

Contexte de l'ouvrage

L'utilisation des bois sous différentes formes s'est développée depuis une trentaine d'années à Madagascar, en relation avec la reprise des exportations de bois brut ou travaillé, principalement vers les îles voisines, l'Asie et l'Europe. Mais, c'est certainement le développement du secteur de la construction, lié notamment à l'accroissement démographique, qui a induit une plus forte demande de bois. La ressource locale répond actuellement à cette demande, bien que le nombre d'essences exploitées soit faible par rapport à la diversité des essences disponibles dans l'île.

Offre actuelle

Les bois rencontrés sur le marché peuvent être regroupés en plusieurs catégories.

Les bois précieux

L'ébène et le bois de rose sont recherchés notamment pour la fabrication d'instruments de musique, d'objets d'art, la marqueterie et la sculpture. Ils sont exploités sous forme de rondins désaubierés, parfois de faibles dimensions. Ils sont vendus au poids.

Les bois du groupe des palissandres

Ce groupe est composé par les palissandres veinés et violets du domaine occidental et les palissandres bruns des hauts plateaux et du domaine oriental. Ils sont commercialisés en avivés sciés ou en équarris pour des utilisations de haut de gamme, l'ébénisterie, la menuiserie fine et de luxe, la marqueterie, la parqueterie de luxe, la lutherie, etc.

Les bois du groupe des Varongy

Ces essences sont très prisées pour la menuiserie. En effet, les trois quarts des portes et fenêtres des maisons de standing moyen à élevé sont fabriqués avec ce groupe d'essences depuis plus d'un siècle à Madagascar. Les Varongy sont également très utilisés en charbonnerie et en platelage.

Les bois du groupe des Arofy

Ils constituent environ deux tiers du volume exploitable en bois d'œuvre dans les massifs forestiers du domaine de l'ouest, principalement dans la région du Menabe. Les Arofy sont de plus en plus appréciés dans les îles de l'océan Indien.

Autres essences malgaches

Les Vintanina, Kijy, Nanto (Nato), Vory et Fahavalonkazo (Tsihanihimposa) sont d'autres essences connues et appréciées depuis plusieurs dizaines d'années. Elles continuent d'être recherchées pour des utilisations assez spécifiques ou du fait de leur facilité de mise en œuvre.

D'autres bois, très peu utilisés jusqu'à présent, ont rapidement conquis le marché depuis quelques années. Parmi eux, certains correspondent à des espèces introduites : les pins et les eucalyptus (excepté *Eucalyptus robusta* et *Eucalyptus camaldulensis*). D'autres, comme le Katrafay, l'Anakaraka et l'Andy – essences des forêts du domaine occidental – fournissent du bois pour le mobilier et les menuiseries de haut de gamme.

Une trentaine d'autres essences sont commercialisées en proportion et fréquence variables sous l'appellation générique de « bois ordinaires ». Parmi ces essences, les « bois rouges » bénéficient d'une réputation (pas toujours fondée) de durabilité dans le temps par rapport aux « bois blancs ».

Situation actuelle et perspectives d'évolution

Aujourd'hui, environ cinquante essences sont exploitées à Madagascar :

- une trentaine est issue des forêts des hauts plateaux, du domaine du Moyen-Est et de la zone littorale orientale, du nord au sud ;
- une quinzaine provient des forêts du domaine occidental, depuis Toliara jusqu'à Antsiranana ;
- deux groupes d'essences ont été introduits (les eucalyptus et les pins).

Quelques espèces exploitées depuis plus d'un siècle sont actuellement dans une situation critique. C'est le cas du Hazomalanga (*Hernandia voyronii*) connu aussi sous le nom de Hazomalany (bois à forte odeur), des ébènes de Madagascar (*Diospyros* spp.) regroupés sous l'appellation générique d'Hazomainty (bois noir), et des bois de rose (*Dalbergia louvelii*, *Dalbergia maritima* et *Dalbergia normandii*) regroupés sous les noms vernaculaires de Volombodipona et Andramena. Si la première espèce de *Dalbergia* est interdite d'exploitation depuis près d'une vingtaine d'années, l'autorisation de récolte des deux autres est soumise à de fortes restrictions.

