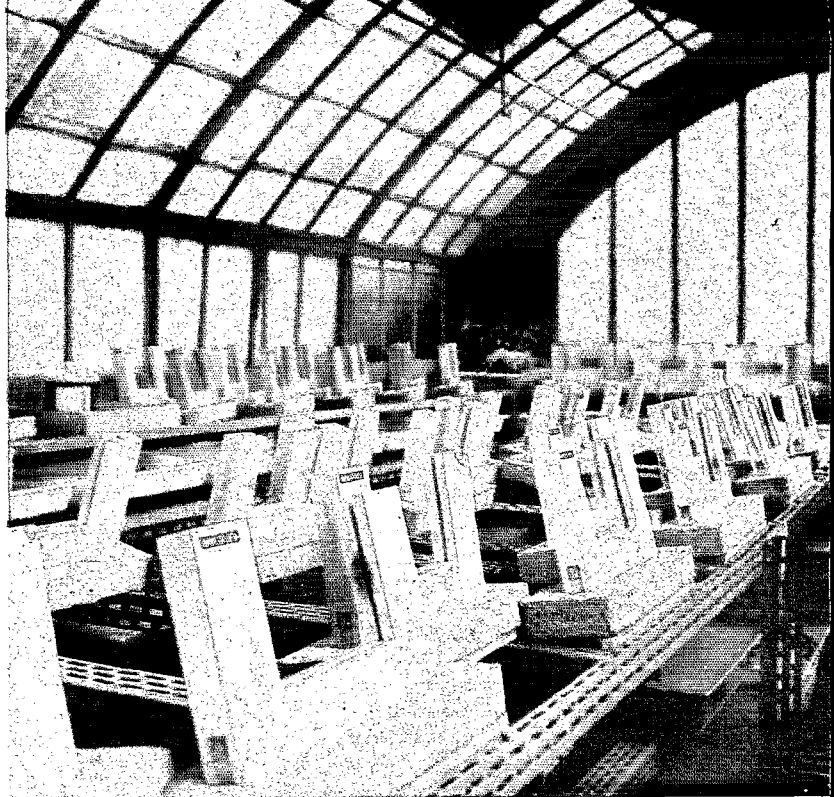


FENÊTRES EN BOIS : VERS UN ESSAI SPÉCIFIQUE DE DURABILITÉ



*Vue générale des éprouvettes « fenêtre »
en essai dans une serre où, seule, la température est réglée.*

par M. FOUGEROUSSE et L. TRONG

*Division de Préservation
du Centre Technique Forestier Tropical*

SUMMARY

WOODEN WINDOW FRAMES : A POSSIBLE SPECIFIC TEST OF DECAY RESISTANCE

A method is described for testing the resistance to decay of specimens devised and dimensioned in order to represent the weakest points of wooden window frames exposed to weather effects. The results so far obtained in the reported preliminary tests tend to show that it could serve as a basis for direct testing of any system for protecting window frames, and for a rapid and objective assessment of their decay resistance considered as a whole, i.e. resulting from the natural resistance of the wood and, eventually, the complementary resistance provided by the various available protection systems.

RESUMEN

« VENTANAS DE MADERA : HACIA UN ENSAYO ESPECIFICO DE DURABILIDAD »

Este artículo describe un método de ensayo de la resistencia a la podredumbre de probetas que representan, tanto por su concepto como por sus dimensiones, las partes más vulnerables de las ventanas de madera no protegidas contra las intemperies. Los

resultados obtenidos en las experimentaciones preliminares descritas permiten pensar que este método podría servir de fundamento para la experimentación directa de cualquier sistema de preservación de ventanas de madera y asimismo, la evaluación rápida y objetiva de la resistencia global de las mismas a la podredumbre, resultante de la durabilidad natural de la madera y, llegado el caso, del complemento de durabilidad aportado por los diversos sistemas posibles de protección.

INTRODUCTION

Dans les travaux récemment exposés (2), et ayant pour objet de rechercher les voies d'une nouvelle méthodologie d'essai de la résistance du bois, traité ou non traité, à la pourriture par les champignons basidiomycètes, on avait montré la possibilité de travailler de manière satisfaisante en substituant aux contraintes habituelles d'asepsie et de stérilisation l'utilisation judicieuse et mesurée de fongicides sélectifs choisis pour s'opposer à l'intervention de microorganismes contaminants sans contrarier l'action des basidiomycètes. Ainsi établie, cette possibilité ouvrait un champ nouveau à l'expérimentation en libérant celle-ci de la contrainte de limitation dimensionnelle imposée par les exigences de la stérilisation et de l'asepsie. Deux directions principales étaient indiquées, pour l'établissement de nouvelles méthodes :

— Qualification de l'efficacité préventive de traitements de préservation contre la pourriture par l'expérimentation directe dans des conditions moins éloignées de la réalité que dans les méthodes classiques.

— Qualification de la durabilité de produits finis, eu égard à la nature et à l'intensité du risque de pourriture dans les emplois correspondants.

Parmi les emplois courants du bois dans la construction, pour lesquels il y a lieu de se préoccuper de son comportement vis-à-vis du risque de pourriture, les fenêtres occupent une place importante, et c'est la raison pour laquelle le premier essai de définition d'une méthode concernant un produit fini a porté sur les fenêtres. Ce sujet a d'autant plus retenu l'attention de la Division de Préservation du Centre Technique Forestier Tropical que les feuillus tropicaux constituent dans certains pays, en France par exemple, l'essentiel des bois utilisés à la fabrication de fenêtres, notamment en menuiserie industrielle.

Les premiers travaux effectués dans ce sens par le C. T. F. T. ont été présentés sommairement, et

surtout dans leurs principes, à la réunion de l'I. R. G./W. P. de Raleigh (U. S. A.) au début 1980 (3). Le présent article en rend compte d'une manière plus détaillée, et les auteurs estiment qu'ils permettent dès maintenant d'envisager une application pratique à la qualification de la résistance à la pourriture de fenêtres n'ayant pas fait l'objet de traitements de préservation (donc fondée sur la durabilité naturelle des bois utilisés), aussi bien qu'à l'appréciation de la validité et de la fiabilité de traitements et de systèmes de protection appliqués à des fenêtres fabriquées à l'aide d'essences de durabilité naturelle insuffisante.

Avant d'exposer les résultats de ces premiers essais, encore convient-il de souligner, comme on a déjà eu l'occasion de le faire (1) et comme les praticiens du bois l'ont bien compris, que la bonne conservation d'une fenêtre est, d'abord, liée à une bonne conception, à une bonne réalisation, à une bonne mise en œuvre et à un bon entretien. Mais, en plus de ces précautions fondamentales, et compte tenu des exigences actuelles en matière de durée de conservation, il est sage de contracter une assurance sur l'avenir par le choix judicieux des essences et/ou des systèmes de préservation. C'est pourquoi, il est important de disposer, sous forme d'une méthode d'essai appropriée, du moyen de juger du niveau de l'assurance contractée.

