

Agents de détérioration et préservation des bois en milieu tropical humide

Daniel Fouquet

Cirad-forêt

TA 10/16

73, rue Jean-François Breton

34398 Montpellier Cedex 5

France

Les régions tropicales humides sont propices au développement des agents de détérioration du bois, tels que les insectes, champignons et mollusques foreurs. Si des traitements chimiques préventifs et curatifs existent, qu'il s'agit d'adapter à ces régions en respectant l'environnement, la protection des bois et des ouvrages peut également être renforcée grâce au choix d'essences naturellement durables et par une conception architecturale judicieuse des constructions.



Photo 3.

Fructification du champignon de la pourriture sur grume, en Guyane.

Slash rotting fungus brackets on a log, Guyana.

Photo S. Elsner.

RÉSUMÉ

AGENTS DE DÉTÉRIORATION ET PRÉSERVATION DES BOIS EN MILIEU TROPICAL HUMIDE

La préservation du bois en Europe subit actuellement une profonde mutation liée, en particulier, à des considérations environnementales. De nouvelles matières actives apparaissent et de nouveaux moyens de lutte sont mis en œuvre. Ces techniques sont, ensuite, introduites dans les pays de climat tropical humide sans être adaptées aux réalités de terrain. Dans ces régions à forte pluviosité, où l'humidité de l'air est importante et les températures constamment élevées, les agents de détérioration du bois – insectes xylophages, champignons lignivores ou mollusques foreurs – trouvent les conditions de vie idéales pour leur développement. La virulence des attaques est sans commune mesure avec celles rencontrées dans nos régions. En conséquence, la protection des bois et des ouvrages doit être renforcée par des choix judicieux d'essences naturellement durables, ce qui ne manque pas dans ces régions, et par une conception architecturale des constructions qui soit adaptée aux conditions climatiques locales. En cas de nécessité, des traitements chimiques peuvent être employés, en respectant les critères de protection de l'environnement, qui sont identiques à ceux dont bénéficient les états industrialisés d'Europe de l'Ouest.

Mots-clés : champignon, insecte, mollusque, durabilité, préservation, traitement.

ABSTRACT

FACTORS OF TIMBER PRESERVATION AND DETERIORATION IN HUMID TROPICAL REGIONS

Timber preservation techniques are evolving rapidly in Europe, especially as a result of environmental concerns. New active substances are appearing, along with new pathogen control techniques. Although these are being introduced in humid tropical environments, they are not being adapted to their very different conditions. With their high rainfall, high ambient humidity and constant high temperatures, these regions provide ideal conditions for the development of timber pathogens such as wood-devouring insects, wood-rotting fungi and boring molluscs. Attacks are far more virulent than in temperate climates. As a result, measures to protect timber and timber constructions need to be backed up by the right choice of naturally durable timber species, which are common in these regions, and by architectural designs that are well suited to local climatic conditions. Chemical treatments may be applied if absolutely necessary, provided that the same environmental protection criteria are observed as those applying to the industrialised nations in western Europe.

Keywords: fungus, insect, mollusc, durability, preservation, treatment.

RESUMEN

AGENTES DE DETERIORO Y PRESERVACIÓN DE MADERAS EN MEDIOS TROPICALES HÚMEDOS

La protección de la madera en Europa experimenta actualmente un profundo cambio ligado, en particular, a consideraciones medioambientales. Aparecen nuevas materias activas y se aplican nuevos medios de control. Posteriormente, se introducen dichas técnicas en países de clima tropical húmedo sin adaptarlas a estos nuevos medios. En estas regiones con precipitaciones, humedad del aire y temperatura elevadas, los agentes de deterioro de la madera –insectos xilófagos, hongos que pudren la madera o moluscos perforadores– encuentran condiciones de vida propicias para su desarrollo. Los ataques en estas zonas son mucho más virulentos que nuestras regiones y, por ello, la protección de maderas y construcciones debe completarse mediante la elección acertada de especies naturalmente duraderas, algo que no falta en estas regiones, y por una concepción arquitectónica de las construcciones adaptada a las condiciones climáticas locales. Si fuera necesario, se podrían emplear tratamientos químicos respetando los criterios de protección del medio ambiente; es decir: los mismos que se aplican en los países industrializados de Europa occidental.

Palabras clave: hongo, insecto, molusco, durabilidad, preservación, tratamiento.

Introduction

Le climat des régions tropicales humides favorise le développement des insectes xylophages, des champignons lignivores et des térébrants marins (mollusques ou crustacés).

Les dégâts provoqués par ces agents de détérioration sont beaucoup plus importants que ceux constatés en zone tempérée. On peut les rencontrer à tous les échelons de la chaîne de production. D'abord en forêt, ensuite au cours de l'exploitation, puis des transports. On doit encore en tenir compte au cours de la première transformation, lors des stockages intermédiaires, et au moment de la mise en œuvre. Enfin, une fois l'ouvrage achevé, celui-ci doit être protégé par des traitements préventifs adaptés et, si besoin est, par la suite, par des traitements curatifs. Outre les considérations environnementales, d'autres facteurs facilitent les infestations et multiplications de ces organismes.

En effet, la qualité des bois utilisés dépend souvent plus d'une disponibilité immédiate que d'un choix avisé lié à la durabilité naturelle de l'espèce choisie. Les procédés de

construction sont souvent peu adaptés car copiés sur les modèles européens ou américains, qui ne prennent pas en compte les risques biologiques et climatiques de ces régions.

La prolifération des agents pathogènes est, de plus, accrue par l'absence de règles d'hygiène et de protection de l'environnement à proximité des habitations. Les traitements préventifs et curatifs pour les bois mis en œuvre sont rares, voire inexistants.

Dans toutes ces zones, on rencontre de nombreux agents destructeurs provoquant, en gros, les mêmes types d'attaques quel que soit le continent, de la forêt jusqu'à l'utilisation finale. Des solutions peuvent être apportées, d'une part, pour protéger les essences fragiles pendant leur transport et, d'autre part, pour préserver les ouvrages en bois afin d'assurer une longue durée de service.

Nous étudierons donc, dans ce qui suit, les principaux types de détérioration rencontrés et les moyens de lutte les mieux adaptés en fonction du milieu et du type d'utilisation.

Grumes en forêt

Les champignons lignivores (photos 1 à 3)

En forêt naturelle, comme en plantation, les grumes fraîchement abattues peuvent être rapidement altérées par des champignons de discoloration qui provoquent des changements de couleur nuisant à l'aspect du bois : c'est le phénomène du bleuissement. Ces champignons inférieurs, *Fungi imperfecti* pour les feuillus, ascomycètes pour les résineux, s'attaquent aux aubiers de presque toutes les espèces mais aussi, et surtout, à un grand nombre d'essences de bois blanc très exploitées, comme l'obeché (*Triplochiton scleroxylon*), les aniegré (*Aningeria* sp.).

