

SUR LA DURABILITÉ NATURELLE DES BOIS TROPICAUX

Causerie faite lors de la 6^e session de Protection des bois, de la Deutschen Gesellschaft für Holzforschung
Hambourg, le 9 juillet 1959.

par le Professeur Dr W. BAVENDAMM

de la Section de Pathologie et Protection des bois de la Bundesanstalt für Forst und Holzwirtschaft, Reinbeck.

Si l'on ouvre le premier volume, paru en 1951, de notre traité classique allemand « Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe » (Technologie du bois et des matériaux dérivés) de F. KOLLMANN (23), à la table des matières et si l'on cherche le terme « Durabilité naturelle » on est surpris de ne pas le trouver. Il n'apparaît pas non plus dans le sommaire du volume consacré à l'anatomie, la pathologie, la chimie et la physique du bois. Il est vrai que le terme « Durabilité » est représenté dans l'index analytique, mais il nous renvoie à différents chapitres où il est brièvement question, entre autres, de l'influence, de la station, de l'époque d'abattage et du contact avec le sol sur la durée des bois. Il manque donc un traité complet et moderne de la question, et c'est en vain que l'on passe en revue les nombreux travaux consacrés à ce sujet dans le monde, surtout ceux traitant de la durabilité des bois tropicaux.

La situation n'est guère meilleure si l'on considère, d'autres livres, comme par exemple l'ouvrage de GAYER-FABRICIUS (16) « Forstbenutzung » (Utilisation de la forêt). Dans les éditions anciennes de cet ouvrage, la durabilité est classée parmi les propriétés techniques, plus tard dans les propriétés technico-mécaniques des bois, et enfin, dans la dernière édition de 1949 dans les propriétés physiques.

Si nous nous demandons pour quelle raison on ne trouve pas, dans les manuels et traités, une représentation complète et cohérente de l'état actuel de la question, pour quoi on hésite à classer la durabilité dans les propriétés des bois, ceci, à mon avis, vient surtout du fait que cette question a été étudiée par des chercheurs de différentes disciplines (botanistes, zoologistes, forestiers, techniciens et technologues du bois, chimistes) et que nombre de données — souvent purement locales et insuffisamment fondées — reposent uniquement sur le jugement de praticiens. Ces spécialistes n'ont, la plupart du temps, considéré que les données se rapportant à leur spécialité, ce qui les conduisit parfois à l'erreur, et il a manqué jusqu'à ces tout derniers temps, une synthèse nette des données acquises jusqu'à présent. De plus, les travaux originaux sont dispersés dans les revues spécialisées les plus diverses. Les premiers essais scientifiques sur la durabilité des bois furent entrepris par les ingénieurs, constructeurs, technologues du bois des nations qui eurent à souffrir des méfaits des parasites marins (surtout des tarets) sur leur bateaux et le long de leurs côtes. Je ne citerai ici que les premières recherches anglaises des années 1814-1843, rapportées par STEVENSON en 1874 (37) et les résultats des « Commissions des Tarets », par exemple ceux de la Commission Hollandaise des Tarets, qui organisa des expériences de 1860 à 1865 (27). Ce n'est que plus tard que les zoologistes se mirent au travail. A peu près à la même époque on commença les expériences et les recherches sur la résistance à la pourriture. En ce qui concerne les essais *in situ*, je ne signalerai que le premier essai de ce type par Georg Ludwig HARTIG (18,

19), qui en publia les résultats de 1834 à 1836 après dix ans d'expérience. Il n'y avait d'ailleurs pas là de bois tropicaux. De même les essais américains de pieux, commencés avec GRUMLEY (10), 1910, qui se poursuivent encore de nos jours, ne portent que sur des espèces indigènes. Ce n'est qu'en 1938 que FINDLAY (15) a commencé des recherches étendues sur les bois d'outre-mer. Les essais en laboratoire, longs mais plus précis dans leurs résultats débutèrent en 1860 avec le vase à décomposition de NORDLINGER (25) et en 1911 avec les essais bactériologiques de VAN ITERSON et SÖHNGEN (22). A partir de 1915, en Amérique en premier lieu, les bois tropicaux furent compris dans les essais. Les essais sur la résistance aux termites débutèrent enfin aux U. S. A. où comme pionnier, il faut citer SNYDER, qui effectua à partir de 1915 des expériences *in situ* (35-36). Les essais en laboratoire ne commencèrent que beaucoup plus tard, pour la première fois en 1930, avec HILL. (21).