Encore un mot : les expériences décrites ci-dessous peuvent sembler faire la part belle aux champignons et placer le bois, dès le départ, dans une situation excessive de vulnérabilité. Et certaines des illustrations, au premier examen, semblent abonder dans ce sens. Certes, la méthode présentée est, à cet égard, perfectible et les auteurs en sont certainement les premiers conscients, et travaillent dans ce sens. Toutefois, il faut bien se dire :

— Qu'il est indispensable d'obtenir des résultats dans un laps de temps aussi court que possible,

donc d'accélérer le processus en favorisant l'action du champignon : à quoi servirait une méthode qui demanderait vingt ans pour affirmer qu'une fenêtre dure vingt ans ?

— Que la sécurité apportée par des résultats positifs, qu'il s'agisse de la résistance à la pourri-

ture fondée sur la seule durabilité naturelle du bois expérimenté, ou de la résistance épaulée par le système de préservation appliqué, est d'autant plus grande que l'épreuve est plus sévère ; et qui dira qu'actuellement on n'a pas vraiment besoin de cette sécurité ?

DÉFINITION DE L'ÉPROUVETTE « FENÊTRE »

L'éprouvette de l'« essai fenêtre » a été conçue pour représenter les parties les plus vulnérables d'une vraie fenêtre, à savoir :

— les assemblages entre la traverse basse et les montants verticaux,

— la feuillure inférieure du vitrage, au niveau desquels, dans la réalité, la quasi-totalité des attaques par champignons trouve son origine, puisque ce sont les zones d'accumulation de l'eau infiltrée au travers d'assemblages, de joints, ou de mastics défectueux.

Elle est ainsi constituée :

— d'une traverse basse de 65×35 mm de section, de 30 cm de long, tenons compris,

— de deux montants verticaux de même section, et de 20 cm de hauteur, assemblés par tenons et mortaises comme l'indique la figure 1, mais avec cette particularité que les tenons n'occupent que la moitié inférieure des mortaises, laissant ainsi, de chaque côté, un espace vide, au niveau duquel, on le verra plus loin, s'effectueront les inoculations « assemblage » du champignon d'essai.

La partie supérieure de la traverse basse et les parties latérales internes des montants comportent une rainure médiane de 7 mm de large et 15 mm de profondeur.

Après assemblage (fig. 2) l'ensemble constitue une unité de 30 cm de base et de 20 cm de hauteur, et les rainures, correspondant exactement l'une à l'autre, représentent une feuillure continue destinée à recevoir une vitre de dimensions appropriées et dont le rôle n'est pas uniquement de donner au tout une meilleure ressemblance à une « vraie » fenêtre. Ainsi réalisée l'éprouvette « fenêtre » est prête à l'emploi, ce qui signifie :

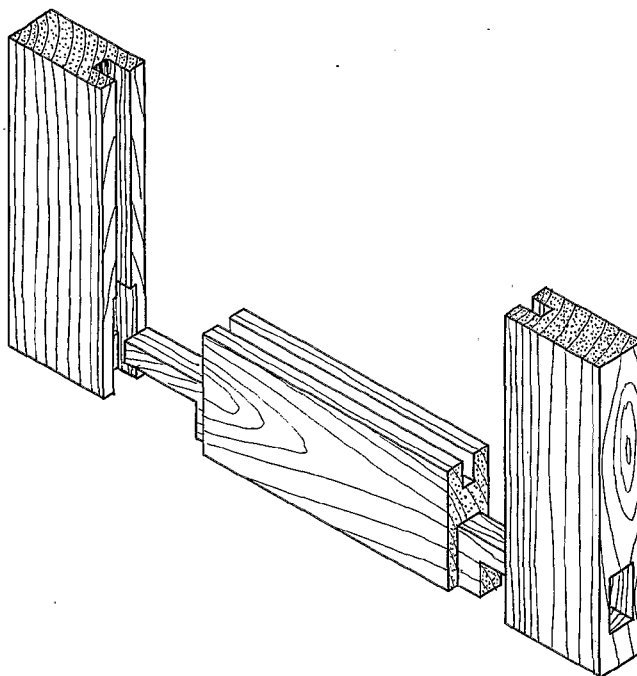


FIG. 1. — Traverse et montants ; éléments constitutifs de l'éprouvette « fenêtre ».

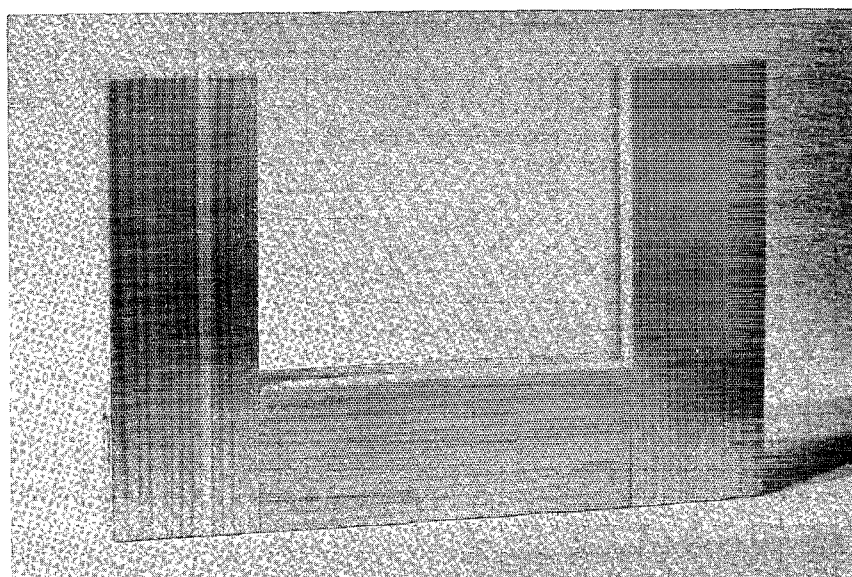


FIG. 2. — Eprouvette assemblée.

— Qu'elle peut être mise directement en essai biologique.

— Qu'elle peut faire, préalablement, l'objet d'un traitement de préservation (avant ou après assemblage-collage) et, éventuellement, d'un traitement de finition (après assemblage), et que tout cela peut, le cas échéant, être assorti d'épreuves de vieillissement appropriées.

— Qu'elle peut être encastrée, au tiers environ de la hauteur de la traverse basse, dans un socle en ciment, au niveau duquel l'humidité tendra à demeurer, représentant ainsi ce qui peut se produire dans la liaison des parties fixes d'une fenêtre au gros œuvre en maçonnerie.

— Ou qu'elle peut demeurer libre, représentant ainsi une partie mobile, ouvrante, non insérée dans le gros œuvre.

INOCULATION

L'inoculation de l'éprouvette « fenêtre » par le champignon d'essai se fait à trois niveaux : dans les vides laissés dans les assemblages traverse basse-montants, et dans la rainure horizontale de la traverse basse (figure 3). Pour cela on utilise des inoculats constitués d'éprouvettes de bois de dimensions appropriées (60 × 15 × 15 mm pour les inoculats latéraux dit inoculats « assemblage » et 170 × 7 × 7 mm pour l'inoculat médian dit inoculat « feuillure »), d'essences facilement attaquables, et exposées à des cultures pures du champignon en question (technique classique sur milieu malt-agar) pendant juste le temps nécessaire à leur envahissement complet mais sans altération encore très prononcée. Ce temps, plus court pour les inoculats de faible section que pour les inoculats de forte section, varie selon les champignons utilisés en fonction de leur rapidité d'envahissement et de leur intensité d'action mais, en moyenne, dépasse rarement 4 semaines même pour les inoculats de 15 × 15 mm de section.

