467
Freijo	341	Keledang	470
Frêne	344	Kembang Semangkok	473
Fuma / Fromager*	347	Kempas	476
Garapa	350	KerANJI	479
Geronggang	353	Keruing	482

Kondroti	485	Moral	614
Kosipo	488	Morototo	617
Kotibé	491	Movingui	620
Koto	494	Mubala	623
Kumbi	497	Muhuhu	626
Kurokai / Breu*	500	Muiracatiara	629
Landa	503	Muirapiranga	632
Lati	506	Muiratinga	635
Lauan, Red	509	Mukulungu	638
Limba	512	Musizi	641
Limbali	515	Mutényé	644
Longhi	518	Naga	647
Lotofa	521	Nganga	650
Louro branco	524	Niangon	653
Louro vermelho	527	Nieuk	656
Macacaúba	530	Niové	659
Maçaranduba	533	Nogal	662
Macucu de paca	536	Noyer	665
Mahogany	539	Nyatoh	668
Makoré	542	Oboto	671
Mambodé	545	Ohia	674
Mandioqueira	548	Okan	677
Mango / Machang*	551	Okoumé	680
Manil	554	Olène	683
Manniballi / Manil montagne*	557	Olon	686
Marupa	560	Onzabili	689
Mecrussé	563	Osanga	692
Melancieira	566	Ossabel	695
Mélèze d'Europe	569	Ossimiale	698
Melunak	572	Ossoko	701
Mengkulang	575	Ovèngkol	704
Meranti, Dark Red	578	Ovoga	707
Meranti, Light Red	581	Owui	710
Meranti, White	584	Ozigo	713
Meranti, Yellow	587	Ozouga	716
Merawan	590	Padauk Amboina	719
Merbau	593	Padouk d'Afrique	722
Merisier	596	Pao rosa	725
Merpauh	599	Parapará	728
Mersawa	602	Pashaco / Paricá*	731
Moabi	605	Pau amarelo	734
Monghinza	608	Pau mulato	737
Mora	611	Pau roxo	740

Perupok	743	Sesendok	839
Peuplier	746	Simpoh	842
Pin des Caraïbes	749	Sipo	845
Pin maritime	752	Sougué	848
Pin sylvestre	755	Sucupira preta	851
Pinho Paraná	758	Sumauma	854
Pinus kesiya* / Kesiya Pine	761	Suren	857
Pinus merkusii* / Merkusii Pine	764	Tachi	860
Pinus patula* / Patula Pine	767	Tali	863
Piquia	770	Tamboril	866
Piquiarana	773	Tanimbuca	869
Preciosa	776	Tasmanian oak	872
Pulai	779	Tatajuba	875
Punah	782	Tauari	878
Pyinkado	785	Tchitola	881
Quaruba	788	Teck* / Teak	884
Ramin	791	Tento	887
Red cedar	794	Tiama	890
Rengas	797	Timborana	893
Resak	800	Tola	896
Robinier	803	Tornillo	899
Rosewood, Para	806	Uchy	902
Rosewood, Sonokeling	809	Vêne	905
Rosewood, Tamalan	812	Vésámbata	908
Safukala	815	Vírola	911
Sandé	818	Wacapou	914
Sapelli	821	Wallaba	917
Sapin	824	Wamara	920
Sapucaia	827	Wamba	923
Satin, Ceylon	830	Wengé	926
Sepetir	833	Yemane	929
Seraya, White	836	Zingana	932
Références bibliographiques			935
Sites internet			938
Normes citées			939
Lexique des noms botaniques			941
Correspondance des principales appellations vernaculaires et des noms pilotes			964
Liste des contributeurs			997

Préface

Au milieu des années 1980, l'Organisation internationale des Bois tropicaux (OIBT) a confié au Centre technique forestier tropical (CTFT, département forestier du Cirad) la conception et la réalisation d'un logiciel de gestion des caractéristiques technologiques des bois tropicaux.