Depuis dix ans, la nouvelle politique forestière malgache met en place des systèmes de régulation de l'exploitation forestière, avec notamment des interdictions partielles d'exploitation d'espèces en voie de raréfaction. Dans ce contexte, il est apparu indispensable de mettre à la disposition de tous les acteurs de la filière du bois d'œuvre un document descriptif des essences de Madagascar.

Un des objectifs de cet ouvrage est de limiter la pression d'exploitation actuelle sur un petit nombre d'essences, alors que d'autres essences méconnues, compte tenu de leurs propriétés technologiques, pourraient répondre aux mêmes besoins.

Cependant, les essais de qualification permettant de déterminer les différentes possibilités d'emploi du bois de chaque espèce ou groupe d'espèces ont été guidés par une volonté de développer une connaissance scientifique objective.

Ces essais ont été mis en place avant l'indépendance, principalement au Centre technique forestier tropical (CTFT) à Nogent-sur-Marne. Puis, ils ont continué au Centre technique forestier tropical à Madagascar entre 1960 et 1973. Les essais se sont poursuivis jusqu'en 2001 à la division technologie et préservation du bois du Département de recherches forestières et piscicoles du Centre national de recherche appliquée au développement rural (Fofifa-DRFP).

Des expérimentations grandeur nature visant à mieux cerner le comportement des bois après mise en œuvre ont été également effectuées dans le but de vérifier et confirmer les potentialités de leur utilisation. Tous les résultats de ces recherches technologiques ont été regroupés, analysés et homogénéisés pour alimenter cet *Atlas des bois de Madagascar*.

Cent quatre-vingt-sept essences différentes sont donc décrites dans cet ouvrage. Une centaine d'entre elles avait déjà fait l'objet de fiches techniques publiées dans la revue *Bois et forêts des tropiques*, dans *Bois et essences malgaches* et dans les *Archives Fofifa*. Les autres sont décrites dans cet atlas pour la première fois.

Note explicative sur les descriptifs techniques des essences

Famille – Appellation botanique

Pour les appellations botaniques, les mises à jour les plus récentes publiées en 2007 ont été prises en compte. Toutefois, les noms de famille, de genre ou d'espèce antérieurs plus connus sont mentionnés entre parenthèses. C'est le cas du Vory dont le nom scientifique était *Allaeanthus greveanus* ; il est récemment devenu *Broussonetia greveana*.

Les descriptifs présentent le plus souvent une espèce bien identifiée. Si le suffixe « spp. » est mentionné, la description concerne plusieurs espèces ou toutes les espèces du genre.

La terminologie « essence » a été privilégiée pour désigner une espèce ou un groupe d'espèces d'un genre (spp.). Le terme « espèce » est réservé à une espèce au sens botanique du mot.

Noms vernaculaires

Chaque espèce (ou groupe d'espèces) est désignée par une appellation en langue locale ; cette dénomination est considérée comme le nom pilote. Ce choix a été dicté par le fait que l'appellation est commune pour l'essence dans différentes contrées de l'île et sur les marchés locaux ; le nom de l'essence est souvent utilisé pour désigner le bois produit par cette essence.

Malgré des confusions qui peuvent entraîner un arbitrage difficile, d'autres noms vernaculaires sont fournis à titre indicatif, en complément du nom pilote. Cependant, il faut rappeler que seul le nom scientifique permet une identification exacte. Les lexiques permettent de retrouver la concordance choisie entre le nom pilote et le nom scientifique.

Répartition géographique

La répartition géographique est établie à partir des données de présence « à dire d'expert ». Elle ne prétend pas être exhaustive et l'aire de répartition présentée sur les cartes ne se veut ni limitative ni exclusive. En outre, elle ne présage pas de l'abondance de l'essence considérée dans l'aire mentionnée.

Description de l'arbre et de la grume : éléments de botanique

La description de l'arbre et de la grume est fournie à titre indicatif. Pour certaines essences, elle est accompagnée d'une photo de l'arbre sur pied. Cependant, ces deux éléments ne suffisent pas pour l'identification précise d'une essence donnée.

En revanche, les photos d'écorce ou de tranches d'écorce, associées à la rubrique « Éléments de botanique », constituent des indicateurs clefs dans le processus d'identification.