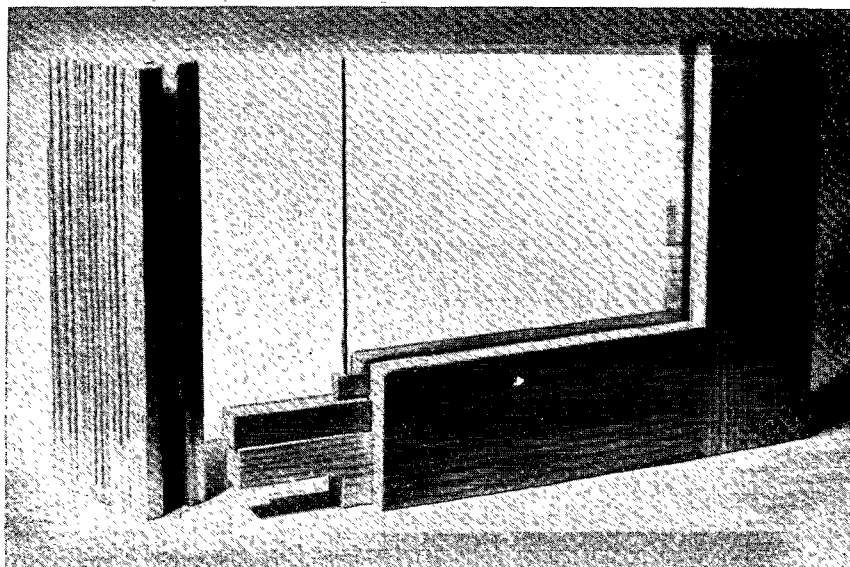
Le retrait des inoculats des flacons de culture

dans lesquels ils ont été infestés se fait au moment même de leur utilisation, alors que l'éprouvette, placée dans l'enceinte où elle demeurera pendant toute la durée de l'essai, a été légèrement arrosée dans sa feuillure basse et, par communication, dans ses assemblages, à l'aide d'eau, de préférence distillée ou déminéralisée, additionnée, à raison de 5 millilitres par litre, d'une solution de substances fongicides sélectives (*) actives contre les organismes contaminants (*Penicillium*, *Trichoderma*, etc...) mais sans action marquée contre les basidiomycètes).

Débarrassés complètement du mycélium qui les a peu à peu enrobés au cours de leur infestation, les inoculats sont rincés rapidement à l'eau de même composition que ci-dessus, et insérés dans l'éprouvette de la manière suivante :

— L'alvéole demeurée libre dans chacune des mortaises reçoit un inoculat « assemblage » qui en occupe exactement le volume ; parfois même, du fait d'un gonflement de l'inoculat sous l'effet de l'humidité, l'insertion est facilitée par l'emploi modéré d'un petit mallet.

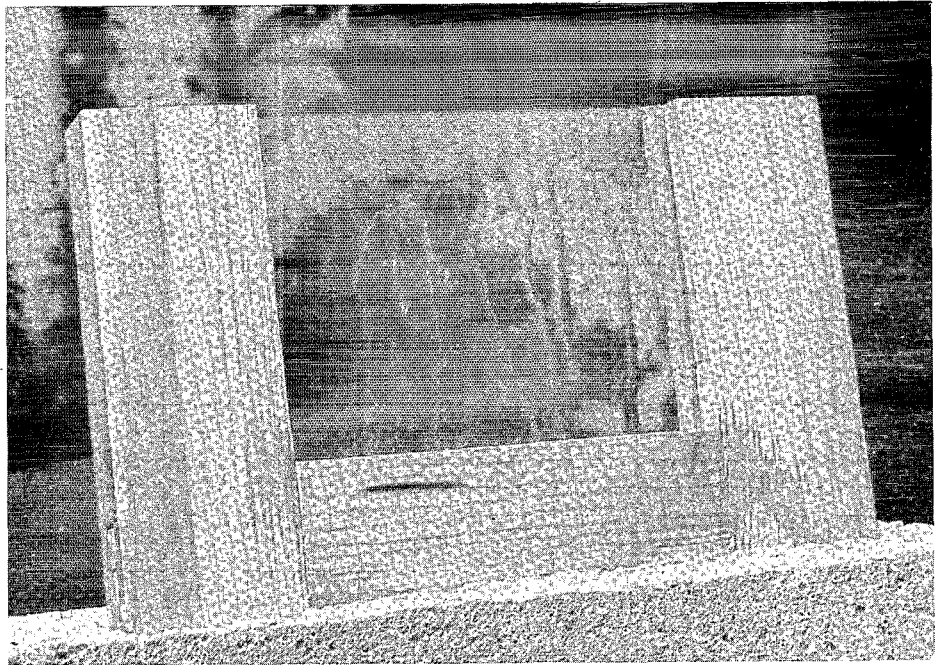
— L'inoculat « feuillure » est encastré dans la rainure horizontale creusée longitudinalement à la face supérieure de la traverse, et c'est alors qu'est placée la vitre, dont le bord inférieur vient s'appuyer sur



(*) La composition de cette solution, fondée sur les travaux de HUNT et COBB (4) est la suivante :
pour 50 ml d'alcool éthylique à 50 %
 0,5 g de phénol,
 0,08 g de benomyl,
 0,08 g de dichloran.

FIG. 3. — Emplacements de l'inoculat « assemblage » gauche, posé sur le tenon, et de l'inoculat « feuillure » qu'on voit dépasser légèrement de la rainure.

FIG. 4. — Ruissellement d'eau sur la vitre, simulant la pluie, avec écoulement dans les parties basses de la fenêtre.



l'inoculat « feuilure », contribuant à assurer un bon contact de celui-ci avec les parois, et en principe la vitre n'est pas fixée par un mastic afin de faciliter, en fin d'essai, le démontage de l'ensemble.

C'est à partir de l'inoculation que commence véritablement l'expérience. Du fait de l'absence des contraintes d'asepsie, elle peut se dérouler dans un local quelconque et sans conditions particulières.

Il est toutefois préférable d'opérer dans une enceinte suffisamment vaste pour que l'évaporation éventuelle de certains constituants des produits de préservation du bois employés n'entraîne pas une accumulation qui pourrait être néfaste au bon déroulement de l'expérience. Il est également recommandé d'éviter les atmosphères trop humides, dans lesquelles des condensations en surface des éprouvettes favoriseraient le développement de moisissures susceptibles de fausser l'expérience. En ce qui concerne la température, il est probablement préférable d'essayer de la régler au niveau optimal pour les espèces de champignons utilisées, mais sa valeur moyenne semble plus importante que ses variations : ainsi, dans les expériences dont il est rendu compte plus loin, pour une température moyenne de l'ordre de 22 °C, des minima de 12° et des maxima de 30° ont été observés sans que cette grande amplitude de variation ait semblé nuire en quoi que ce soit. Enfin, contrairement aux méthodes classiques dans lesquelles, habituellement, les essais se déroulent dans des enceintes obscures, rien ne s'oppose à travailler à la lumière et il n'est pas exclu que celle-ci soit même, dans une certaine mesure, favorable à la manifestation de certains symptômes d'activité des champignons permettant, avant même la fin de l'essai, de faire d'intéressantes observations. Il n'est pas exclu non plus que ce soit précisément le facteur lumière qui favorise, en cas de fortes attaques, la formation de fructifications parfaites de la part de champignons qui, dans les conditions habituelles de culture et d'emploi, ne se perpétuent que sous leur forme mycélienne, c'est-à-dire végétative.