La première version de ce logiciel a été élaborée à partir de la base de données « Bois tropicaux » du CTFT qui est une compilation des résultats issus de plusieurs décennies de recherche sur la technologie des bois tropicaux. Son objectif était, d'une part, de diffuser auprès des opérateurs de la filière et de vulgariser les informations disponibles sur les bois tropicaux, et d'autre part, de contribuer à promouvoir et à développer la commercialisation et l'utilisation des bois tropicaux – notamment des essences secondaires. Par la suite, l'équipe Bois tropicaux du CTFT-Cirad a fait évoluer ce logiciel et l'a enrichi en nombre d'essences décrites et en nombre de caractéristiques présentées. Vers le milieu des années 1990, ce logiciel, transféré du système DOS au système d'exploitation Windows, a été diffusé sous le nom « Tropix ». L'unité de recherche Bois tropicaux puis l'unité BioWooEB du Cirad ont publié successivement des versions actualisées. La dernière version en date (7.5.1, publiée en 2015) présente les caractéristiques technologiques de 245 essences, dont 17 essences des pays tempérés. Aujourd'hui, ce logiciel est largement utilisé par les opérateurs de la filière-bois, en France et à l'étranger (disponible sur tropix.cirad.fr).

Entre 1986 et 1990, trois ouvrages de référence sur les bois tropicaux ont été successivement publiés sur la base de ces mêmes informations :

- Atlas des bois tropicaux - Tome 1 - Afrique (ATIBT, CTFT), publié en français et en anglais, en 1986 ;
- Atlas des bois tropicaux - Tome 2 - Asie-Australie-Océanie (ATIBT), publié en français et en anglais, en 1987 ;
- Atlas des bois tropicaux d'Amérique latine (CTFT, OIBT, ATIBT), publié en français, en anglais et en espagnol, en 1990.

Ces trois ouvrages, toujours très utilisés par les opérateurs des filières des bois tropicaux, sont épuisés. Ces professionnels sont donc demandeurs d'un ouvrage sur les essences tropicales présentant des données et des informations actualisées qui répondent à leurs attentes.

Il est apparu opportun de valoriser les données et les informations du logiciel Tropix 7 et de les organiser dans un ouvrage (papier et électronique) unique « L'Atlas des bois tropicaux », pour succéder aux trois ouvrages sur les bois d'Afrique, d'Amérique latine et d'Asie-Océanie.

Dans le cadre de son programme thématique Transparence du commerce et des marchés (TMT), l'Organisation internationale des Bois tropicaux a accepté de soutenir financièrement la conception et la réalisation de ce nouvel ouvrage à travers le projet TMT-SPD 010/12 Rev.1 (M) intitulé « Édition de l'ouvrage : Atlas des bois tropicaux, 1^{re} édition. Caractéristiques technologiques et utilisations de 273 essences tropicales (et 17 essences des pays tempérés) ».

L'Atlas des bois tropicaux comprend des informations et des espèces supplémentaires par rapport à la version 7.5.1 de Tropix (55 nouvelles essences de plus) soit un total de 300 essences décrites. Les principales caractéristiques technologiques et les utilisations

effectives ou potentielles sont présentées : ajout des valeurs de pouvoir calorifique inférieur et de conductivité thermique des bois ; description remaniée des programmes de séchage en référence aux programmes édités par Cathild Industrie ; illustrations de chaque essence par deux photos de débit sur dosse et sur quartier (ou faux quartier), par deux macrophotographies aux grossissements 20 et 115 et par une photo d'un ouvrage réalisé à partir du bois décrit. Les macrophotographies sont des agrandissements de la surface du bois. Elles sont prises à l'aide d'un microscope équipé d'un appareil photographique. Elles représentent la surface du bois naturel préalablement poncée et polie. La vue à grossissement x 20 permet de visualiser le plan ligneux du bois en coupe transversale ; la vue à grossissement x 115 donne davantage de détails sur la structure microscopique du bois.

Cet atlas a vocation à constituer un outil de référence pour tous les opérateurs de la filière bois en France et à l'étranger, mais aussi pour les établissements de recherche et d'enseignement, les institutionnels, ainsi que pour les donneurs d'ordre, les architectes, les maîtres d'œuvre, les maîtres d'ouvrage et, de façon générale, pour tous les professionnels qui transforment et mettent en œuvre des bois tempérés ou tropicaux, ou qui projettent de le faire.