Si l'on considère la littérature très abondante, se rapportant aux trois aspects de la question (résistance aux tarets, à la pourriture et aux termites, des bois tropicaux), et que j'ai rassemblée et dépouillée depuis le début de mon activité de chercheur spécialiste du bois, il apparaît clairement que le zoologiste ignore les recherches du botaniste et inversement, que le chimiste n'a qu'occasionnellement été consulté ou qu'il a entrepris des recherches pour son propre compte, bref, que longtemps le problème de la durabilité naturelle n'a pas été traité dans son ensemble. Pour y remédier, après de vastes travaux expérimentaux sur la résistance à la pourriture des bois tropicaux, qui furent commencés à Tharandt près de Dresde en liaison avec l'ancien Reichsinstitut für ausländische und koloniale Forstwirtschaft, l'actuelle Bundesforschungsanstalt, et qui furent poursuivies après la guerre à Reinbeck (2), j'ai tenté pour la première fois en janvier 1944, de faire une synthèse sur la question — fait nouveau jusqu'alors — lors d'une session de la Deutschen Gesellschaft für Holzforschung. Le rapport intitulé « La durabilité naturelle du bois » publié dans les communications du Reichsinstitut (2) est resté malheureusement peu connu, non seulement à cause de la fin de la guerre et des troubles de l'après-guerre, mais aussi parce que ces publications — dont seulement 8 numéros parurent — ne se trouvent que dans de rares bibliothèques. Le contenu est cependant toujours d'actualité ; mais bien entendu j'ai aujourd'hui une vue plus précise des problèmes, et puis entrer plus facilement dans des considérations fondamentales. On reviendra sur des détails dans d'autres publications.

Bien qu'après mon déménagement de Tharandt à Reinbeck à la fin de 1947, je dus faire face à des obligations plus pressantes, et que je me consacrai entre autres, à la protection des bois de construction et à l'étude des procédés de construction, le problème de la durabilité des bois tropicaux est resté mon violon d'Ingres secret, et le travail

théorique et pratique avança lentement, mais progressa. A partir de 1948 je m'intéressai, par exemple, à la résistance des bois tropicaux aux parasites marins (3), et les plus intéressants furent alors essayés sur nos côtes, dans le cadre du Comité des côtes de la Mer du Nord et de la Baltique (6) et, la même année complétant mon rapport de Vienne, je rassemblai pour la première fois les données embrassant « les tests de la durabilité naturelle des bois, particulièrement des bois tropicaux, en ce qui concerne la résistance aux champignons, termites et tarets ». Ces données ont été malheureusement à nouveau publiées dans une revue, qui n'est pas visible partout (4). En 1955, enfin, j'ai élaboré, dans le livre de mon collègue Hans SCHMIDT sur les termites, le volumineux chapitre « La durabilité naturelle des bois, en présence des méfaits des termites » (5).

Si je considère ce qui a changé et ce qui n'a pas changé, par rapport à mon exposé de Vienne, la situation se présente comme suit : D'une façon générale, on ne suit toujours pas ma proposition, de préciser le terme « durabilité » c'est-à-dire de parler de durabilité à l'usage, aux produits chimiques, aux mycoses etc... si bien qu'il y a, aujourd'hui encore des points obscurs et des erreurs. Si l'on considère les champignons du bleuissement, et les champignons de la pourriture nouvellement découverts, le terme général de résistance aux mycoses, voire à la pourriture, ne suffit plus non plus. Ces champignons sont non seulement très résistants aux produits habituels de préservation des bois utilisés pour lutter contre les champignons lignivores (comme la Mérule), mais également résistants aux substances accessoires du bois de cœur (voir RENNERFELT (31) et RENNERFELT et NACHT (32)). Il faut également savoir distinguer entre les *Teredo*, *Limnoria* et les autres parasites marins (6).