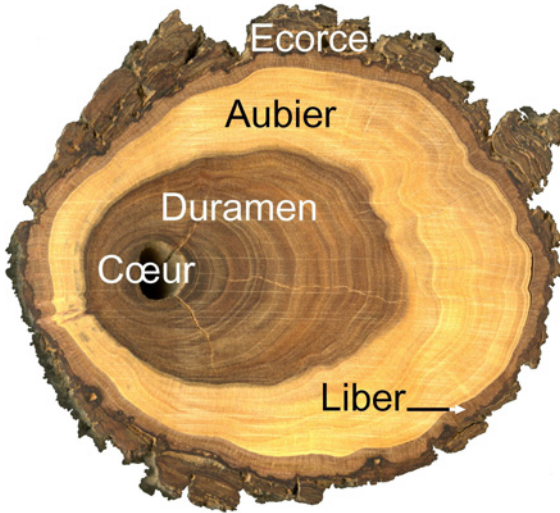
Les éléments de description botanique sont essentiellement extraits de la *Flore générique de Madagascar* (Schatz, 2001), ils permettent de guider une identification. Mais cet atlas ne prétend pas être un ouvrage de détermination botanique. Il a pour finalité première la présentation des caractéristiques technologiques des bois et leurs utilisations effectives ou potentielles.

Description du bois

Les descripteurs du bois mentionnés sont les suivants : couleur et différenciation de l'aubier, couleur du duramen, figuration, veinage, orientation du fil et grain, porosité. Ils ont un

impact direct sur la qualité esthétique du bois, mais aussi sur son comportement à l'usage et sur la qualité de la finition.

L'aubier peut être bien distinct, peu ou non différencié.



Section transversale du bois de santal

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.

Le fil du bois correspond à l'orientation générale des fibres du bois. 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.

La couleur et l'aspect d'un bois sont en général spécifiques à une essence donnée. Mais ils ne sont pas constants et invariables d'un arbre à un autre ou d'une pièce de bois à une autre. Ces deux caractéristiques peuvent varier en fonction de différents paramètres et évoluent avec le temps. Ainsi, dans le genre *Dalbergia*, on peut distinguer trois groupes de bois :

- le premier groupe, commercialement connu sous le nom pilote de bois de rose de Madagascar, est constitué de trois espèces qui présentent les mêmes caractéristiques : la couleur, les propriétés physiques et mécaniques, et les propriétés technologiques. Seules des coupes anatomiques permettent de différencier les trois espèces du groupe ;

- le deuxième groupe, les palissandres bruns, est composé de plus d'une dizaine d'espèces présentes dans la zone orientale du pays. Son bois peut changer de couleur suivant la provenance ; il peut être brun clair uni ou bien présenter des veines plus foncées. Le cas de *Dalbergia monticola* mérite d'être signalé : lorsque le bois est issu d'un arbre vivant, il a toujours une couleur brun clair. En revanche, sa couleur est nettement plus foncée, marron chocolat, s'il est débité à partir d'un arbre mort ou abattu depuis un certain temps ;

- le troisième groupe, les palissandres violets, comprend plus d'une vingtaine d'espèces présentes sur la partie occidentale. Le bois est entièrement veiné, de façon bien régulière pour certaines espèces. En outre, les variations des caractéristiques physiques et mécaniques sont importantes à l'intérieur de ce groupe.

Principales propriétés physiques et mécaniques

L'étude systématique des propriétés physiques et mécaniques des bois malgaches a débuté avant 1930. Toutes les mesures ont été réalisées suivant des protocoles opératoires codifiés dans les normes françaises (NF), les normes du Comité européen de normalisation (CEN) et les normes ISO. La préparation des éprouvettes et les mesures effectuées sur chaque éprouvette sont donc homogènes, quelle que soit la date des essais.

Dans le souci d'améliorer la signification des valeurs moyennes des propriétés, la quantité d'éprouvettes débitées dans chaque arbre a été optimisée en fonction de la taille et du nombre d'arbres échantillonnés pour chaque espèce. À nombre d'éprouvettes égal, l'information est d'autant plus statistiquement significative pour une espèce donnée qu'elle provient d'un grand nombre d'arbres fournissant chacun une faible quantité d'éprouvettes.