*Rémy Marchal,
Directeur de l'Unité de recherche Biomasse,
bois, énergie, bioproduits (BioWooEB), Cirad.*

Remerciements

Les participants à la réalisation de l'ouvrage

Le montage et le suivi du projet « Atlas des bois tropicaux » puis la conception, la réalisation et la publication de cet ouvrage n'auraient pas été possibles sans la participation et l'implication majeures de nombreux intervenants, chercheurs et opérateurs privés de la filière bois :

- pour la recherche et la mise à disposition de données et d'informations techniques, Isabelle Bonjour (Maison de la Forêt et des Bois de Guyane), Jeff Brennan (Brenco Exotic Woods), Olivier Carouge, Bernard Cassagne et son équipe (FRM), Marc Cikankowitz (Cathild Industrie), Franck Créti (Indus Tree Consult), Benoît Demarquez et son équipe (TEREA), Jean-François Daures (Agence d'Architecture Vision), Marion Gérard (Université Montpellier), Benoît Gomet (France Timber), Emmanuel Groutel (Wood And Logistic Expert), Paul-Emmanuel Huet (Rougier SA), Rafeek Khan (Woods Direct International LLC.), Edi Kouassi (SODEFOR, Côte d'Ivoire), Laurent Peyraud (Henry Timber), Jean-Yves Riaux ;
- pour le montage et le suivi du projet, Eudeline Melet (Ministère français de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, Paris), Li Qiang (ITTO Secretariat), Ramón Carrillo Arellano (ITTO/OIBT Communications and Outreach Officer) ;
- pour la réalisation, les équipes des Éditions Quæ et Laurence Rodriguez du Cirad-Dist. Nous tenons à les remercier très sincèrement.

Les participations financières et logistiques

Cet ouvrage est le fruit du travail collectif des agents du Cirad qui, depuis des décennies, ont étudié dans leurs laboratoires les caractéristiques technologiques de plus de 1 200 espèces tropicales en réalisant plusieurs centaines de milliers d'essais. La collecte récurrente d'informations sur le terrain est venue compléter ces données pour constituer une base de connaissances qui se décline aujourd'hui sous différents types d'applications.

Outre sa fonction de mémoire collective et de réservoir d'informations pour alimenter des produits documentaires de vulgarisation sur la qualité des bois tropicaux (fiches ou guides techniques, atlas, logiciels, etc.), cette base de connaissances constitue un outil d'étude des relations entre les propriétés des bois et les usages des produits forestiers. Aujourd'hui, les recherches et les études conduites par les agents de l'Unité de recherche Biomasse, bois, énergie, bioproduits (BioWooEB) du Cirad continuent à alimenter cette base de connaissances sur le comportement technologique et les potentialités d'utilisations d'un nombre toujours plus important d'espèces forestières issues des régions tropicales de quatre continents.

La réalisation de cet Atlas des bois tropicaux a été possible grâce au soutien financier de l'Organisation internationale des Bois tropicaux (OIBT). Cet Atlas répond effectivement aux objectifs de l'Accord international sur les bois tropicaux de 2006 (AIBT), notamment en appuyant la recherche-développement en vue d'une utilisation plus efficace du bois et d'une plus grande compétitivité des produits dérivés par rapport aux matériaux concurrents. Dans les pays membres producteurs, il encourage une transformation accrue et plus poussée de bois tropicaux provenant de sources durables en vue de stimuler l'industrialisation de ces pays et d'accroître ainsi leurs possibilités d'emploi.

De même, cet ouvrage répond aux priorités et aux activités opérationnelles du Plan d'action de l'OIBT dont l'un des deux objectifs majeurs est de promouvoir l'expansion et la diversification du commerce international des bois tropicaux issus de forêts faisant l'objet d'une gestion durable et d'une exploitation conduite dans le respect de la légalité.

L'Association technique internationale des bois tropicaux a également apporté son soutien à la réalisation de cet ouvrage, tant sur un plan logistique qu'opérationnel, notamment grâce à la mise à disposition de la Nomenclature générale des bois tropicaux mise à jour en 2016. L'actualisation de cette nomenclature a bénéficié du soutien de l'OIBT, du Fonds français pour l'environnement mondial (FFEM) et du ministère français de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt (MAAF). Cette nomenclature est utilisée pour la mise à jour du *Harmonized System Code* de l'Organisation mondiale des douanes. La Commission européenne mentionne la Nomenclature générale de l'ATIBT comme document de référence pour la mise en œuvre du Règlement sur le bois de l'Union européenne (RBUE).

Organismes participant à l'Atlas des bois tropicaux

Cirad

Le Cirad (Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement) est un centre de recherche français qui répond, avec les pays du Sud, aux enjeux internationaux de l'agriculture et du développement. Il produit et transmet, en partenariat avec ces pays, de nouvelles connaissances pour accompagner le développement agricole et contribuer au débat sur les grands enjeux mondiaux de l'agriculture, de l'alimentation et des territoires ruraux. Le Cirad dispose d'un réseau mondial de partenaires et de directions régionales, à partir desquelles il mène des activités de coopération avec plus de quatre-vingt-dix pays.