Mais la condition la plus importante au bon

déroulement de l'expérience concerne évidemment l'humidification du bois dans les zones de confrontation avec le champignon. Le mode d'humidification retenu n'est autre que celui qui, dans l'immense majorité des cas, prévaut dans la réalité lorsqu'une fenêtre se trouve attaquée par la pourriture :

— Ruissellement de la pluie sur les vitres et pénétration à l'intérieur du bois à la faveur d'un assemblage défectueux, d'un défaut d'étanchéité du mastic ou d'une brèche dans sa continuité.

— Ou bien encore un mécanisme du même ordre, moins spectaculaire, plus insidieux mais également dangereux, l'écoulement de condensations produites sur les parois internes des vitres, et s'insinuant petit à petit dans la feuilure basse si la pose des vitres n'a pas été faite dans les règles ; ce phénomène, à ne pas confondre avec celui des condensations internes dans le bois, est, comme ce dernier d'ailleurs, à redouter particulièrement dans le cas de locaux tels que cuisines ou salles d'eau, lorsqu'ils ne sont pas munis de dispositifs adéquats d'aération.

Pour entretenir l'humidité du dispositif expérimental, on simule donc la pluie en projetant de l'eau à la partie supérieure de la vitre et sur toute sa largeur, à l'aide d'un pulvérisateur, d'une pissette de laboratoire ou de tout autre ustensile approprié (figure 4) ; cette eau, toujours additionnée des substances anti-moisissures indiquées précédemment, ruisselle le long de la vitre et se distribue à la fois dans la feuilure basse et, de part et d'autre, dans les assemblages, assurant ainsi à ces niveaux critiques l'humidification du bois, donc sa sensi-

bilisation physique à la pourriture, dont les agents, sous la forme des inoculats, sont à pied d'œuvre pour entreprendre et, le cas échéant, développer leur action.

Préciser la quantité d'eau à apporter à chaque opération, et le rythme de ces apports, n'est pas chose facile, et les auteurs ne peuvent pas affirmer que leur manière d'opérer, indiquée ci-dessous est la meilleure. Simplement, elle a donné de bons résultats, mais peut-être ne serait-il pas inutile de chercher à savoir si elle pourrait être améliorée, en particulier pour tenir compte des besoins spécifiques à chaque champignon et, éventuellement, de la perméabilité à l'eau des bois essayés.

Dans les expériences relatées ci-après, on a effectué, en moyenne, un apport quotidien d'environ 5 ml pendant les quatre premières semaines pour, ensuite et jusqu'à la fin de l'expérience, se limiter à deux apports d'environ 8 ml par semaine, étant entendu qu'en aucun cas n'était faite d'humidification pendant les deux jours de fin de semaine. Il faut cependant signaler que toute cette expérience a concerné des éprouvettes dont la base était partiellement encastrée dans un socle de béton, ce qui assure un maintien de l'humidité bien meilleur que si la base des éprouvettes était libre et constituait alors une surface d'évaporation importante.

EXPÉRIENCES RÉALISÉES

Partant du principe que la méthode envisagée ne présenterait réellement d'intérêt qu'à la condition de donner rapidement des résultats fiables, les premières expériences n'ont porté que sur des éprouvettes en bois non traités, et n'ayant qu'une faible durabilité naturelle. Les essences choisies ne sont pas nécessairement utilisées pour la fabrication de fenêtres, le but recherché étant, en effet, à ce stade préliminaire :

— Des attaques importantes à l'issue d'une durée d'exposition non supérieure à celle des essais classiques (par exemple 16 semaines pour la norme européenne EN 113 de détermination des seuils d'efficacité des produits de préservation du bois), et si possible inférieure, la rapidité de réponse étant une qualité importante.

— Des attaques homogènes chez toutes les éprouvettes d'une même série, c'est-à-dire fabri-

FIG. 5. — Développement mycélien de *Poria vaporaria* à la base d'une éprouvette.

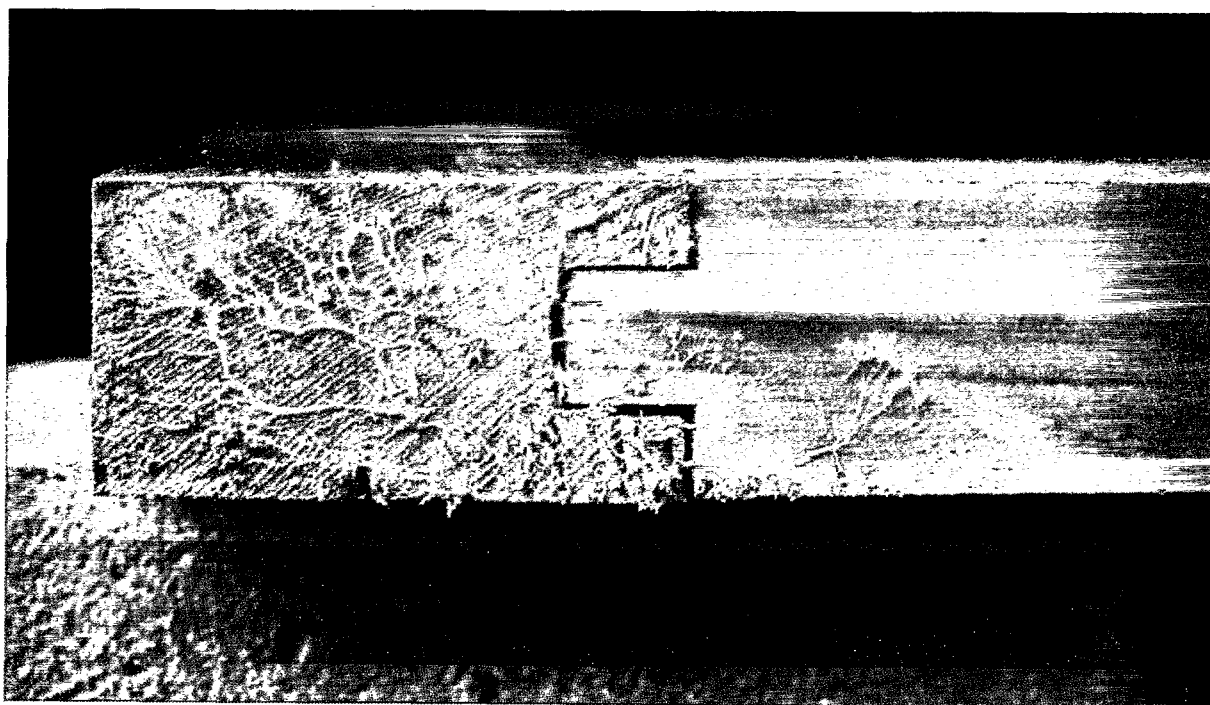




Fig. 6. — Développement mycélien de *Gloeophyllum trabeum* à la base d'une éprouvette.

quées à partir du même bois et soumises à l'attaque de la même souche du même champignon d'essai ; en ce qui concerne ce point, le volume de bois dis-

ponible par essence n'a permis de faire de répétitions (séries de 5 éprouvettes) qu'avec trois des huit essences de bois essayées.