De plus, les récoltes d'arbres destinés aux essais ont été plus nombreuses dans les massifs forestiers exploités pour alimenter les marchés intérieurs et extérieurs, en comparaison aux stations géographiques de moindre importance économique. Il en résulte une certaine pondération des valeurs moyennes des propriétés pour chaque essence. Cette pondération contribue à une évaluation raisonnable de la qualité de lots commerciaux composés de bois originaires des principales zones d'approvisionnement de l'île.

Les valeurs numériques présentées concernent le bois parfait. Elles sont à utiliser avec la plus grande prudence compte tenu du caractère très variable des propriétés des bois. En effet, ces propriétés dépendent de la provenance et des conditions de croissance de l'arbre, ainsi que d'autres facteurs externes ou internes, notamment la maturité du bois. Cette variabilité est bien connue de tous les opérateurs techniques et économiques de la filière du bois.

Chaque caractéristique est représentée par sa moyenne et son intervalle moyen de variation. Les valeurs de propriétés mécaniques sont exprimées en kg/cm^2 ($1 \text{ kg/cm}^2 = 0,098 \text{ N/mm}^2 = 0,098 \text{ MPa}$).

Propriétés physiques

La densité (sans unité), déterminée sur des échantillons à 12 % d'humidité, est une caractéristique technologique de base. Elle est mesurée en premier afin de 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.

La dureté Monnin est également déterminée sur les bois à 12 % d'humidité, selon la méthode Chalais-Meudon. C'est une propriété particulièrement importante à connaître lorsque les bois sont utilisés en revêtement de sol (parquet, plancher, platelage) ou pour tout autre emploi où le bois est soumis à des chocs ou des poinçonnements.

Les classes de dureté sont les suivantes :

- $D < 1,5$: bois très tendre ;
- $1,5 < D < 3$: bois tendre ;
- $3 < D < 6$: bois mi-dur ;
- $6 < D < 9$: bois dur ;
- $D > 9$: bois très dur.

Le coefficient de retrait volumique permet de quantifier les variations de volume. Lorsqu'une pièce de bois sèche en dessous de son point de saturation des fibres (PSF), son volume diminue. Si la pièce reprend de l'humidité, son volume augmente jusqu'au PSF au-dessus duquel il ne varie plus. Le coefficient de retrait volumique correspond au retrait volumique d'une pièce de bois lorsque son humidité varie de 1 %.

Les classes de coefficient de retrait volumique sont les suivantes :

- coefficient $< 0,35$: retrait faible ;
- $0,35 < \text{coefficient} < 0,55$: retrait moyen ;
- coefficient $> 0,55$: retrait élevé.

Le retrait radial total et le retrait tangentiel total (en %) sont habituellement déterminés pour qualifier le comportement du bois, lors du séchage ou plus généralement lors de variations d'humidité (séchage ou reprise d'humidité).

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

Le retrait longitudinal est très faible par rapport aux deux autres, de l'ordre de quelques dixièmes de pour cent. Mais il peut avoir une influence notable sur les variations dimensionnelles de pièces de grandes longueurs. Très peu de données sont disponibles sur cette caractéristique, qui reste délicate à mesurer en laboratoire.

Le retrait tangentiel total et le retrait radial total permettent de déterminer les surcotes de sciage.

Les classes de retrait tangentiel total (Rt) et de retrait radial total (Rr) sont les suivantes :

- $Rt < 6,5 \%$: retrait faible ;
- $6,5 \% < Rt < 10 \%$: retrait moyen ;
- $Rt > 10 \%$: retrait élevé ;
- $Rr < 3,8 \%$: retrait faible ;
- $3,8 \% < Rr < 6,5 \%$: retrait moyen ;
- $Rr > 6,5 \%$: retrait élevé.

Le point de saturation des fibres (PSF, en %) correspond au taux d'humidité du bois saturé en eau liée, taux en dessous duquel le bois commence à se contracter en séchant. 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. Lors du séchage, l'élimination de cette eau liée occasionne des phénomènes de retrait à l'origine de déformations du bois.