L'Unité de recherche BioWooEB (Biomasse, bois, énergie, bioproduits) a pour objectif de valoriser différents types de ressources ligneuses en région tropicale : bois de forêts naturelles, de plantations et d'agroforesterie, résidus agricoles, résidus des industries agroalimentaires et du bois, tiges de plantes à stipes (palmier, cocotier), bambous, cannes, etc. Cette valorisation est associée au développement de matériaux durables pour l'habitat et thermiquement performants dans les conditions climatiques tropicales et méditerranéennes, de matériaux carbonés pour le traitement des effluents (charbons actifs), et de procédés de conversion énergétique de la biomasse dans les pays du Sud.

Cirad, 42 rue Scheffer, 75116 Paris, France
www.cirad.fr

OIBT

L'OIBT (Organisation internationale des Bois tropicaux, ITTO, International Tropical Timber Organization) est une organisation intergouvernementale qui favorise la conservation, la gestion, l'exploitation et le commerce durable des ressources des forêts tropicales. Ses 59 membres représentent environ 80 % des forêts tropicales du monde et 90 % du commerce mondial des bois tropicaux. Son champ d'intervention est celui du commerce et de l'industrie, mais elle s'attache aussi de manière particulière à la gestion durable des ressources naturelles. L'OIBT administre également son propre programme de projets et d'activités, ce qui lui permet de mettre rapidement à l'essai et en pratique les politiques et orientations qu'elle élabore.

International Organizations Center, Yokohama, 220-0012, Japon
www.itto.int

ATIBT

L'ATIBT (Association technique internationale des Bois tropicaux) représente les exploitants, les industriels forestiers et tous les acteurs de la filière tropicale du bois engagés dans l'évolution que la profession doit accomplir. Cette association a été fondée en 1951 à la demande de la FAO et de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE). Ses initiatives sont menées dans le cadre des trois axes phares de la filière bois tropicaux : les marchés, la transformation et la gestion responsable des forêts.

ATIBT, Jardin tropical de Paris, 45 bis avenue de la Belle Gabrielle,
94736 Nogent-sur-Marne Cedex, France
www.atibt.org

Notice : informations générales

Dénominations et CITES

Nom pilote des bois

Les noms pilotes retenus proviennent de la Nomenclature générale des bois tropicaux publiée par l'Association technique internationale des bois tropicaux (ATIBT) en 2016. Cet ouvrage de référence est reconnu internationalement, notamment en Europe pour la mise en œuvre du Règlement sur le bois de l'Union européenne (RBUE).

Pour quelques essences, le nom pilote de la nomenclature, qui est l'appellation de référence, est couplé à une seconde appellation commerciale fréquemment utilisée, identifiée par un astérisque (*). Les essences concernées par cette double appellation sont les suivantes : Alan / Alan-Batu* ; Anzèm / Nténé* ; Balau Yellow / Bangkirai* ; Catucaém / Louro faia* ; Coração de negro* / Panacoco ; Cryptomeria* / Sugi ; Dukali / Amapa* ; Fuma / Fromager* ; Grenadillo / Grenadille d'Afrique* ; Kurokaï / Breu* ; Mango / Machang* ; Manniballi / Manil montagne* ; Pashaco / Paricá* ; Pinus kesiya* / Kesiya Pine ; Pinus merkusii* / Merkusii Pine ; Pinus patula* / Patula Pine ; Teck* / Teak.

Famille et noms botaniques

Comme les noms pilotes, la famille et les noms botaniques mentionnés sont également référencés dans la Nomenclature générale des bois tropicaux (ATIBT, 2016).

Certains noms botaniques sont associés aux abréviations suivantes :

- « spp. » (*species pluralis*) et « p.p. » (*pro parte*). Selon les codes de botanique, l'abréviation « spp. » signifie plus d'une espèce du genre et peut inclure toutes les espèces du genre ce qui peut prêter à confusion. En effet, suivant les différents auteurs, cette abréviation est utilisée soit pour désigner de façon non exhaustive plusieurs espèces d'un même genre, soit pour désigner l'ensemble des espèces du genre.

De ce fait, dans cet Atlas, l'abréviation « p.p. » est utilisée pour les essences de bois regroupant plusieurs espèces du même genre sans que la totalité des espèces de ce genre ne soit concernée.