En ce qui concerne les essais, on n'est malheureusement pas encore parvenu à se mettre d'accord sur le plan international sur des méthodes précises, bien que, heureusement, des efforts importants soient entrepris dans ce sens par les spécialistes des termites. Pour la résistance à la pourriture, la technique du flacon de KOLLE est la méthode de laboratoire la plus utilisée, et pour la résistance des bois tropicaux aux parasites marins, il y a lieu de conserver la méthode standard de trempage d'éprouvettes en mer. De même la mise au point des essais en aquarium avec eau de mer, introduits en 1944 en Allemagne par BECKER (7) seront très profitables aux recherches à venir.

La situation est la même en ce qui concerne la classification de la résistance des bois tropicaux aux différents organismes. Dans une thèse de mon élève KREMER, traitant en 1956 de la résistance naturelle des bois à la destruction par les champignons, il apparaît que dans ce seul domaine, existent 5 ou 6 classifications, si bien qu'il est difficile de faire des comparaisons (24). De même notre essai d'harmonisation des résultats obtenus en laboratoire avec ceux obtenus *in situ* se heurte encore à de grosses difficultés. La classification est rendue difficile par le fait que maints auteurs considèrent au même titre la résistance aux champignons et la résistance aux termites. Par contre la classification de WOLCOTT utilisée en 1950 au cours de ses tests sur la résistance aux termites de nombreux bois tropicaux est à retenir (39).

Fort heureusement les données sur l'influence de la taille de l'éprouvette, de l'endroit de prélèvement dans le tronc et d'autres facteurs comme l'époque de l'abattage se sont multipliés. La majorité des observations et données concerne la résistance à la pourriture, elles ont été rassemblées par KREMER. Ainsi par exemple, CARTWRIGHT (1941) a établi l'existence de différences non seulement longitudinales mais aussi transversales, les couches externes du bois de cœur présentant souvent le plus de résistance (9) etc... Il faut aussi citer le bel exemple d'AMOS et DADSWELL (1948), relatif à l'influence de l'habitat de l'arbre sur la résistance du bois aux tarets. Le bois du Turpentine australien (*Lyreocarpia laurifolia*) était, en dehors de son pays d'origine, Hawaï, moins résistant, sans doute en raison d'une teneur moindre en silice (1). Ces observations

et ces faits valent pour les trois domaines de la résistance naturelle des bois, que je traite ici, et c'est un exemple du profit que l'on tire à dépasser les frontières de chaque spécialité. Le problème de la stabilité des substances accessoires conférant au bois sa résistance, auquel on prête peu à peu attention n'est pas différent. Je signale seulement l'observation de HENF, publiée en 1952 (25). L'Iroko frais (*Chlorophora exelsa*) est résistant aux termites, alors qu'il ne l'est plus après 20 ans de conservation à la température du laboratoire.

En ce qui concerne les causes de la durabilité naturelle la question a évolué. Nous arrivons ainsi aux problèmes et résultats les plus intéressants. C'est ici que le plus grand changement s'est produit. Il est vrai que l'on a discuté, encore jusqu'à la 2^e guerre mondiale pour savoir si la durabilité se rapportait à une propriété physique ou chimique du bois (MOLL, par exemple en 1940, s'élevait encore contre l'importance de l'aspect chimique dans la résistance aux tarets) (27) mais aujourd'hui on arrive de plus en plus à la conception que la résistance des bois tropicaux repose moins sur des causes physiques que principalement sur la teneur en certaines substances chimiques protectrices.