D'autres sortes de discoloration peuvent apparaître comme la « queue-de-vache » et les échauffures, qui donnent au bois une coloration violacée. Dans ces cas précis, il y a action de plusieurs champignons à la fois. Les dégâts sont uniquement d'ordre esthétique.

Photo 1.

Attaques de champignons sur grumes, en Guyane.

Logs damaged by fungus, Guyana.

Photo D. Fouquet.



Si le bois reste stocké trop longtemps en forêt, une destruction partielle due à des champignons de pourriture peut modifier les propriétés physiques et mécaniques. L'importance de ces dégâts dépendra de la durabilité naturelle des essences (FOUGEROUSSE, 1965).

Photo 2.

Bleuissement sur grume de virola, en Guyane.
Log blue on a virola log, Guyana.
Photo Cirad-forêt.



Photo 5.

Section de galerie de coléoptères cérambycides sur du *Manilkara*, en Guyane.
Section of a gallery made by cerambycid beetles in a Manilkara log, Guyana.
Photo D. Fouquet.



Les insectes

Les piqûres noires (photo 4)

Certains insectes, scolytes et platypes, creusent des galeries cylindriques plus ou moins ramifiées de 0,5 à 3 mm de diamètre. Les galeries présentent généralement, en section, une auréole noirâtre, due à la présence de champignons spécifiques déposés sur les parois par l'insecte adulte et ser-

vant de nourriture aux larves après la ponte. La sciure est rejetée vers l'extérieur et apparaît à l'emplacement de chaque orifice pendant la période d'activité de l'adulte, qui dure jusqu'à ce que le bois soit sec. Les dégâts peuvent être très importants sur les espèces fragiles, comme par exemple l'aniegré (*Aningeria* sp.), l'obeché (*Triplochiton scleroxylon*) ou l'ilomba (*Pycnanthus angolensis*), qui peuvent être totalement dégradées, alors que, chez la plupart des autres essences, seul l'aubier est attaqué.

La résistance plus ou moins élevée des bois est liée à des facteurs spécifiques d'attraction chimique qui déterminent l'intensité des piqûres. Cependant, d'autres paramètres entrent en jeu, telle l'influence de la saison (les attaques sont les plus virulentes juste avant la saison des pluies).

Les grumes abîmées ou écorcées sont attaquées plus rapidement.

Le « mulotage » (photo 5)

Lorsque les grumes restent trop longtemps en forêt, de gros coléoptères cérambycides peuvent provoquer des dégâts importants, de par la taille des galeries (plusieurs centimètres de diamètre) atteignant le bois parfait.

Les moyens de lutte

(photos 6 à 9)

Si un débardage rapide est possible, pour les essences susceptibles d'être attaquées, les billes doivent être évacuées dans la journée, stockées sur un parc à bois propre et bien drainé ou immergées dans l'eau douce et transformées rapidement.

Si un débardage rapide est impossible, il faut faire appel à la protection chimique des billes, c'est-à-dire un traitement temporaire efficace à la fois contre les insectes et les champignons, le plus proche possible de l'abattage. Ce traitement consiste en une pulvérisation uniforme sur l'ensemble du roulant et sur les sections des billes. Des traitements de rappel doivent avoir lieu en cas de stockage prolongé (efficacité maximale : 2 mois).



Photo 4.

Piqûres noires actives sur grume d'obeché, en Côte-d'Ivoire.
Active black spot holes on an obeche log, Côte-d'Ivoire.
Photo M. Fougerousse.

Sciages frais et placages déroulés

Les champignons

Dans les sciages frais tirés de l'aubier, pour les essences à bois parfait distinct, ou de toute la masse du bois, pour celles à aubier non différencié, on peut observer des attaques de champignons du même type que celles qui se développent dans les grumes. Il en va de même pour les placages déroulés, issus le plus souvent d'espèces fragiles (DEON, 1986).

Les insectes (photos 10, 11 et 25)

Les scolytes et platypes sont susceptibles de poursuivre leurs attaques après débit si le bois est encore humide, mais d'autres insectes plus redoutables peuvent infester le bois, au cours du séchage à l'air libre et après. Parmi ces espèces, on trouve certains coléoptères, bostryches ou lychnides, dont les larves poursuivront leur action une fois le bois mis en œuvre.

Les essences à bois clair doivent absolument être protégées pour éviter ces infestations. Citons, parmi elles, l'ilomba (*Pycnanthus angolensis*), l'obeché (*Triplochiton scleroxylon*), le koto (*Pterygota* sp.), le ramin (*Gonystylus* sp.), l'eyong (*Eribrroma oblonga*), le fuma (*Ceiba pentandra*), le virola (*Virola* sp.).

Les moyens de lutte

Le séchage

Plus le séchage est effectué rapidement après débit, moins les risques d'infestation ou de contamination sont importants. Le séchage à haute température est le plus efficace pour éliminer les œufs d'insectes.

Le traitement chimique

La plupart des entreprises ne possèdent pas d'unité de séchage. Il faut donc traiter le bois par trempage court et choisir un produit à la fois



Photo 6.
Traitement temporaire des grumes par pulvérisation, au Gabon.
Temporary spray treatment of logs in Gabon.
Photo Cirad-forêt.



Photo 7.
Mauvais stockage de bois sur parc.
Badly stacked timber.
Photo Cirad-forêt.

Photo 8.
Stockage en milieu aquatique, constitution d'un radeau, en République centrafricaine.
Assembling a timber raft for storage in water, Central African Republic.
Photo G. Deon.



Photo 9.
Flottage du bois dans le port d'Abidjan, en Côte-d'Ivoire.
Floating timber in the port of Abidjan, Côte-d'Ivoire.
Photo Cirad-forêt.





Photo 10.
Déroulages d'obeché gravement altérés par des piqûres noires.
Serious black spot damage in rotary-cut obeche wood.
Photo M. Fougerousse.

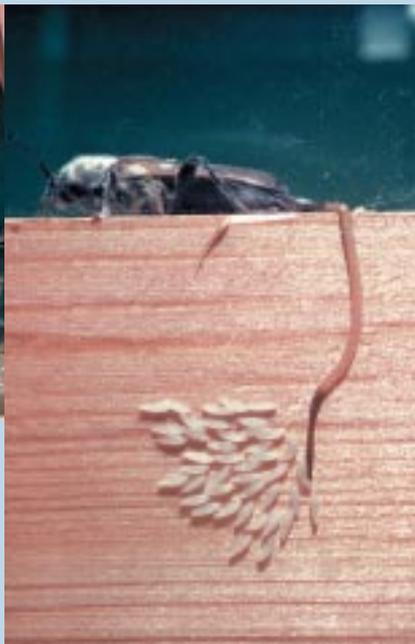


Photo 11.
Ponte de scolyte.
Scolytidae eggs.
Photo Cirad-forêt.