TABLEAU 1
Espèces de champignons utilisées

Essences de bois essayées		Pourriture blanche		Pourriture cubique			
		<i>Coriolus versicolor</i>	<i>Funalia trogl</i>	(<i>Poria</i>) sp.	<i>Gloeophyllum trabeum</i>	<i>Poria placenta</i>	<i>Poria vaporaria</i>
		CTB 863 A	CTFT 179 A	CTFT 57	BAM. Ebw. 109	FPRL 280	CBS. 331. 29
A. ESSENCES RÉSI-NEUSES							
<i>Picea excelsa</i>		—	—	—	5	5	5
<i>Pinus sylvestris</i>		—	—	—	5	5	5
B. ESSENCES FEUIL-LES (1)							
<i>Amphimas pterocar-poides</i>					—	—	—
Lati		1	1	1	—	—	—
Loloti		1	1	1	—	—	—
Aribanda		1	1	1	—	—	—
<i>Lannea welwitschii</i>					—	—	—
<i>Trichilia lessmannii</i>					—	—	—
<i>Pachypodanthium staudtii</i>					—	—	—
Aniouketi		1	1	1	—	—	—
Zalzou		1	1	1	—	—	—
Gymnostemon zaizou					—	—	—
Scottellia chevalieri		5	5	5	—	—	—
Akossika					—	—	—

(1) Toutes essences ouest-africaines.

Le tableau I rassemble les données de l'expérience en indiquant la correspondance entre les essences de bois et les espèces de champignons, ces dernières étant choisies pour représenter, les unes la pourriture blanche (2 espèces) et les autres la pourriture cubique (4 espèces dont 3 plutôt spécifiques des résineux dans la réalité).

Il est à noter qu'un vernis incolore, de bonne tenue à l'humidité, avait été appliqué, en deux couches, sur le bois, à l'exception des zones d'insertion des inoculats et de la face inférieure de la traverse, reposant dans l'alvéole du socle en béton. Par ailleurs, les assemblages n'avaient pas été collés.

OBSERVATIONS EN COURS D'ESSAI

Aucun symptôme évident d'activité des champignons n'est décelable pendant les trois à quatre premières semaines de l'essai, à l'exception de quelques développements mycéliens observables, pour certains champignons, au niveau des parties visibles des inoculats. Ce n'est que plus tard, et progressivement, qu'apparaissent, sous forme de légères modifications de couleur, les premiers signes de ce qui semble se passer à l'intérieur du dispositif, et qui se localisent essentiellement de part et d'autre des jointures entre traverse basse et montants verticaux. Mais que l'observateur, ne résistant pas à la curiosité de savoir ce qui se passe dans la

partie encastrée dans le socle en béton, soulève l'éprouvette et examine sa face inférieure, il découvre alors, dans la plupart des cas, un développement mycélien issu des assemblages, et dans lequel il reconnaît sans difficulté les caractères habituels spécifiques à chaque champignon : le foisonnement floconneux fauve de *Gloeophyllum trabeum* (figure 6), le mycélium blanc pur de *Poria vaporaria* et ses fins cordonnets (figure 5), l'ouate cotonneuse de *Poria placenta*, etc... Seul *Coriulus versicolor* est demeuré discret et n'a pas, c'est le cas de le dire, mis le nez à la fenêtre, ce qui d'ailleurs ne présu- mait en rien d'une absence d'activité.

EXAMEN DES ÉPROUVETTES EN FIN D'ESSAI

Un premier retrait, partiel, a été effectué après sept semaines, pour avoir une première idée du développement éventuel des altérations à l'intérieur du bois, ce dont aucune observation externe

ne pouvait rendre compte. Ce retrait a porté sur 12 montages, selon le tableau suivant, et en n'en prélevant pas plus d'un dans les séries de cinq :

FIG. 7. — Schéma de découpage des différents éléments en fin d'essai.

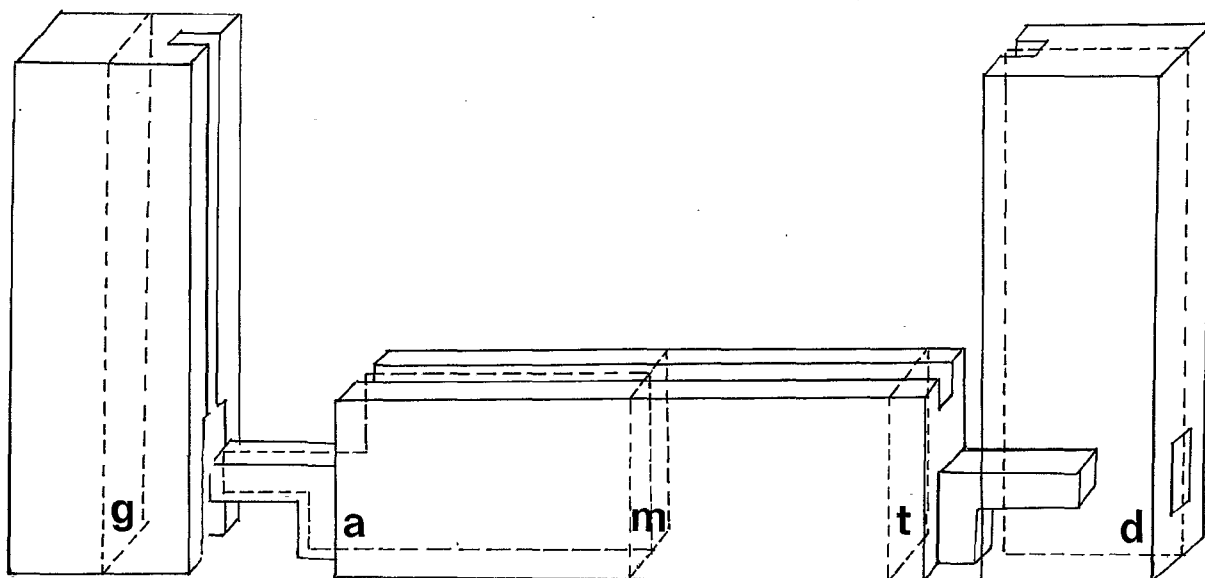
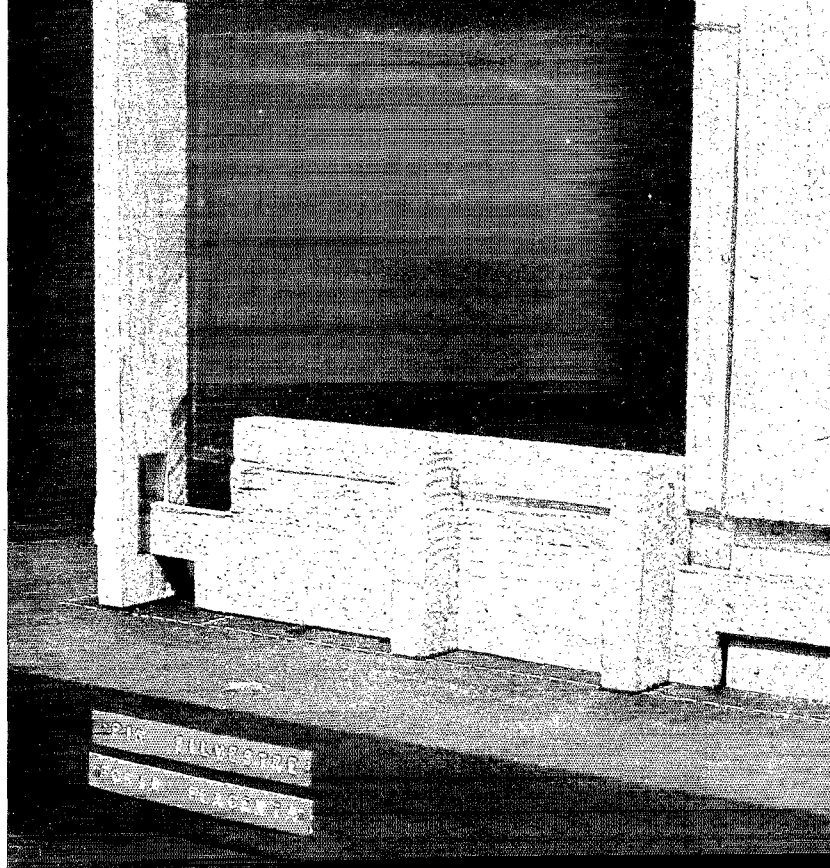