En soi, cette découverte est, comme je le remarquais dès 1944, déjà très ancienne. Elle remonte au forestier allemand MAYN, qui dès 1890-1893 concluait déjà dans ce sens (25-26). Il parlait de substances accessoires du bois de cœur, à propos desquelles d'ailleurs il songeait surtout à des tannins. Il y a encore quelques autres recherches de chimistes, peu classiques. Je signalai par exemple à Vienne les recherches originales et pleines de perspectives d'OSHIMA (29) — 1919 —, mais, en 1944, encore je pouvais écrire :

« Pour les espèces africaines et sud-américaines, que nous utilisons (je pense à mes essais sur la résistance à la pourriture), nous manquons d'études approfondies. Il est vrai qu'on a bien analysé quelques-uns de ces bois (à savoir : en 1929, *Lophira procera*, en 1941, *Chlorophora exelsa* et *Erythrophleum*), mais le point de départ des recherches était tout autre, et toute l'ampleur du problème manifestement méconnue. Au premier plan des préoccupations était l'utilisation des déchets de bois et particulièrement au point de vue pharmaceutique. Le problème de la durabilité est simplement effleuré par MOURTZ, qui fit des recherches sur *Chlorophora*, mais les tests biologiques sont encore relatifs aux mouches, vers de terre, etc..., là où on aurait dû utiliser de vrais termites et des champignons lignivores — et je poursuivis plus loin : « Dans ce domaine, il est nécessaire de mettre en route un travail d'équipe systématique et d'avant-garde, qui a été envisagé pour l'après-guerre en application de mes plans tirés avant la guerre. Le but des travaux a déjà été parfaitement indiqué dès 1919 et aussi atteint expérimentalement par OSHIMA : il s'agit d'obtenir des substances protectrices du bois, ou d'en synthétiser de nouvelles sur le modèle de celles qu'offre la nature ». Je tins des propos analogues en 1948 (3).

Les recherches chimiques ne prirent vraiment de l'ampleur que lorsque le Suédois ERDTMAN, peu avant la dernière guerre mondiale, établit que la cuisson au sulfite du bois de pin était inhibée par des substances accessoires contenues dans le cœur (13). Les recherches chimiques sur les substances protectrices des bois de pin conduisirent on le sait, à la découverte de la pinosylvine, qui fut par exemple testée biologiquement par RENNERFELT (1943 et plus tard) sur les champignons (30-32) et par WOLCOTT (40) sur les termites en 1951, et reconnue comme principe toxique ; les recherches ultérieures d'ERDTMAN et de ses collaborateurs sur les conifères les plus divers nous ont apporté des renseignements nombreux et importants dans ce domaine très intéressant. Il faut mettre en valeur les recherches de chimie analytique relatives à la distinction des pins à 2 et 3 feuilles (*Diploxylon*) des pins à 5 feuilles (*Haploxylon*). Complétant la taxonomie botanique, il s'est développé maintenant une taxonomie chimique (14).

Peu après apparurent les premiers travaux du chimiste anglais KING qui explore avec ses collaborateurs la chimie des substances accessoires du cœur des feuillus, particulièrement des bois tropicaux. Trente communications ont déjà paru sur ce sujet. De nombreux autres chercheurs du monde entier pourraient être cités, mais la place manque, j'ajouterai seulement que les recherches chimiques ont conduit à la découverte de substances très intéressantes. Elles ne peuvent être que brièvement énumérées ici. A côté des composés terpéniques, il faut noter avant tout l'intérêt des flavones et des stilbènes. Les laçons conduisent aux substances colorantes et aux tannins. Puis viennent la saponine, les alcaloïdes, etc... Nous n'oublierons pas enfin les substances minérales, qui, en ce qui concerne la résistance aux tarets, ont été un peu surestimées. Je signale rapidement les travaux de GONGONYP (17) et BIANCHI (8) de 1932 et ceux plus récents de WANGAARD (38) et de ses élèves en 1956.