Photo 12.
Altérations fongiques sur du grignon utilisé en extérieur, en Guyane.
Fungus damage to exterior louro red, Guyana.
Photo D. Fouquet.



Photo 13.
Attaque de pourriture fibreuse sur un élément de traverse, en Guyane.
Stringy rot on a cross-tie piece, Guyana.
Photo D. Fouquet.

insecticide et fongicide. Les placages peuvent subir une aspersion, juste après le déroulage. Dans tous les cas, il ne s'agit que d'un traitement temporaire.

Bois mis en œuvre

Les êtres vivants capables de détériorer ou de détruire le bois mis en œuvre peuvent être regroupés essentiellement en quatre catégories.

Les champignons lignivores (photos 12 et 13)

Ils sont responsables de nombreux types de pourritures. Celles-ci consistent en des altérations profondes et irréversibles de toutes les propriétés du bois, couleur, dureté, propriétés mécaniques.

Pour être en mesure de mener à bien son œuvre de destruction, le champignon a besoin que soient réunies en permanence les conditions suivantes, par ordre décroissant d'importance :

- être assuré d'un approvisionnement en eau suffisant ;
- être assuré d'un approvisionnement en oxygène suffisant ;
- bénéficier d'une température favorable.

Dans le cas des pourritures classiques, à savoir la pourriture cubique qui s'attaque à la cellulose ou la pourriture fibreuse qui dénature la lignine, on considère que c'est à une humidité de 35-40 % que le bois est le plus exposé. À une humidité inférieure à 20 %, le bois est totalement à l'abri de ces infestations (DEON, 1986).

La biologie des champignons de pourriture molle est très différente. Ces champignons qui attaquent les bois au contact du sol, en dénaturant la cellulose et la lignine, tolèrent une humidité beaucoup plus élevée et les besoins en oxygène sont moins importants. Assuré d'une alimentation convenable, le champignon dégradera l'ouvrage à une vitesse dépendant de la température ambiante, la température optimale se situant entre 30 et 35 °C.

Il faut noter que, si un bois sec ne risque aucune attaque de champignon, il faut cependant se méfier des réhumidifications accidentelles propices à l'installation de pourritures.

Les termites (photos 14 à 19)

Dans les pays tropicaux humides, une des menaces principales pour les constructions est constituée par les termites, dont l'activité est, comme pour les champignons, favorisée par la chaleur et l'humidité. En ce qui concerne leur mode d'attaque, il est nécessaire de distinguer deux cas.

Les termites de bois sec (genre le plus fréquent dans toutes les régions tropicales : *Cryptotermes*) se caractérisent par le fait que les colonies s'installent directement dans le bois et s'y développent sans aucune liaison avec le sol. Leurs besoins en eau sont limités, et celle du bois leur suffit. Bien que formant des colonies comprenant peu d'individus, ces termites sont des destructeurs du bois très actifs. Les symptômes externes sont assez évidents pour un observateur attentif ; en effet, la colonie rejette à l'extérieur des excréments sous forme de petits amas poudreux, chaque grain ayant la forme d'un petit prisme hexagonal de la couleur des bois attaqués, très facilement reconnaissable à la loupe (DEON, FOUQUET, 1993).

Les termites souterrains sont représentés par de nombreuses espèces encore mal identifiées appartenant aux familles des rhinotermitidés (principaux genres : *Heterotermes*, *Coptotermes*) et des termitidés (principaux genres : *Microcerotermes*, *Macrotermes*, *Odontotermes*, *Nasutitermes*...) (HARRIS, 1971). Ils forment des colonies qui ne sont pas installées que dans le bois. On les trouve le plus souvent dans le sol, où leurs besoins en eau sont généralement satisfaits. Les colonies peuvent également s'établir hors du sol, mais toujours à un endroit où elles seront assurées d'un apport suffisant en eau (MATHEWS, 1977 ; BECKER, 1977 ; DURAND, LÂM BINH LOI, 1971).

Les termites souterrains sont de plus lucifuges et, exception faite de l'époque où ils quittent la colonie pour en créer une autre par essai-



Photo 14.
Termite de Guadeloupe du genre *Heterotermes*.
Guadeloupe termite of the genus Heterotermes.
Photo G. Deon.



Photo 16.
Larve de termite de bois sec du genre *Cryptotermes*, de Guadeloupe.
Dry wood termite larva of the genus Cryptotermes, Guadeloupe.
Photo G. Deon.



Photo 18.
Soldat de termite du genre *Nasutitermes*, de Guadeloupe.
Termite soldier of the genus Nasutitermes, Guadeloupe.
Photo G. Deon.

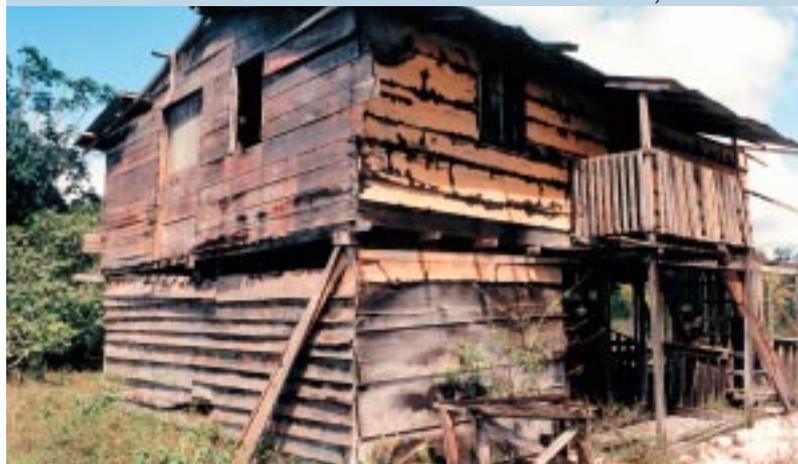


Photo 15.
Galerie de termite du genre *Nasutitermes*, en Guyane.
Gallery made by termites of the genus Nasutitermes, Guyana.
Photo D. Fouquet.



Photo 17.
Œufs et larves de termites.
Termite eggs and larvae.
Photo G. Deon.

Photo 19.
Maison détruite par les termites, en Guyane.
House destroyed by termites, Guyana.
Photo M. Vernay.