- « subgen. » (sous-genre). Dans un genre donné, plusieurs espèces ayant une grande proximité botanique peuvent être regroupées dans un sous-genre. Dans un sous-genre, l'essence peut correspondre à toutes les espèces, à plusieurs espèces non listées exhaustivement ou à une partie d'entre elles, selon les mêmes règles que celles précédemment énoncées.

CITES (Convention de Washington, 2016)

La CITES (*Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora* ou « Convention de Washington ») est un accord international entre États. Cet accord a pour but de veiller à ce que le commerce international d'animaux et de plantes sauvages ne menace pas la survie de leurs espèces. Les bois tropicaux sont donc concernés.

Les espèces soumises à la réglementation sont inscrites dans l'une des trois annexes de la convention :

- l'annexe I comprend toutes les espèces menacées d'extinction. Le commerce de leurs spécimens n'est autorisé que dans des conditions exceptionnelles ;
- l'annexe II comprend toutes les espèces qui ne sont pas nécessairement menacées d'extinction, mais dont le commerce des spécimens doit être réglementé pour éviter une exploitation incompatible avec leur survie ;

- l'annexe III comprend toutes les espèces protégées dans un pays. Ce pays doit demander l'assistance des autres Parties à la CITES pour en contrôler le commerce. La procédure à suivre pour procéder à des changements dans l'annexe III est distincte de celle des annexes I et II car chaque Partie est habilitée à y apporter unilatéralement des amendements.

La mention « pas de restriction commerciale » correspond aux espèces non inscrites à la CITES. D'autres informations sont disponibles sur le site de la CITES : www.cites.org/fra.

Description de la grume

Diamètre

La gamme de valeurs mentionnée correspond aux diamètres des grumes les plus souvent exploitées. Ces valeurs sont à comparer aux DME (diamètre minimum d'exploitabilité) ou DMA (diamètre minimum d'aménagement) déterminés par chaque pays producteur pour assurer une reconstitution suffisante de la forêt sur la durée de la rotation. Les valeurs de DME et DMA sont généralement disponibles auprès des services forestiers de ces pays.

Épaisseur de l'aubier

La fourchette de valeurs mentionnée correspond aux épaisseurs d'aubier les plus fréquemment rencontrées.

Flottabilité

Pour les essences tropicales, deux classes (« bois flottable », « bois non flottable ») ont été définies en fonction de la densité moyenne des bois à l'état vert (« après abattage »). Une troisième classe (« sans objet ») a été définie pour les essences tempérées.

Conservation en forêt

Selon la durabilité naturelle des bois, la conservation en forêt est estimée faible (traitement nécessaire), moyenne (traitement recommandé) ou bonne. La notion de conservation en forêt ne concerne que le duramen car l'aubier est toujours considéré comme non durable.

Description du bois

Couleur

Bien que la couleur et l'aspect d'un bois soient en général spécifiques à une essence donnée, la couleur n'est pas un facteur constant d'un arbre à un autre ou d'une pièce de bois à une autre pour la même espèce. Elle peut varier en fonction de différents paramètres et évolue dans le temps. Les variations de pente de fil (par exemple, contrefil, fil ondulé) et du taux d'humidité du bois peuvent altérer la perception de la couleur.

Chaque essence est caractérisée par une couleur de référence choisie parmi 18 couleurs prédéfinies : blanc, blanc crème, blanc rosé, jaune clair, jaune, jaune orangé, brun clair, brun, brun jaune, brun rosé, brun rouge, brun foncé, rouge clair, rouge, rouge foncé, gris, noir et violet.

Le descriptif de la couleur des bois mentionné dans la note de la rubrique « Description du bois » met l'accent sur la plage de variation rencontrée. Il ne prend pas en compte, entre autres, l'évolution de la couleur des bois exposés aux intempéries.

Aubier

L'aubier peut être bien distinct, peu distinct ou non distinct. Dans le cas où il n'y pas d'information disponible, la notation « n.d. » a été adoptée.

Grain

Le grain d'un bois correspond à l'impression visuelle donnée par la taille et la disposition des vaisseaux. Trois classes de grain sont définies : fin, moyen et grossier.

Fil et contrefil

Le fil du bois correspond à l'orientation générale des fibres par rapport à l'axe de la grume. Le contrefil est dû à une inclinaison alternée (par rapport à l'axe du tronc) des couches successives de bois qui se forment durant la croissance de l'arbre.