Ces substances — point sur lequel, en Allemagne, SANDERMANN a attiré l'attention (33) — font partie des substances accessoires du bois c'est-à-dire de corps chimiques liés aux constituants de la membrane, qui sont quelquefois désignés incorrectement sous le nom « d'extraits ». Quantitativement, ces substances accessoires comparées aux substances de la membrane (cellulose, lignine, hémicelluloses) sont peu abondantes (elles ne représentent en général qu'un faible pourcentage de la matière sèche du bois); mais elles jouent pour l'utilisation du bois un rôle très important. Elles déterminent, comme les recherches de SANDERMANN et de ses collaborateurs l'ont bien montré, le caractère propre de beaucoup d'essences. Comme DIETRICH (12) l'a brièvement exposé récemment elles provoquent non seulement des modifications de couleur lors des collages, laquages et traitements des bois, mais elles sont aussi responsables du retard que mettent les laques à sécher et de la mauvaise tenue des peintures aux intempéries. De plus, certains bois sont impropres à la fabrication de panneaux de laine de bois liés au ciment parce que les substances qu'ils contiennent (surtout les sucres et les tannins) gênent la prise. Des contacts directs avec divers bois tropicaux, notamment par les poussières de polissage, peuvent occasionner des troubles (maladies de la peau et des muqueuses) surtout chez les travailleurs enclins aux réactions allergiques: il s'agit de l'action d'alcaloïdes, de glucosides cardiotoniques, de quinones etc... et même de véritables intoxications. A ce sujet, c'est maintenant mon collègue SANDERMANN et son collaborateur DIETRICH qui s'occupent du problème biologique de la résistance naturelle des bois, et mon vieux souhait, formulé déjà en 1944, que biologistes et chimistes travaillent en commun, vient enfin d'être exaucé.

Ce fut un grand bien pour nos chimistes, qu'entre temps une méthode fut découverte qui allégea considérablement le travail. Il s'agit de la technique d'analyse par capillarité connue dès 1822 pour la séparation de petites quantités

de mélanges; qui fut mise au point en 1944 par CONSDEN, GORDON et MARTIN sous le nom de chromatographie sur papier. GORDON, MARTIN et SYNGE ont d'ailleurs reçu, pour leurs recherches fondamentales, le prix Nobel en 1952; et le procédé s'est rapidement étendu à de nombreuses applications en chimie, biologie et en médecine. DIETRICH a exposé en détail la méthode dans son rapport à la 5^e session de Protection du bois de la Deutschen Gesellschaft für Holzforschung à Munich (1957) et décrit la technique appliquée à l'analyse des substances chimiques protectrices du bois (11).

SANDERMANN a, à la même session, formulé d'intéressantes remarques sur l'utilisation de la chromatographie sur papier et de la chimie en général, dans l'étude de la durabilité naturelle des bois tropicaux. De son voyage en Amérique Centrale il rapporta des bois résistants, et put établir les bases chimiques de leur résistance, identifier ces espèces, en collaboration avec notre spécialiste de l'anatomie des bois GOTTWALD (34), et depuis s'est développée — comme je l'ai dit — à Reinbeck une très heureuse collaboration entre chimistes et biologistes. HANS SCHMIDT, le zoologiste de ma station a soumis à l'épreuve du termite de Hambourg (*Reticulitermes flavipes*) des copeaux de sciage de 93 essences indigènes, sud-américaines, africaines et autres, économiquement intéressantes, pour déterminer les bois devant faire l'objet d'une analyse chimique plus poussée. Les travaux sont terminés et les résultats intéressants feront l'objet d'un rapport, cet automne, dans la revue « Holz als Roh und Werkstoff ». Le même matériel est essayé par mes soins pour sa résistance vis-à-vis des champignons macroscopiques et microscopiques.

Je poursuis l'étude d'autres bois tropicaux pour leur résistance aux champignons lignivores, et sous peu, à l'aide d'une méthode nouvelle je vais expérimenter la résistance aux intempéries. Les tests biologiques des substances protectrices isolées par les chimistes y sont inclus. Les détails seront publiés en temps voulu. Non seulement la constatation faite par moi-même et d'autres chercheurs que les espèces tropicales résistantes sont rassemblées dans des familles et espèces végétales déterminées, mais aussi une grande liste que j'ai établie entre temps pourrait être d'une utilité certaine en tant que renseignements et base de recherches systématiques ultérieures sur l'aspect biologique et chimique de la durabilité des bois. Cette liste rassemble, pour près d'un millier d'espèces de bois, toutes les données et indique quand, par qui et avec quels organismes végétaux et animaux et avec quels succès les expériences sur la durabilité des bois tant *in situ* qu'en laboratoire ont été effectuées.