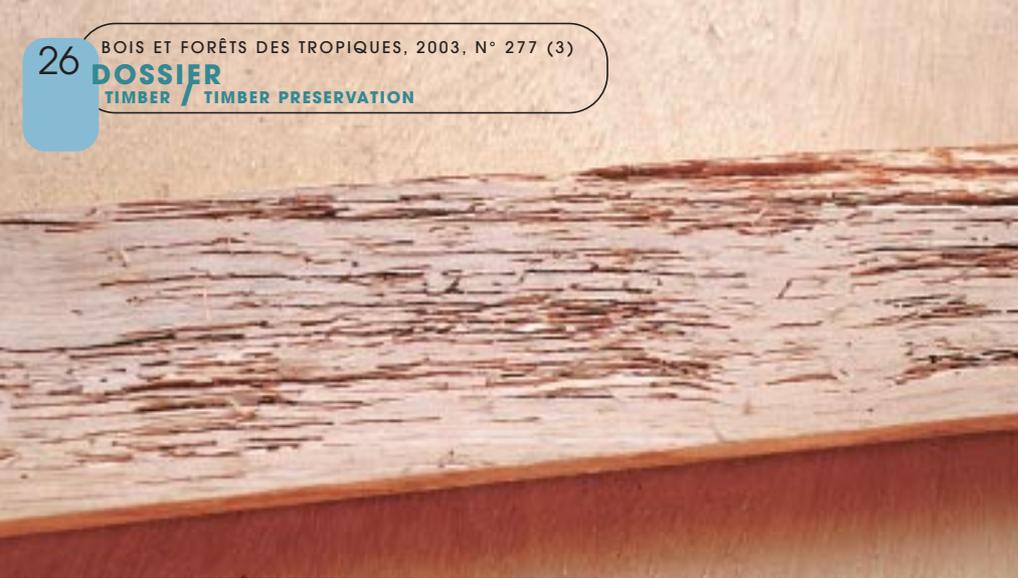


Photo 21.
Attaque de lyctus sur un échantillon de virola.
Lyctus beetle attack on a virola sample.
Photo D. Fouquet.



Photo 20.
Attaque de bostryche sur *Khaya senegalensis* (acajou).
Auger beetle attack on Khaya senegalensis (mahogany).
Photo Cirad-forêt.

mage, ils ne se trouvent jamais à l'air libre. Leurs déplacements s'effectuent toujours dans les galeries ou tunnels construits de débris divers, de terre, d'excréments, de salive, ces constructions étant révélatrices d'une attaque et de leur présence. En plus des périodes d'essaimage, la plupart de ces espèces peuvent également se reproduire par bouturage, si un nombre suffisant d'individus est éloigné du nid principal, soit en créant directement une nouvelle colonie (*Heterotermes*), soit en constituant des nids intermédiaires (*Nasutitermes*). Pour parvenir à un matériau nutritif essentiellement à base de cellulose comme le bois du papier, du linge, etc., les termites sont capables de franchir de grandes distances et de pénétrer des matériaux très divers, tels le plâtre, certains ciments, le Pvc et autres matières plastiques. Des traces de pénétration dans certains métaux ont même été observées. Les dégradations provoquées sont de deux types, soit des perforations correspondant au cheminement des termites en quête de nourriture, soit une destruction partielle ou complète des aliments eux-mêmes comme le bois (FOUQUET, 2000).

En milieu tropical humide, l'importance des champignons de pourriture fibreuse, qui libèrent la cellulose, favorise les attaques de termites même sur des essences considérées *a priori* comme résistantes.

Les autres insectes de bois secs (photos 20 et 21)

Parmi les insectes s'attaquant aux bois secs, il faut distinguer deux types d'attaques.

Attaques provoquées par les insectes larvaires

On rencontre de nombreuses espèces de coléoptères xylophages pouvant provoquer de très gros dégâts.

Les résineux sont attaqués essentiellement par des cérambycides, proches du capricorne, qu'on observe dans nos régions, les galeries étant nettement plus grandes et les dégâts plus importants.

Les bois feuillus possèdent également des ennemis redoutables comme les lyctus et les bostryches (LESNE, 1924).

Dans le cas des lyctus, seules les larves, issues des œufs pondus par les femelles, attaquent le bois. Chez les bostryches, la plupart des espèces attaquent le bois, aussi bien sous forme de larve qu'à l'état d'insecte adulte. Ce dernier type de perforation correspond, pour de nombreuses espèces, au forage d'une galerie où la femelle déposera des œufs. Mais, en tout état de cause, les dégâts sont surtout le fait d'insectes à l'état larvaire.

La biologie des lyctus et des bostryches permet d'affirmer que leurs attaques sont essentiellement

liées à la teneur du bois en amidon. Presque tous les aubiers de feuillus tropicaux sont donc susceptibles d'être détériorés par ces insectes.

Les dommages les plus importants concernent les essences fragiles à aubier non différencié (tableau I), où toute la masse du bois est soumise à un risque d'attaque certain si des précautions ne sont pas prises (DEON, 1986).

Attaques provoquées par des insectes nidificateurs

Les attaques les plus fréquentes et les plus importantes sont provoquées par des insectes hyménoptères du genre *Xylocopus*, plus couramment connus sous le nom d'« abeille charpentière ».

Comme l'indique le qualificatif « nidificateur », ce ne sont pas des insectes xylophages mais des intrus qui s'installent dans le bois, et plus particulièrement dans les charpentes, pour y nicher et pondre. Les nids sont constitués d'alvéoles de plusieurs centimètres carrés de surface, séparées par une fine lamelle de bois. Quand l'insecte a pris l'habitude de s'installer dans une charpente, il revient périodiquement au moment des pontes, sauf si un produit répulsif a été utilisé.

À noter que certaines espèces de fourmis peuvent s'installer dans des ouvrages déjà attaqués par les termites pour y faire leur nid et contribuer à la poursuite des dégradations.

Organismes marins et salissures marines

(photos 22 et 23)

Les régions tropicales sont bordées par des mers chaudes et salées, favorables au développement d'une faune aquatique importante. De nombreux organismes ou micro-organismes prolifèrent en s'attaquant aux ouvrages en bois (pontons, wharfs, piliers, etc.) et aux coques de bateaux de pêche ou de plaisance.

Les principales altérations sont dues à des térébrants ou mollusques foreurs appelés « tarets », dénomination qui regroupe de nombreuses variétés (les plus fréquentes étant *Bankia* et *Teredo*). Ce sont les organismes marins les plus redoutables. Ils se rencontrent dans les eaux salées et saumâtres (estuariers, lagunes, etc.). Ils pénètrent dans le bois à l'état de jeunes larves, donc par un très petit orifice, puis ils s'y développent et peuvent y passer leur vie entière.

La durée de vie hors de l'eau n'excède pas une heure, mais les réinfestations sont fréquentes. La longueur des galeries, tapissées par un manchon calcaire, peut dépasser le mètre et leur diamètre atteindre l'épaisseur du pouce.