Propriétés physiques et mécaniques

Les valeurs des propriétés physiques et mécaniques (valeurs moyennes) sont issues des essais réalisés dans les laboratoires du Cirad ou de la littérature internationale. Elles sont à utiliser avec prudence, compte tenu du caractère très variable des propriétés des bois. Cette variabilité est bien connue de tous les professionnels. Elle dépend de nombreux facteurs externes ou internes : âge des arbres, position du bois à l'intérieur du tronc, maturité du bois et conditions de croissance (type de sol, pluviométrie, climat...).

Densité

La densité ou densité relative d'un solide est le rapport entre sa masse volumique et la masse volumique de l'eau (eau pure à 4 °C et à pression atmosphérique normale, soit 1 000 kg/m³). Elle n'a pas d'unité.

La densité indiquée est déterminée sur les bois à 12 % d'humidité. C'est une caractéristique technologique de base qui est la première à être déterminée pour qualifier un bois. Cette propriété est reliée plus ou moins étroitement avec les principales propriétés physiques et mécaniques du bois, ainsi qu'avec certaines caractéristiques de mise en œuvre.

Dureté Monnin

La dureté Monnin (déterminée sur les bois à 12 % d'humidité) est une propriété particulièrement importante à connaître lorsque les bois sont utilisés en revêtement de sol (parquet, plancher et platelage), mais aussi pour tout autre emploi dans lequel le bois est soumis à des chocs ou à des poinçonnements. Elle n'a pas d'unité.

Classes de dureté :

- $D \leq 1,5$: bois très tendre ;
- $1,5 \leq D \leq 3$: bois tendre ;
- $3 \leq D \leq 6$: bois mi-dur ;
- $6 \leq D \leq 9$: bois dur ;
- $D \geq 9$: bois très dur.

La méthode de détermination de la dureté Monnin est définie dans la norme française NF B 51-013 (1985).

La dureté Janka est une caractéristique utilisée par plusieurs pays. Elle est associée à une autre méthode de détermination. Sallenave (1971) propose la relation suivante entre la dureté Monnin et la dureté Janka :

dureté Janka (en livre anglaise) = 300 × dureté Monnin.

Point de saturation des fibres (PSF, en %)

Dans un bois vert, une partie de l'eau remplit plus ou moins complètement les vides cellulaires et intercellulaires. L'évacuation de cette eau libre s'effectue sans retrait du bois. Lorsque l'eau libre a entièrement disparu, le bois ne contient plus que de l'eau liée chimiquement aux parois des cellules. Son élimination lors du séchage occasionne des phénomènes de retrait à l'origine de déformations du bois.

Le point de saturation des fibres correspond au taux d'humidité du bois saturé en eau liée. En dessous de ce taux, le bois commence à se contracter en séchant. Le PSF varie le plus souvent entre 20 % et 40 % suivant les essences, mais se situe généralement aux environs de 30 %.

Classes de point de saturation des fibres :

- $PSF \leq 25\%$: faible ;
- $25\% \leq PSF \leq 35\%$: moyen ;
- $PSF \geq 35\%$: élevé.

Coefficient de retrait volumique (Rv, en % par %)

Lorsqu'une pièce de bois sèche en dessous de son point de saturation des fibres (PSF), son volume diminue. Si elle reprend de l'humidité, son volume augmente jusqu'au PSF. Si la reprise d'humidité se poursuit au-dessus du PSF, le volume ne varie plus. Le coefficient de

retrait volumique (Rv) est utilisé pour quantifier ces variations de volume, il correspond au retrait volumique d'une pièce de bois lorsque son humidité varie de 1 %.

Classes de coefficient de retrait volumique :

- $Rv \leq 0,35$: retrait faible ;
- $0,35 \leq Rv \leq 0,55$: retrait moyen ;
- $Rv \geq 0,55$: retrait élevé.

Retrait tangentiel total (Rt) et retrait radial total (Rr) (en %)

Jusqu'au point de saturation des fibres (PSF), le bois ne se rétracte pas en séchant. En dessous de ce seuil, il est soumis à des variations dimensionnelles quand son humidité varie. Le retrait en dessous du PSF intervient suivant les trois directions du bois : longitudinale, tangentielle et radiale.