Ces problèmes, tels qu'ils se présentent ici, ne peuvent être abordés que dans de vastes centres, qui, comme la Bundesforschungsanstalt für Forst und Holzwirtschaft sont pourvus de différentes stations et laboratoires et disposent de spécialistes qualifiés de toutes les disciplines et d'une bonne bibliothèque.

BIBLIOGRAPHIE

1. AMOS, G. L. u. DADSWELL, H. E., *Siliceous inclusions in wood in relation to marine borer resistance*. Journ. of the Council f. Sc. and Ind. Res. 1948, 21 (3), 190-196.
2. BAVENDAMM, W., *Die natürliche Dauerhaftigkeit des Holzes*. Mitt. des Reichs-Inst. f. ausl. u. kolon. Forstwirtschaft Nr. 7, Oktober 1944, 11 S.
3. BAVENDAMM, W. u. SCHMIDT, H., *Die Holzbohrmuscheln oder Teredinen. Ihre Lebensweise, Schädlichkeit und Bekämpfung*. Merkbl. des Reichs-Inst. f. Forst- u. Holzwirtschaft Nr. 3, Reihe 2, März 1948, 20 S.
4. BAVENDAMM, W., *Die Prüfung der natürlichen Dauerhaftigkeit des Holzes, insbesondere des Tropenholzes, gegen Pilze, Termiten und Bohrerscheln*. Zeitschr. f. Weltforstwirtschaft 1948, 12 (7/9), 137-144.
5. BAVENDAMM, W., *Natürliche Dauerhaftigkeit der Hölzer gegen Termitenfrass*. In H. Schmidt « Die Termiten. Ihre Erkennungsmerkmale und wirtschaftliche Bedeutung », Leipzig (Akad. Verlagsges.) 1955, S. 245-306.