Il existe de nombreuses espèces de tarets, chacune ayant ses propres conditions optimales de vie. Les facteurs les plus importants pour leur développement étant la salinité et la température de l'eau (OCDE, 1968).

D'autres dégâts sont causés par les pholades. Caractéristiques des mers tropicales, ces mollusques ressemblent à de petites moules qui se fixent sur les éléments en bois et creusent des loges d'habitation pouvant entamer le bois sur plus de 10 cm de profondeur. Les genres les plus fréquents sont *Martesia* (dans toutes les mers chaudes), *Lignopholas* (dans l'océan Indien), *Barnea* (sur les côtes des Caraïbes et de l'Amérique du Sud).

Tableau I.

Principales essences fragiles nécessitant un traitement.

| Appellation Atibt | Provenance | Nom scientifique | Famille |
|-------------------|------------|---------------------------------|------------------|
| Abura | Af | <i>Mitragyna</i> sp. | Rubiacées |
| Ako | Af | <i>Antiaris toxicaria</i> | Moracées |
| Akossika | Af | <i>Scottellia</i> sp. | Flacourtiacées |
| Andoung | Af | <i>Monopetalanthus</i> spp. | Césalpiniacées |
| Benuang | As | <i>Octomeles sumatrana</i> | Datiscacées |
| Couroupita | Am | <i>Couroupita</i> sp. | Lécythidacées |
| Duabanga | As | <i>Duabanga moluccana</i> | Sonneratiacées |
| Ekoune | Af | <i>Coelocaryon preussii</i> | Myristicacées |
| Emien | Af | <i>Alstonia boonei</i> | Apocynacées |
| Essessang | Af | <i>Ricinodendron heudelotii</i> | Euphorbiacées |
| Eyong | Af | <i>Eribroma oblonga</i> | Sterculiacées |
| Fuma | Af | <i>Ceiba pentandra</i> | Bombacacées |
| Geronggang | As | <i>Cratoxylon arborens</i> | Hypericacées |
| Hévêa | As | <i>Hevea brasiliensis</i> | Euphorbiacées |
| Ilomba | Af | <i>Pycnanthus angolensis</i> | Myristicacées |
| Jelutong | As | <i>Dyera costulata</i> | Apocynacées |
| Kondroti | Af | <i>Rhodognaphalon</i> sp. | Bombacacées |
| Koto | Af | <i>Pterygota</i> sp. | Sterculiacées |
| Limba | Af | <i>Terminalia superba</i> | Combretacées |
| Machang | As | <i>Mangifera</i> sp. | Anacardiées |
| Marupa | Am | <i>Simarouba</i> sp. | Simaroubacées |
| Medang | As | <i>Dehaasia</i> sp. | Lauracées |
| Meranti white | As | <i>Shorea</i> sp. | Diptérocarpacées |
| Obeché | Af | <i>Triplochiton scleroxylon</i> | Sterculiacées |
| Ohia | Af | <i>Celtis</i> sp. | Ulmacées |
| Onzabili | Af | <i>Antrocaryon klaineum</i> | Anacardiées |
| Parapara | Am | <i>Jacaranda copaia</i> | Bignoniacées |
| Pulai | As | <i>Alstonia</i> sp. | Apocynacées |
| Ramin | As | <i>Gonystylus</i> sp. | Gonystylacées |
| Sepetir | As | <i>Sindora</i> sp. | Césalpiniacées |
| Seraya white | As | <i>Parashorea</i> sp. | Diptérocarpacées |
| Sesendok | As | <i>Endospermum</i> sp. | Euphorbiacées |
| Virola | Am | <i>Virola</i> sp. | Myristicacées |

Af : Afrique ; Am : Amérique du Sud ; As : Asie.

Photo 22.

Salissures marines sur une éprouvette d'essai, en Guyane.

Fouling in test tube, Guyana.

Photo D. Fouquet.



Certains crustacés appartenant aux genres *Limnoria* et *Chelura* peuvent creuser des galeries dans des bois tendres ou très altérés. Le bois en surface prend un aspect spongieux avec des galeries de quelques millimètres de diamètre. Ces organismes marins causent des dégâts superficiels mais parfois importants sur les coques des embarcations. D'autres crustacés comme les balanes se fixent sur tout type de support et peuvent, après frottements, provoquer des cassures sur des ouvrages en bois. La carapace des espèces tropicales est beaucoup plus solide que celle des espèces tempérées.

De nombreux micro-organismes (bactéries, champignons, algues, etc.) peuvent se développer en se fixant sur le bois immergé ou périodiquement découvert (marées). Les altérations constatées sont uniquement superficielles.

En revanche, des dégradations biologiques importantes peuvent se manifester sous l'action de pourritures molles, provoquées soit par des ascomycètes, le plus souvent du genre *Corollospora*, soit par des *Fungi imperfecti* du genre *Cirrenalia* (HYDE, 2000). Les bois sont infestés pendant les périodes d'émersion. Selon certaines observations faites en Côte-d'Ivoire, il y aurait dans certains cas préconditionnement des bois par ces champignons avant les attaques de *Limnoria* et de *Teredo*

Les moyens de lutte

Précautions élémentaires

(photo 24)

Précautions d'ordre architectural. Il serait trop long d'énumérer ici toutes les mesures et tous les détails de construction nécessaires à mettre en œuvre pour empêcher le développement des agents de détérioration du bois en zone tropicale humide. Nous citerons seulement quelques précautions élémentaires indispensables pour limiter ces attaques (DEON, 1986 ; FOUGEROUSSE, 1966).

Dans ces régions, il faut :

- isoler la construction du sol au moyen de pilotis en béton pour diminuer les risques d'infestation par les termites souterrains ;
- assurer une bonne ventilation de toute la maison et éviter des concentrations d'humidité dans certaines pièces (cuisines, salles de bains...) ;
- éviter les assemblages inadaptés, comme les tenons et mortaises en extérieur ;
- ne pas encastrier le bois directement dans le béton ;
- faire des débords de toiture suffisamment larges pour empêcher la réhumidification des menuiseries extérieures et des parois ;
- respecter les règles de mise en œuvre des matériaux de toiture pour éviter les infiltrations par le haut ;

- débarrasser les pourtours de la maison des vieux débris de bois et autres matériaux cellululosiques ;
- éviter le stockage de bois de chauffage trop près des habitations ;
- construire sur un sol bien drainé ;
- choisir un système constructif adapté au climat du pays, en évitant plus particulièrement le panneau sandwich et les « doubles peaux » ;
- employer des bois naturellement durables (tableaux II, III, IV).