FIG. 8. — Fenêtre découpée suivant le schéma général, puis partiellement reconstituée pour montrer le développement de l'action de *Poria placenta* après 12 semaines.

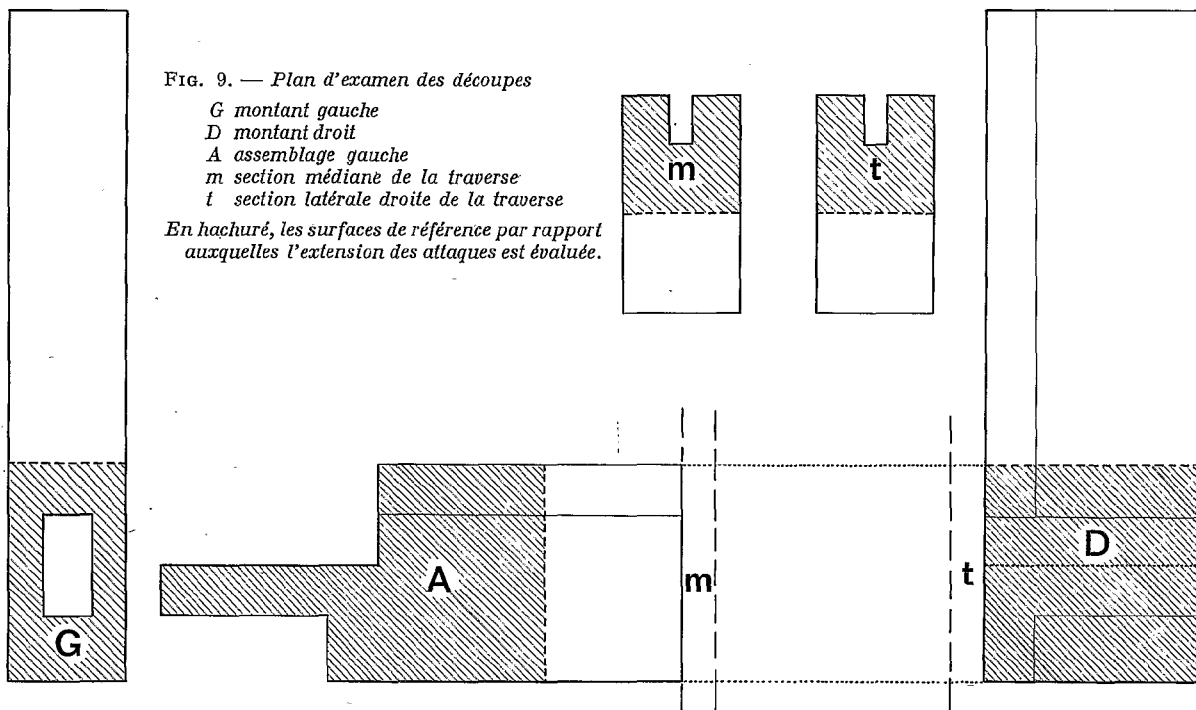
TABLEAU 2
RETRAIT APRES 7 SEMAINES

Pin sylvestre et Epicéa.	{ <i>Poria placenta</i> <i>Gloeophyllum trabeum</i> <i>Poria vaporaria</i>
Akossika	{ <i>Funalia trogii</i> (<i>Poria</i>) sp.
Lati	{ <i>Coriolus versicolor</i> <i>Funalia trogii</i>
Aribanda	{ <i>Coriolus versicolor</i>
Zaizou	{ (<i>Poria</i>) sp.

Après le retrait des inoculats, les trois éléments de chaque éprouvette «fenêtre» ont été désassemblés et d'abord examinés au niveau des zones de contact avec les inoculats, où l'on a observé, principalement dans les alvéoles des assemblages, la présence de développements mycéliens, souvent importants, sous forme de feutrages assez denses ou de peaux : ces formations une fois retirées, il était possible d'observer l'état du bois et de remarquer alors un ramollissement important, surtout dans le cas des pourritures cubiques, et beaucoup plus accentué dans les assemblages que dans la feuillure du vitrage. Ces observations ne rendant cependant pas compte de l'extension des dommages en profon-



deur, on a donc procédé au découpage des éléments selon le schéma de la figure 7. Les deux montants verticaux sont partagés longitudinalement en deux moitiés, l'un (*D*) par un trait de scie parallèle aux grands côtés, l'autre (*G*) par un trait de scie



perpendiculaire ; la traverse basse, d'abord sciée transversalement en son milieu pour disposer d'une section transversale médiane (*m*) se trouve du même coup partagée en deux moitiés, dont l'une est découpée longitudinalement (moitié de gauche), alors que l'autre (moitié de droite) est sciée transversalement pour révéler l'état du bois au niveau d'une section (*t*) proche de la base du tenon (figure 9). On a ainsi accès à l'intérieur du bois et on peut juger de l'extension que les altérations y ont prise, et d'autant plus précisément qu'en utilisant les réactions colorées de pH mises au point par WILLEITNER et PEAK (5) on met en évidence les zones de pénétration fongique (virage au jaune), même lorsqu'aucune modification d'aspect ou de dureté du bois n'est décelable (figure 8).

L'expression du résultat des observations se fait nécessairement de manière schématique, donc

simplificatrice, et il est hors de doute que c'est l'image, la photographie, qui rend compte le plus fidèlement des choses. Le système de cotation des observations, suivi dans ces expériences, prend en considération deux aspects du phénomène :

— L'un, qualitatif, concernant la pénétration (*P*) du champignon dans le bois : oui (+), non (—) ou peut-être (0), ce dernier cas se présentant surtout lorsque, avec certains bois, les modifications de couleur liées aux modifications de pH manquent de netteté.