Le retrait longitudinal est très faible par rapport au retrait tangentiel et au retrait radial, de l'ordre de quelques dixièmes de pour cent. Cependant, il peut avoir une influence notable sur les variations dimensionnelles de pièces de grande longueur. Très peu de données sont disponibles sur cette caractéristique qui reste délicate à mesurer en laboratoire.

Le retrait tangentiel total (Rt) et le retrait radial total (Rr) sont habituellement déterminés pour qualifier le comportement du bois lors du séchage ou plus généralement lors des variations d'humidité.

Classes de retrait tangentiel total (Rt) :

- $Rt \leq 6,5 \%$: retrait faible ;
- $6,5 \% \leq Rt \leq 10 \%$: retrait moyen ;
- $Rt \geq 10 \%$: retrait élevé.

Classes de retrait radial total (Rr) :

- $Rr \leq 3,8 \%$: retrait faible ;
- $3,8 \% \leq Rr \leq 6,5 \%$: retrait moyen ;
- $Rr \geq 6,5 \%$: retrait élevé.

Quotient de retrait Rt/Rr

Le quotient entre le retrait tangentiel total et le retrait radial total (Rt / Rr) donne une indication sur les déformations subies par une pièce de bois soumise à des variations d'humidité.

Ce paramètre est particulièrement important pour les débits non orientés (débits sur faux quartier). Un rapport Rt / Rr qui tend vers une valeur supérieure ou égale à 2 indique qu'une essence est sensible aux déformations. Plus cette valeur est proche de 1, plus le bois est stable quel que soit le type de débit.

Conductivité thermique

La conductivité thermique λ (Watt par mètre et par Kelvin, W/m.K) d'un matériau caractérise son aptitude à conduire la chaleur. λ est d'autant plus faible que le matériau est isolant.

Les valeurs de λ mentionnées dans cet ouvrage pour chaque essence sont issues d'une campagne de mesures sur un vaste échantillonnage d'essences tropicales et tempérées et une large gamme de densités. Cependant, cet échantillonnage ne couvre pas toutes les essences décrites.

Les mesures ont été réalisées au laboratoire de thermo-physique du Groupe d'études des matériaux hétérogènes (GEMH, Centre européen de la céramique, Limoges) en utilisant la méthode du disque chaud (*hot disk*) régie par la norme NF EN ISO 22007-2 (octobre 2015). Cette campagne de mesure a révélé que la conductivité thermique (λ) est corrélée à la densité (D) des bois (figure 1).

La conductivité thermique λ est donc reliée à la densité D par l'équation : $\lambda = 0,289 D + 0,030$.

Les valeurs de λ mentionnées dans cet ouvrage ont été déterminées à l'aide de ce modèle, en utilisant la densité moyenne de chaque essence.

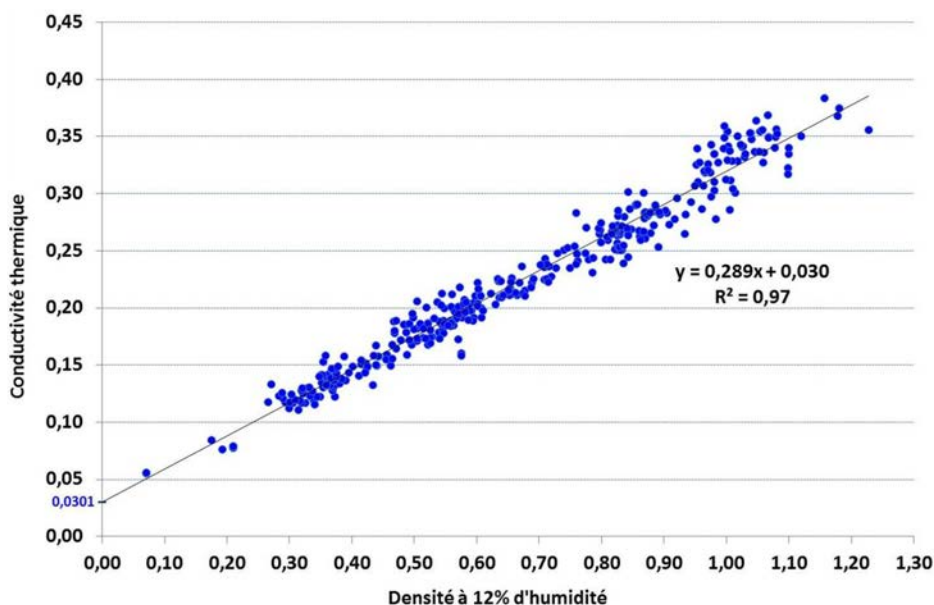


Figure 1. Relation entre la conductivité thermique et la densité du bois (mesurée à 12 % d'humidité).