La plupart des régions concernées par ce climat chaud et à forte pluviosité sont peuplées de forêts riches en essences variées, dont les propriétés physiques et mécaniques ainsi que la durabilité naturelle permettent d'envisager de multiples usages, notamment en construction, sans aucune protection chimique (VERNAY, FOUQUET, 1993).

Ces nombreuses espèces ont fait et font toujours l'objet d'études approfondies, afin de déterminer leur meilleur emploi possible compte tenu des conditions d'exposition des ouvrages.

Il est donc nécessaire de dresser une classification de ces différentes possibilités, de la manière suivante :

1) Bois au contact direct avec le sol et soumis aux intempéries

Principaux risques biologiques : termites, insectes xylophages, tous les types de pourritures dont principalement la pourriture molle.



Photos 23.

Attaque de tarets en Guyane. Vues extérieure ▲ et intérieure ►.

Shipworm damage, Guyana. Exterior view ▲ and interior view ►.

Photo D. Fouquet.

Tableau II.
Afrique : bois résistant naturellement en usage extérieur.

| | Nom pilote ou à usage courant | Nom scientifique | Famille |
|---|-------------------------------|--------------------------------|-----------------|
| Essences courantes commercialisées | Azobé | <i>Lophira alata</i> | Ochnacées |
| | Bilinga (badi) | <i>Nauclea diderichii</i> | Rubiacées |
| | Padouk | <i>Pterocarpus soyauxii</i> | Fabacées |
| | Tali | <i>Erythrophleum</i> sp. | Césalpiniacées |
| | Niové | <i>Staudtia kamerunensis</i> | Myristicacées |
| Essences dont l'aspect esthétique permet d'autres utilisations plus valorisantes* | Bubinga | <i>Guibourtia</i> sp. | Césalpiniacées |
| | Ovengkol | <i>Guibourtia ehie</i> | Césalpiniacées |
| | Doussié | <i>Afzelia</i> sp. | Césalpiniacées |
| | Moabi | <i>Baillonella toxisperma</i> | Sapotacées |
| | Makoré - Douka | <i>Tieghemella africana</i> | Sapotacées |
| | Wengé | <i>Millettia laurentii</i> | Fabacées |
| | Afrormosia | <i>Pericopsis elata</i> | Fabacées |
| | Muninga | <i>Pterocarpus angolensis</i> | Fabacées |
| Essences à fort potentiel, peu commercialisées | Congotali | <i>Letestua durissima</i> | Sapotacées |
| | Mukulungu | <i>Autranella congolensis</i> | Sapotacées |
| | Okan | <i>Cylicodiscus gabunensis</i> | Césalpiniacées |
| Autres essences peu connues | Monghinza (fou) | <i>Manilkara</i> sp. | Sapotacées |
| | Landa | <i>Erythroxylum mannii</i> | Erythroxylacées |
| | Kanda | <i>Beilschmiedia mannii</i> | Lauracées |
| | Nganga | <i>Cynometra</i> sp. | Césalpiniacées |
| | Ogouomo (okolangouma) | <i>Lecomtedoxa klaineara</i> | Sapotacées |
| | Rikio | <i>Uapaca</i> sp. | Euphorbiacées |
| | Oboto | <i>Mammea africana</i> | Clusiacées |
| | Vésambata | <i>Oldfieldia africana</i> | Euphorbiacées |

* Ébénisterie, décoration.



Photo 25.
Pirogue en bois.
Canoe in wood.
Photo M. Vernay.



Photo 24.
Choisir le bon bois pour la bonne utilisation, un exemple en Guyane.
Choosing the right kind of timber for the purpose, example in Guyana.
Photo M. Vernay.

Tableau III.
Amérique du Sud : bois résistant naturellement en usage extérieur.

| | Nom pilote ou à usage courant | Nom scientifique | Famille |
|---|-----------------------------------|------------------------------|----------------|
| Essences courantes commercialisées | Tatajuba Bagasse | <i>Bagassa</i> sp. | Moracées |
| | Greenheart | <i>Ocotea rodiaei</i> | Lauracées |
| | Ipé (ébène verte) | <i>Tabebuia</i> sp. | Bignoniacées |
| | Maçaranduba (balata franc) | <i>Manilkara</i> sp. | Sapotacées |
| | Quebracho colorado (pau mulato) | <i>Schinopsis</i> sp. | Anacardiacées |
| | Angelim vermelho | <i>Dinizia excelsa</i> | Mimosacées |
| Essences dont l'aspect esthétique permet d'autres utilisations plus valorisantes* | Wacapou | <i>Vouacapoua americana</i> | Césalpiniacées |
| | Pau amarelo | <i>Euxylophora paraensis</i> | Rutacées |
| Essences à fort potentiel, peu commercialisées | Tonka (gaiac de Cayenne) (cumaru) | <i>Dipteryx</i> sp. | Fabacées |
| | Pau santo | <i>Zollernia</i> sp. | Césalpiniacées |
| | Itauba | <i>Mezilaurus</i> sp. | Lauracées |
| | Peroba rosa (komati kopi) | <i>Aspidosperma</i> sp. | Apocynacées |
| Autres essences peu connues | Walaba (wapa) | <i>Eperua</i> sp. | Césalpiniacées |
| | Andira (saint-martin rouge) | <i>Andira</i> sp. | Fabacées |

* Ébénisterie, décoration.

Tableau IV.
Asie : bois résistant naturellement en usage extérieur.

| | Nom pilote ou à usage courant | Nom scientifique | Famille |
|---|-------------------------------|---|------------------|
| Essences courantes commercialisées | Billian | <i>Eusideroxylon zwageri</i> | Lauracées |
| | Padauk | <i>Pterocarpus</i> sp. | Fabacées |
| | Balau yellow (bangkirai) | <i>Shorea</i> section <i>Eushorea</i> <i>Shorea laevis</i> | Diptérocarpacées |
| | Kapur | <i>Dryobalanops</i> sp. | Diptérocarpacées |
| Essences dont l'aspect esthétique permet d'autres utilisations plus valorisantes* | Merbau | <i>Intsia bijuga</i> | Césalpiniacées |
| Essences à fort potentiel, peu commercialisées | Chengal | <i>Neobalanocarpus heimii</i> | Diptérocarpacées |
| | Pyinkado | <i>Xylia</i> spp. | Mimosacées |
| Autres essences peu connues | Giam | <i>Hopea</i> sp. | Diptérocarpacées |

* Ébénisterie, décoration.