Le point de saturation des fibres varie habituellement entre 20 et 40 % suivant les essences, mais il se situe le plus souvent aux environs de 30 %.

Les classes de point de saturation des fibres sont les suivantes :

- $PSF < 25 \%$: faible ;
- $25 \% < PSF < 35 \%$: moyen ;
- $PSF > 35 \%$: fort.

La stabilité en service donne des informations complémentaires à celles qui sont fournies par les retraits de séchage. Les essais de sensibilité du bois aux variations d'humidité ne sont pas standards. Mis au point au Cirad, ils permettent de quantifier l'aptitude d'un bois à perdre ou à reprendre l'humidité lors de modifications des conditions ambiantes (température et humidité relative de l'air).

Les essais sont réalisés sur des plaquettes minces orientées sur quartier ($L = 10 \text{ cm}$; $l = 6 \text{ cm}$; $e = 0,5 \text{ cm}$). Ces plaquettes subissent trois cycles de stabilisation sous deux conditions de température et d'hygrométrie différentes.

Propriétés mécaniques

La contrainte de rupture en compression axiale (C) est déterminée sur des bois à 12 % d'humidité. Elle correspond à la contrainte qu'il est nécessaire d'appliquer suivant la direction du fil du bois pour obtenir la rupture d'une éprouvette de dimensions standard.

Les classes de résistance en compression axiale sont :

- $C < 450 \text{ kg/cm}^2$: résistance faible ;
- $450 \text{ kg/cm}^2 < C < 750 \text{ kg/cm}^2$: résistance moyenne ;
- $C > 750 \text{ kg/cm}^2$: résistance élevée.

La contrainte de rupture en flexion statique (F) est également mesurée sur des bois à 12 % d'humidité. Elle correspond à la contrainte qu'il faut appliquer dans la zone centrale d'une éprouvette de dimension standard reposant sur deux appuis pour provoquer sa rupture.

Il y a trois classes de résistance en flexion statique :

- $F < 1\ 100 \text{ kg/cm}^2$: résistance faible ;
- $1\ 100 \text{ kg/cm}^2 < F < 1\ 800 \text{ kg/cm}^2$: résistance moyenne ;
- $F > 1\ 800 \text{ kg/cm}^2$: résistance élevée.

Le module d'élasticité longitudinal (E) est évalué sur des bois à 12 % d'humidité ; cette propriété est de première nécessité technologique. C'est notamment le cas quand le bois est utilisé dans les structures dont les pièces sont fréquemment sollicitées en flexion statique suivant leur plus grande direction, parallèlement aux fibres. Cette propriété caractérise la proportionnalité entre la charge et la déformation. Elle constitue un indicateur de la rigidité du bois.

La rigidité du bois se caractérise par trois classes de module d'élasticité longitudinal :

- $E < 100\ 000 \text{ kg/cm}^2$: module faible ;
- $100\ 000 \text{ kg/cm}^2 < E < 150\ 000 \text{ kg/cm}^2$: module moyen ;
- $E > 150\ 000 \text{ kg/cm}^2$: module élevé.

Conservation 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. Il en est de même pour les bois immergés ou portés à des températures élevées de l'ordre de 60 °C ; ils ne seront jamais attaqués par les champignons, quelle que soit leur durabilité naturelle.

La durabilité naturelle est déterminée par des essais de champ (exposition des éprouvettes normalisées au contact de différentes sources de contamination : sol, air, intempéries) et par des essais biologiques en laboratoire (éprouvettes soumises à l'attaque de souches de champignons en milieu confiné). Le niveau de durabilité d'une essence est déterminé par la perte de masse des éprouvettes attaquées par les agents d'altération du bois.

La majorité des bois tropicaux commercialisés, à l'exception des bois « blancs », 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 d'appliquer un traitement contre les insectes de bois. Certaines essences sont attaquées dans la totalité du bois et demandent des précautions particulières à l'état sec.

Les bois sciés et les produits finis ne sont attaqués que s'ils présentent encore des parties aubieuses et une teneur en amidon suffisante. Les attaques sont également possibles si

les vaisseaux sont suffisamment gros pour permettre la ponte. Quasiment tous les aubiers des bois tropicaux peuvent être attaqués par les insectes.