— L'autre, quantitatif, concernant l'extension de l'envahissement (*E*), pendant la durée de l'essai, et exprimant à chacun des niveaux examinés, par rapport à une surface de référence définie arbitrairement comme l'indique la figure 10, la surface relative envahie par le champignon, rapportée à cinq cotations, échelonnées de 0 à 4 par tranches de 25 % :

TABLEAU 3
OBSERVATIONS SUR LES ÉPROUVETTES RETIRÉES APRÈS 7 SEMAINES

Essences de bois	Espèces de champignons	Montants				Assemblage (a)		Traverse			
		Gauche (G)		Droit (D)		P	E	milieu (m)		latéral (t)	
		P	E	P	E			P	E	P	E
Epicéa	<i>P. placenta</i> <i>P. vaporaria</i> <i>G. trabeum</i>	+	3*	+	3*	+	2	—	0	+	1
		+	3	+	3	+	2	+	1	+	2
		+	3*	+	3*	+	3*	+	2*	+	3*
Pin sylvestre (aubier)	<i>P. placenta</i> <i>P. vaporaria</i> <i>G. trabeum</i>	+	4*	+	4*	+	3*	+	2	+	4*
		+	3*	+	3*	+	3	+	1	+	3
		+	3*	+	3*	+	3*	+	3*	+	4*
Akossika	<i>F. trogii</i> (<i>Poria</i>) sp.	+	2*	+	2*	+	3*	+	2	+	3*
		+	1	+	2	+	2*	—	0	+	2*
Lati	<i>F. trogii</i> <i>C. versicolor</i>	+	2	+	2	+	3	+	2	+	3
		+	1	+	1	+	3	—	0	—	0
Aribanda	<i>C. versicolor</i>	+	2*	+	2*	+	3*	0	0	+	3*
Zaïzou	(<i>Poria</i>) sp.	+	2	+	3	+	3*	0	0	+	3*

TABLEAU 4
RÉSULTATS AVEC LE PIN SYLVESTRE (AUBIER) APRÈS 12 SEMAINES

Eprouvettes	Espèces de champignons	Montants				Assemblage (a)		Traverse			
		Gauche (G)		Droit (D)		P	E	milieu (m)		latéral (t)	
		P	E	P	E			P	E	P	E
PS ₂ PS ₃ PS ₄	<i>G. trabeum</i>	+	3*	+	3*	+	3*	+	3*	+	4*
		+	2*	+	4*	+	4*	+	1*	+	4*
		+	4*	+	4*	+	3*	+	3*	+	4*
PS ₅ PS ₈ PS ₉ PS ₁₀	<i>P. placenta</i>	+	4*	+	3*	+	4*	+	1	+	4*
		+	4*	+	4*	+	3*	+	1	+	4*
		+	4*	+	4*	+	3*	+	1	+	4*
		+	4*	+	4*	+	4*	+	2	+	4*
PS ₁₁ PS ₁₄ PS ₁₅	<i>P. vaporaria</i>	+	4*	+	4*	+	3*	+	2	+	4
		+	3	+	3*	+	2	+	1	+	4*
		+	2	+	2*	+	2	+	1	+	3*

- 0 correspondant à pénétration nulle (P: —)
 1 surface envahie entre 0 et 25 % approximativement
 2 surface envahie entre 25 et 50 % approximativement
 3 surface envahie entre 50 et 75 % approximativement
 4 surface envahie supérieure à 75 % approximativement

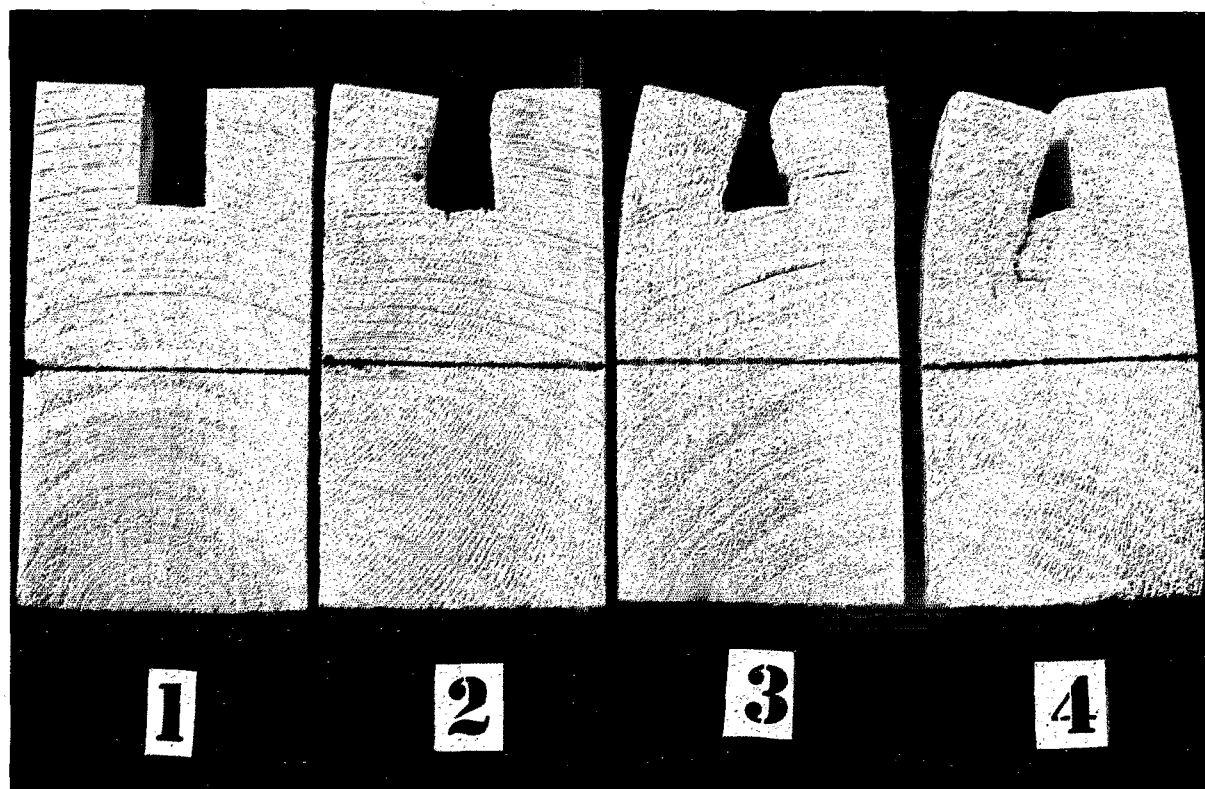
En outre, chacune de ces cotations (à l'exception naturellement de la cotation zéro) peut être accompagnée d'un astérisque signifiant la présence de symptômes évidents d'altération : décolorations (surtout pourritures blanches) ou colorations (brunissement par les pourritures cubiques), ramollissement, craquellement, fissurations, déformations, etc.