Tableau V.
Essences résistantes aux tarets.

| Essence | Nom scientifique | Continent | Critère de durabilité | Famille |
|------------------|--|-----------------|-----------------------|------------------|
| Alep | <i>Desbordesia glaucescens</i> | Afrique | 1 | Irvingiacées |
| Angélique | <i>Dicorynia guianensis</i> | Amérique du Sud | 1-2 (1) | Césalpiniacées |
| Azobé | <i>Lophira alata</i> | Afrique | 1 (2) | Ochnacées |
| Balata | <i>Manilkara</i> sp. | Amérique du Sud | 1-2 | Sapotacées |
| Bangkirai | <i>Shorea laevis</i> | Asie | 1-2 | Diptérocarpacées |
| Bilinga | <i>Nauclea diderichii</i> | Afrique | 1 | Rubiacees |
| Billian | <i>Eusideroxylon zwageri</i> | Asie | 1-3 | Lauracées |
| Congotali | <i>Letestua durissima</i> | Afrique | 1-2 | Sapotacées |
| Douka | <i>Thiegemella africana</i> | Afrique | 1-2 | Sapotacées |
| Eyoun | <i>Dialium</i> sp. | Afrique, Asie | 2 | Césalpiniacées |
| Galette | <i>Licania</i> sp. | Amérique du Sud | 2 | Chrysobalanacées |
| Grapia | <i>Apuleia leiocarpa</i> | Amérique du Sud | 3 (3) | Césalpiniacées |
| Greenheart | <i>Ocotea rodiaei</i> | Amérique du Sud | 1-3 | Lauracées |
| Ipé | <i>Tabebuia</i> sp. | Amérique du Sud | 1 | Bignoniacées |
| Itauba | <i>Mezilaurus itauba</i> | Amérique du Sud | 1-3 | Lauracées |
| Moabi | <i>Baillonella toxisperma</i> | Afrique | 1-2 | Sapotacées |
| Monyhinza | <i>Manilkara obovata</i> | Afrique | 1-2 | Sapotacées |
| Muhimbi ou ngany | <i>Cynometra alexandri</i> <i>Cynometra</i> sp. | Afrique | 1-2 | Césalpiniacées |
| Mukulungu | <i>Austranella congolensis</i> | Afrique | 1-2 | Sapotacées |
| Okan | <i>Cylicodiscus gabunensis</i> | Afrique | 1 | Césalpiniacées |
| Padouk | <i>Pterocarpus soyauxii</i> | Afrique | 1-3 (4) | Fabacées |
| Sougué | <i>Parinari</i> sp. | Afrique | 2 (5) | Chrysobalanacées |
| Tatajuba | <i>Bagassa</i> spp. | Amérique du Sud | 2 | Moracées |
| Teck | <i>Tectona grandis</i> | Asie | 2 | Verbenacées |
| Wacapou | <i>Vouacapoua americana</i> | Amérique du Sud | 1-3 | Césalpiniacées |
| Walaba | <i>Eperua</i> sp. | Amérique du Sud | 1 | Césalpiniacées |
| Wamara | <i>Bocoa provacensis</i> | Amérique du Sud | 1 | Césalpiniacées |

(1) Seulement en milieu marin. (2) Seulement sous climat tempéré. (3) En construction navale seulement.
(4) En Europe seulement. (5) Peu durable hors de l'eau.

2) Bois isolés du sol, mais exposés aux intempéries

Principaux risques biologiques : termites, insectes xylophages, pourritures sauf pourriture molle.

3) Bois sous abri, mais au contact permanent d'une source d'humidité (mêmes risques qu'en 2, mais moins prononcés pour les attaques cryptogamiques)

4) Bois immergés dans l'eau douce

Si le bois est complètement immergé, il n'a rien à redouter des attaques de champignons et d'insectes. S'il est en partie immergé, la zone émergée se trouve fortement exposée à la pourriture.

5) Bois immergés en eau salée ou saumâtre

Risques biologiques : térébrants marins, salissures marines, pourritures molles.

Remarque : pour les bois immergés en milieu marin, il est préférable, pour des considérations environnementales, d'utiliser des essences naturellement durables (tableau V).

Il existe trois critères pour expliquer la résistance naturelle aux xylophages marins et en particulier aux tarets :

- critère 1, bois très dense à grain fin ou très fin ;
- critère 2, taux de silice élevé ;
- critère 3, huiles essentielles ou contenus répulsifs.

Traitements préventifs

(photos 26 et 27)

Bois. Préserver un bois préventivement, c'est lui assurer, par le truchement de produits chimiques, fongicides ou insecticides, la résistance qu'il n'a pas naturellement, cela pour une durée aussi longue que possible, liée à la durée de service de l'ouvrage. On parle alors de durabilité conférée.

Le produit et le procédé de traitement dépendront des conditions d'emploi et d'exposition du matériau en service. Ils devront être adaptés aux spécificités climatiques et biologiques des régions tropicales humides tout en préservant l'environnement. Le laboratoire de préservation du Cirad-forêt et son homologue du Ctba travaillent pour mettre en service des produits et des procédés certifiés respectant ces impératifs.

D'une manière générale, les bois exposés en extérieur devront subir un traitement en autoclave par vide et pression (procédé Bethell). Les bois utilisés sous abri devront être traités par trempage.

Les produits utilisés devront satisfaire aux mêmes exigences d'efficacité et de préservation de l'environnement qu'en Europe, là où les tests et contrôles sont les plus efficaces. Ces produits pourront être obtenus par synthèse chimique, à partir de matières actives fabriquées par les grands groupes de l'industrie chimique, mais aussi à partir d'extraits de plantes ou d'essences contenant des molécules ou des groupes de molécules naturellement insecticides, fongicides ou répulsives.



Photo 26.

Autoclaves pour le traitement des bois en profondeur.

Cylinders for deep timber treatment.

Photo Cirad-forêt.

Autres matériaux de construction. Il est recommandé d'utiliser pour les différents panneaux, cloisons, murs, tuyauteries et canalisations des matériaux préalablement traités antitermites par injection de produit ou greffage chimique.

Sols. Dans ces pays infestés par les termites souterrains, il est impératif de traiter préalablement les sols avant toute construction, soit par épandage d'un produit antitermites sous le bâti et dans les fondations, soit par l'installation d'une barrière physico-chimique (films polyanes avec greffage de molécules insecticides) ou simplement physique, comme en Australie (concrétions siliceuses empêchant le passage des termites).

Traitements curatifs

Si l'ouvrage a subi des dégâts dus à des attaques d'insectes ou de champignons, des traitements curatifs peuvent être envisagés lorsque les détériorations ne sont pas trop importantes.

Dans un premier temps, il faut nettoyer les pièces attaquées des sciures et vermoulores présentes sur les lieux. Il faut ensuite supprimer les pièces fortement endommagées et les remplacer par des bois durables ou préalablement traités.

Selon l'essence, le produit devra être injecté si le bois est imprégnable ou administré par aspersion ou badigeonnage dans le cas contraire. Les produits sont du même type que ceux utilisés en traitement préventif, généralement à la fois fongicides et insecticides.