Les conditions de détermination de la résistance des bois aux termites sont analogues à celles de la résistance aux champignons. Des échantillons de dimensions normalisées sont mis en présence de termites. L'intensité de l'attaque des termites, et par conséquent la résistance naturelle des bois, sont quantifiées à partir de l'appréciation de la profondeur de pénétration des termites dans l'échantillon.

La durabilité naturelle peut être améliorée par différents procédés de traitement : trempage, traitement à haute pression, etc. L'aptitude à l'imprégnation constitue alors une caractéristique utile à connaître.

Séchage

Une fourchette de durée de séchage à l'air libre est donnée pour deux épaisseurs de sciage brut : 25 et 40 mm. Pour une essence donnée, la durée du séchage pour une épaisseur de bois varie effectivement en fonction des conditions climatiques ambiantes (température et humidité). À Madagascar, elles sont très différentes entre Maevatanana et Andasibe par exemple.

Durant le séchage artificiel, le comportement général du bois est décrit et évalué qualitativement ; éventuellement, les précautions d'usage pour assurer une bonne qualité de séchage sont rappelées.

Le phénomène de cémentation désigne le blocage du transfert de l'eau de l'intérieur vers l'extérieur d'une pièce de bois ; il est lié à une modification de la structure des cellules du bois en périphérie. La cémentation est souvent due à un séchage trop brutal ; elle peut s'accompagner de la formation de « poches d'eau » au cœur des pièces de bois.

Les gerces sont des fentes de surface étroites, courtes et peu profondes ; elles font suite au séchage.

Le collapsé désigne l'effondrement des cellules du bois durant le séchage.

Pour chaque essence, une table de séchage est fournie à titre indicatif, pour des épaisseurs inférieures ou égales à 38 mm ; elle est à valider par une mise en application dans le respect des règles de l'art.

Transformation et mise en œuvre

L'effet désaffûtant est lié au taux de silice du bois ou à sa dureté. Il conditionne le type d'outil utilisé lors du sciage et de l'usinage.

Si le bois n'est pas désaffûtant, un outillage normal est conseillé. Dans le cas contraire, des outils spéciaux – en acier rapide de type HSS (*high speed steel*) ou au carbure de tungstène – sont préconisés.

Certains bois contiennent des substances chimiques qui peuvent leur conférer, à des degrés divers, une certaine toxicité auprès des utilisateurs lors de la transformation (dégagement de poussières lors du sciage et de l'usinage). Ces substances peuvent provoquer des allergies, des irritations de la peau ou des muqueuses et, dans les cas extrêmes, des troubles respiratoires. Ces troubles peuvent être largement limités ou évités en utilisant des équipements de protection (gants, masques) et en installant des systèmes efficaces d'aspiration des poussières sur les machines à bois.

Pour être aptes au tranchage, les bois doivent présenter des qualités esthétiques bien définies : couleur, figuration, finesse du grain et aspect rubané.

Les essences habituellement recherchées en déroulage sont tendres à mi-dures. Les grumes doivent être bien conformées et sans défaut afin d'obtenir un bon rendement. De

plus, un bon comportement du bois au séchage permet de limiter les risques de fente et de déformation des placages.

Avant l'assemblage, il est important de savoir si l'on peut enfoncer facilement une pointe ou une vis dans le bois sans risquer de le fendre. Dans le cas contraire, des avant-trous peuvent être nécessaires. De plus, l'aptitude d'un bois à retenir une pointe ou une vis est mentionnée.

On peut coller quasiment tous les bois ; le choix de la colle dépend de l'utilisation que l'on envisage (intérieur, extérieur...). Au préalable, il faut vérifier que les conditions de préparation du bois avant collage sont remplies : taux d'humidité correct, propreté de la surface de collage et encollage uniforme. Les bois denses et à retraits élevés peuvent poser des problèmes, notamment lors de l'utilisation en lamellé-collé.

Principales utilisations

La liste des utilisations mentionnées n'est pas exhaustive. Les possibilités d'emplois d'un bois dépendent directement de ses propriétés technologiques ; ces utilisations restent toujours à valider par une mise en œuvre dans le respect des règles de l'art.