6. BAVENDAMM, W., Welche Tropenhölzer sind gegen Meerwasserschädlinge resistent und können für den marinen Wasserbau empfohlen werden? Holz-Zentralbl. 1959, 85 (12), 133-134.
7. BECKER, G., Holzschutzaufgaben gegen Meerwasserschädlinge. Zeitschr. f. hygien. Zoologie 1944, 36 (4/8), 51-66.
8. BIANCHI, A. T. J., Nadere gegevens omtrent de aantasting van Nederlandsch-Indische houtsoorten door paalworm en andere in zee- en brakwater levende dieren. Medsdel. van het Boschbouw Croefstat Nr. 25, 1932, S. 101-147.
9. CARTWRIGHT, K. St. G., The variability in resistance to decay of the heartwood of home-grown western red cedar (*Thuja plicata* D. Don.) and its relation to position in the log. Forestry 1941, 15, 65-75.
10. CRUMLEY, J. J., The relative durability of post timbers. Bull. Ohio Agric. Exper. Station Nr. 219, 1910, 605-640.
11. DIETRICH, H. H. u. SANDERMANN, W., Studien auf dem Gebiete der Holzschutzchemie. Achte Mitteilung: Papierchromatographie und Analyse von Holzschutzmitteln. Holz als Roh- u. Werkstoff 1958, 16 (9), 340-346.
12. DIETRICH, H. H., Importance des constituants des bois pour leur utilisation. Bois et Forêts des Tropiques 1958, 62, 37-63.
13. ERDTMAN, H., Die phenolischen Inhaltsstoffe des Kiefernherzholzes, ihre physiologische Bedeutung und hemmende Einwirkung auf die normale Aufschliessbarkeit des Kiefernherzholzes nach dem Sulfitverfahren. Liebigs Ann. d. Chemie 1939, 539, 116-127.
14. ERDTMAN, H., Heartwood extractives of conifers: their fungicidal and insect-repellent properties and taxonomic interest. Tappi 1949, 39 (7), 305-310.
15. FINDLAY, W. P. K., The natural resistance to decay of some Empire timbers. Empire Forestry Journ. 1938, 17, 249-259.
16. GAYER, K. u. FABRICIUS, L., Die Forstbenutzung. Berlin u. Hamburg (P. Parey) 1949, 14. Aufl. 733 S.
17. GONGGRIP, J. W., Gegevens betreffende een onderzoek naar Nederlandsch-Indische houtsoorten, welke tegen den paalworm bestand zijn. Mededeel. van het Boschbouw-Proefstat. Nr. 25, 1932. S. 1-99.
18. HARTIG, G. L. u. HARTIG, T. H., Forstliches und forstnaturwissenschaftliches Conversations-Lexikon. Berlin 1834, S. 186.
19. HARTIG, G. L., Erfahrungen über die Dauer der Hölzer und über die Mittel, die Dauer des Holzes zu verlängern. Berlin (Nicolaische Buchhdlg.) 1836.
20. HERFS, A., Die wirtschaftliche Bedeutung der Termiten in tropischen Ländern. Leverkusen 1952, 39 S.
21. HILL, G. F., White ant investigations in the federal capital territory. Journ. of the Council f. Sc. and Ind. Res. 1930, 3, 220-224.
22. VAN ITERSON, G. u. SÖRNGEN, W. L., Rapport over onderzoekingen verricht omtrent geconstateerde aantasting van het zoogenaamd manbykklak. De Ingenieur 1911, 26, 321-332.
23. HOLLMANN, F., Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe. Berlin, Göttingen, Heidelberg (Springer-Verlag) 2. Aufl. Bd. 1, 1951, 1050 S.
24. KREMER, H., Die natürliche Dauerhaftigkeit der Hölzer gegen die Zerstörung durch Pilze. Unveröffentl. Hamburg-Reinbeker Diplomarbeit 1956, 206 S.
25. MAYR, H., Die Waldungen von Nordamerika usw. München (M. Rieger) 1890. 448 S.
26. MAYR, H., Das Harz der deutschen Nadelwaldbäume. Ztschr. f. Forst- u. Jagdwesen 1893, 25, 654-670.
27. MOLL, F., Das Verhalten ungeschützter Hölzer gegen die Bohrmuschel. Kolonialforstl. Mitt. 1940, 3 (4), 288-302.
28. NORDLINGER, H., Die technischen Eigenschaften der Hölzer. Stuttgart (Cottalscher Verlag) 1860. 550 S.
29. OSUMA, M., Formosan termites and methods of preventing their damage. The Philippine Journ. of Sc. 1919, 15, 319-384.
30. RENNERFELT, E., Die Toxizität der phenolischen Inhaltsstoffe des Kiefernherzholzes gegenüber einigen Fäulnispilzen. Svensk Botan. Tidskr. 1943, 37, 83-93.
31. RENNERFELT, E., The influence of the pinoxyline compounds on the growth of certain blueing fungi, with an attempt at the measurement of the intensity of blueing. Medd. från Statens Skogsförsöksanst. 1945, 34 (7), 391-416.
32. RENNERFELT, E. u. NACHT, G., Die Einwirkung einiger Bestandteile des Kernholzes von Koniferen auf Pilze. Svensk Botan. Tidskr. 1955, 49, 419-432.
33. SANDERMANN, W., Grundlagen der Chemie und chemischen Technologie des Holzes. Leipzig (Akad. Verlagsges.) 1956, 498 S.
34. SANDERMANN, W., DIETRICH, H. H. u. GOTTFELD, H., Untersuchung frühgeschichtlicher Hölzer und deren Bedeutung für den Holzschutz. Holz als Roh- und Werkstoff 1958, 16 (6), 197-204.
35. SNYDER, T. E., White-ant-proof wood for the Tropics. Journ. Econ. Entomol. 1921, 14, 496-501.
36. SNYDER, T. E., Tests of methods of protecting wood against termites or white ants. U. S. Dept. of Agricult. Bull. Nr. 1231, 1924. 16 S.
37. STEVENSON, Th., The design and the construction of harbours. 1874.
38. WANGAARD, F. F., The natural marine borer resistance of tropical american woods. Tropical Woods 1956, 105, 38-43.
39. WOLCOTT, G. N., An index to the termite-resistance of woods. Univ. of Puerto Rico, Agricult. Exper. Station Bull Nr. 85, 1950. 26 S.
40. WOLCOTT, G. N., The termite resistance of Pinoxylin and other new insecticides. Journ. econ. Entom. 1951, 44 (2), 263-264.