Les traitements antitermites posent un cas particulier. En effet, dans les pays tropicaux, les termites constituent un véritable fléau pour les constructions. Les nombreuses espèces ne se comportent pas de la même manière vis-à-vis des traitements chimiques préventifs et curatifs. Les surdosages en matières actives (doublement des valeurs critiques) ne sont que des pis-aller insuffisants pour assurer une protection sur le long terme. Les fortes pluies et la faible imprégnabilité des bois s'opposent à une fixation à long terme des produits. Les procédés de traitement en profondeur sont hors de prix et difficiles à mettre en œuvre. Actuellement, seules les essences naturellement durables peuvent être utilisées raisonnablement, en s'assurant bien de leur résistance à la fois aux champignons de pourriture fibreuse et aux termites.

De nouvelles techniques sont actuellement à l'étude pour enrayer les attaques de termites souterrains quand ceux-ci sont installés dans les constructions. Ces techniques consistent à installer des pièges sur le parcours habituel des termites. Les ouvriers transmettent à la reine les matières toxiques contenues dans ces appâts. Ce sont soit des inhibiteurs de synthèse de chitine, soit des matières toxiques qui empoisonnent la reine au cours de sa digestion.

Les essais menés actuellement permettent d'affirmer une certaine efficacité de ce type de lutte exclusivement pour certaines espèces de la famille des rhinotermitidés. Or il est fréquent, en zone tropicale, d'avoir plusieurs espèces de termites infestant une même habitation.

Conclusion

Les forêts tropicales humides sont riches en espèces variées permettant de nombreuses utilisations dans l'habitat et la construction. Une bonne évaluation des risques biologiques et climatiques et une conception architecturale judicieuse doivent conduire à un choix d'essences adaptées aux ouvrages, en tenant compte de leur durabilité naturelle. Les recherches dans ce domaine doivent être poursuivies et renforcées, car de nouvelles espèces arrivent toujours sur le marché. Une meilleure compréhension de ces phénomènes liés à la composition chimique des bois amènera à trouver des solutions moins polluantes pour conférer une durabilité suffisante aux bois les plus fragiles.

Les produits commercialisés dans ces régions doivent répondre aux mêmes exigences de respect de l'environnement qu'en Europe. Les pays tropicaux ne doivent pas devenir le « déversoir » des produits périmés des pays industrialisés.

Sélection bibliographique

BECKER G., 1977. Destruction du bois par les termites dans l'Empire Centrafricain. Eschborn, Allemagne, Gtz, 91 p.

DEON G., 1986. Manuel de préservation des bois en climat tropical. Nogent-sur-Marne, France, Ctft, 116 p.

DEON G., FOUQUET D., 1993. Lutter contre les termites de Guadeloupe. Nogent-sur-Marne, France, Cirad-forêt, 24 p.

DURAND P.-Y., LAM BINH LOI, 1971. Les termites du Vietnam. Paris, France, Services des recherches forestières, 136 p.

FOUGEROUSSE M., 1965. Champignons lignicoles des bois fraîchement abattus en Afrique Tropicale. Holz und Organismen, 3 p.

FOUGEROUSSE M., 1966. La préservation des bois de construction dans les pays de l'Ouest africain. Bois et Forêts des Tropiques, 109, 165 p.

FOUQUET D., 2000. Les termites dans les Dom-Tom. Bois et Forêts des Tropiques, 264, 16 p.

HARRIS W. V., 1971. Termites. Their recognition and control. Londres, Royaume-Uni, Longman, 186 p.

HYDE K. D., 2000. Marine mycology. Sydney, Australie, S.B. Pointing, Fungal Diversity, 375 p.

LESNE P., 1924. Les coléoptères bostrychidés de l'Afrique Tropicale Française. Paris, France, Puf, 287 p.

MATHEWS G. A., 1977. Studies on termites from the Mato Grosso State. Brasília, Brésil, Academia Brasileira de Ciencias, 267 p.

OCDE, 1968, Les perforants, les champignons et les salissures du bois en milieu marin. Table ronde Ocde, Bruxelles, Belgique, 397 p.

VERNAY M., FOUQUET D., 1997. Guide d'utilisation des bois de Guyane dans la construction. Montpellier, France, Cirad-forêt, 205 p.



Photo 27.

Traitement de sciages par trempage.

Treating saw wood by soaking.

Photo M. Vernay.

SYNOPSIS

FACTORS OF TIMBER PRESERVATION AND DETERIORATION IN HUMID TROPICAL ZONES

Daniel FOUQUET

Because of their climate, the humid tropical regions of Africa, South America, Asia and Oceania are conducive to the development of pathogens involved in the deterioration of timber. With air humidity varying from 70 to 100 % and ambient temperatures above 25°C, these regions provide optimal conditions for the development of wood-devouring insects, wood-rotting fungi and boring molluscs.

Deterioration can be extensive and even catastrophic throughout the process, from logging through to final use.

Damage within forests

Timber stacked in forest sites is often attacked by discolouring or suffocating fungi, and even by rot when left too long on the spot. Depending on the season, bark beetles (insects of the family *scolytidae*) will bore more deeply and more actively. Logs may also be downgraded because of the extensive galleries bored by cerambycid beetles, even though damage of this kind is localised. With susceptible species, effective remedies include speedy removal and floating or, at the very least, chemical spraying.

Damage to newly cut timber

After sawing or rotary cutting, freshly cut wood is also susceptible to damage from these pathogens. Deterioration can be halted by kiln drying at high temperatures or by applying temporary chemical treatments.

Damage to timber used in construction

In this case, the quality of construction work and the choice of species are essential. Because such a wide range of species is available in humid tropical zones, it is possible to make a careful selection taking into account the natural durability of timber according to the type of exposure. Failing such precautions, damage is inevitable and substantial. Termites are the main cause of damage to buildings and construction timber. The numerous termite species are found in every continent, whether underground, like rhinotermitidae, or in construction timbers, like kalotermitidae. Given that termites also devour cellulose, the damage to wood is deep and irreversible. Other insect larvae will attack cambium wood and fragile timber species that are often used for plywood panels. Wood-rotting fungi, which mainly damage either cellulose (cubical rot) or lignine (stringy rot), or both at once (soft rot) proliferate in countries with extremely humid climates.

Wooden structures that are partially or completely submerged in the sea or lagoons are exposed to wood-boring molluscs like shipworms, as well as to attacks by crustaceans and soft rot fungi living in these environments. Methods of control that are effective in Europe do not always work in tropical regions, and research is needed to find appropriate solutions. As in Europe, any preventive and curative chemical treatments that are recommended as a last resort have to be environmentally sound, both in natural and urban environments.