Pouvoir calorifique

Le pouvoir calorifique d'un matériau correspond à la quantité de chaleur dégagée par sa combustion. Il s'exprime le plus souvent en kilojoule par kilogramme (kJ/kg) ou en joule par gramme (J/g), éventuellement en calories par gramme (cal/g) ou en kilocalories par kilogramme (kcal/kg). Il est possible de déterminer deux types de pouvoir calorifique :

- le pouvoir calorifique supérieur (PCS) est la quantité de chaleur dégagée par la combustion, à volume constant, de 1 kg de matière anhydre. L'eau formée au cours de la combustion est condensée, alors que la chaleur libérée par la condensation de l'eau (chaleur latente de l'eau) est récupérée ;
- le pouvoir calorifique inférieur (PCI) est la quantité d'énergie dégagée par la combustion à pression constante (à l'air libre) de 1 kg de matière anhydre. La vapeur d'eau formée au cours de la combustion n'est pas condensée. L'énergie de condensation n'est donc pas récupérée.

Le PCI est la grandeur utilisée couramment pour les calculs de combustion. Il est exprimé en kJ/kg de bois anhydre.

Le PCS est déterminé expérimentalement au laboratoire à l'aide d'un appareil appelé « bombe calorimétrique ».

Pour le bois, le pouvoir calorifique inférieur (PCI, en kJ/kg) est déduit du pouvoir calorifique supérieur (PCS) par la formule suivante :

$$\text{PCI anhydre} = \text{PCS anhydre} - (212,2 \times H)$$

où H est la teneur en hydrogène (exprimée en pourcentage massique) de la biomasse considérée (loi de passage déterminée à partir de la norme NF EN 14918 mars 2010 intitulée « Biocombustibles solides, détermination du pouvoir calorifique »).

Les PCI mentionnés dans cet ouvrage ont été déterminés à partir des valeurs de PCS mesurées en laboratoire au Cirad. La teneur en hydrogène H n'étant pas déterminée lors de l'essai, une valeur moyenne de H égale à 5,85 % a été retenue pour le calcul (l'expérience montre que la valeur de H est quasi constante d'une essence à une autre).

Contrainte de rupture en compression (en MPa)

Cette contrainte (notée C_{12}) est déterminée sur les bois à 12 % d'humidité selon la procédure définie dans la norme NF B 51-007 (septembre 1987). Elle résulte de l'effort qu'il faut appliquer suivant la direction du fil du bois pour obtenir la rupture d'une éprouvette de dimensions standard.

Classes de contrainte en compression parallèle :

- $C_{12} \leq 45$ MPa : contrainte faible ;
- 45 MPa $\leq C_{12} \leq 75$ MPa : contrainte moyenne ;
- $C_{12} \geq 75$ MPa : contrainte élevée.

Contrainte de rupture en flexion statique (en MPa)

La contrainte en flexion statique (notée F_{12}) est déterminée sur les bois à 12 % d'humidité selon la procédure définie dans la norme B 51-008 (novembre 1987). Elle résulte de l'effort qu'il faut appliquer dans la zone centrale d'une éprouvette de dimension standard reposant sur deux appuis pour atteindre sa rupture.

Classes de contrainte en flexion statique :

- $F_{12} \leq 75$ MPa : contrainte faible ;
- 75 MPa $\leq F_{12} \leq 125$ MPa : contrainte moyenne ;
- $F_{12} \geq 125$ MPa : contrainte élevée.

Module d'élasticité longitudinal (en MPa)

Le module d'élasticité longitudinal (E_L) est déterminé sur les bois à 12 % d'humidité ; c'est une propriété de première nécessité technologique pour les emplois en structure dans lesquels les pièces de bois sont fréquemment sollicitées en flexion statique. Cette propriété caractérise la proportionnalité entre la charge et la déformation. Elle constitue un indicateur de la rigidité du bois.

Classes de module d'élasticité longitudinal :

- $E_L \leq 12\ 500$ MPa : module faible ;
- $12\ 500$ MPa $\leq E_L \leq 18\ 500$ MPa : module moyen ;
- $E_L \geq 18\ 500$ MPa : module élevé.

Durabilité naturelle et imprégnabilité du bois

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 champignons. 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 ».