L'ensemble des observations ainsi schématisées permet l'établissement de tableaux récapitulatifs, du modèle du tableau 3, rendant compte des obser-

TABLEAU 5. — RÉSULTATS AVEC L'ÉPICÉA APRÈS 12 SEMAINES

Epreuves	Espèces de champignons	Montants				Assemblage (a)		Traverse			
		Gauche (G)		Droit (D)		P	E	milieu (m)		latéral (l)	
		P	E	P	E			P	E	P	E
EP ₂ EP ₃ EP ₄	<i>G. trabeum</i>	+	4*	+	3*	+	3*	+	3	+	4*
		+	4*	+	4*	+	3*	+	2	+	4*
		+	4*	+	4*	+	3*	+	2*	+	4*
EP ₆ EP ₇ EP ₁₀	<i>P. placenta</i>	+	4*	+	4*	+	3*	+	1	+	4
		+	4*	+	4*	+	4*	+	1	+	4*
		+	4*	+	4*	+	4*	+	3*	+	4*
EP ₁₁ EP ₁₂ EP ₁₃ EP ₁₄	<i>P. vaporaria</i>	+	4*	+	4*	+	3*	+	1	+	4*
		+	4*	+	3*	+	3*	+	1	+	3
		+	3*	+	4*	+	3*	+	1	+	3
		+	3*	+	4*	+	3*	+	1	+	4*

FIG. 10. — Sections transversales de traverse basse, aux divers degrés d'attaque mis en évidence par la réaction de pH, et exemple d'attaque au niveau d'un assemblage.



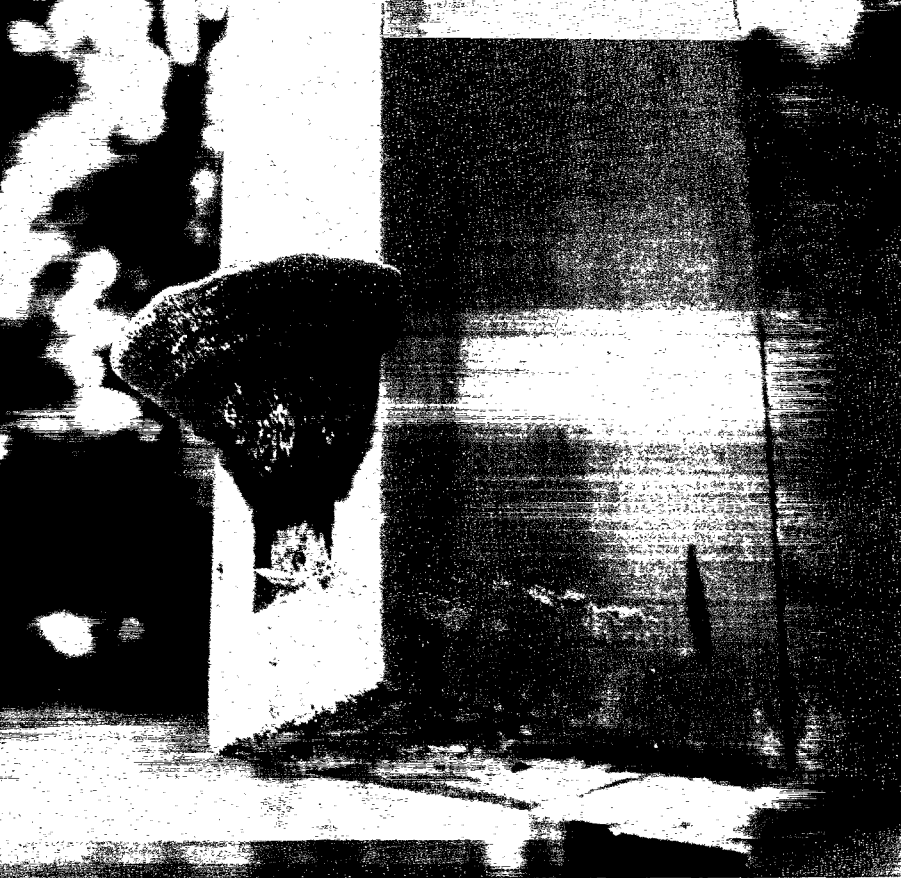


Fig. 11. — Formation d'une fructification de *Funalia trogii*.

d'entre elles conservées à titre démonstratif et dont quelques-unes portaient des fructifications parfaites de certains des champignons utilisés (figures 11 et 12). A l'issue des 12 semaines d'exposition totale, découpage et observations ont été faits selon les dispositions décrites plus haut, et les résultats font l'objet des tableaux 4 et suivants.

L'analyse des résultats autorise diverses remarques de fond et de détail sur le principe de l'expérimentation et sur les comportements spécifiques des essences de bois, et surtout des espèces de champignons utilisées dans l'essai :

— Sur le plan général, confirmation a été donnée de la possibilité de travailler avec les basidiomycètes lignivores en culture pure sans recourir aux procédés habituels de stérilisation et d'asepsie, et sans que l'utilisation des fongicides sélectifs antimoisissures telle qu'elle a été indiquée ait, semble-t-il, gêné en quoi que ce soit les champignons d'essai (1).

variations faites sur les éprouvettes examinées après 7 semaines seulement d'expérience. On voit qu'à de rares exceptions près (et uniquement au niveau médian de la traverse basse) il y a eu infestation et développement assez important accompagné d'altérations du bois souvent graves et particulièrement remarquables de la part des champignons de pourriture cubique.

Toutes les autres éprouvettes sont demeurées en essai encore 5 semaines, à l'exception de six

(1) Signalons aussi que trois fenêtres excédentaires ont pu être préparées, mais dépareillées dans leur constitution (essences différentes) ce qui ne permettait guère de comparaison avec le reste de l'expérience, et placées, dès après leur inoculation, à l'extérieur, soumises aux seuls caprices météorologiques pour ce qui concerne leur humidification ; celle-ci, totalement incontrôlée, s'est révélée toutefois favorable au développement des attaques qui ont pris, en 12 semaines, une extension du même ordre que chez les éprouvettes de l'expérience proprement dite. Cela semble indiquer qu'une certaine rusticité des conditions d'essai n'est pas forcément un handicap au bon déroulement des expériences.

TABLEAU 6
RÉSULTATS AVEC L'AKOSSIKA APRÈS 12 SEMAINES

Epreuves	Espèces de champignons	Montants				Assemblage (a)		Traverse			
		Gauche (G)		Droit (D)		P	E	milieu (m)		latéral (t)	
		P	E	P	E			P	E	P	E
AK 20.024.1 AK 20.263.1 AK 20.027.1 AK 20.265.1 AK 20.006.1	<i>C. versicolor</i>				encore en essai						
		+	1	+	1	+	2*	—	0	+	1
		0	0	0	0	+	3*	—	0	+	2*
		0	0	+	1	+	2*	+	1	+	3*
		+	2	+	2	+	2*	+	2	+	3*
AK 20.262.1 AK 20.262.4 AK 20.262.5 AK 20.262.2	<i>F. trogii</i>	+	4*	+	4*	+	3*	+	3*	+	3*
		+	4	+	4	+	4*	+	4*	+	4*
		+	4	+	4	+	3	+	4	+	4
						encore en essai					
AK 20.264.1 AK 20.264.2 AK 20.266.2 AK 20.264.3	<i>(Poria) sp. 57</i>	+	2*	+	2*	+	2*	—	0	+	3*
		+	3*	+	2*	+	3*	—	0	+	3*
		+	1*	0	0	+	1*	—	0	+	3*
		+	2*	+	2*	+	1	—	0	+	3*

FIG. 12. — Développement de fructifications de (*Poria*) sp. 57.

— D'une manière générale, les champignons d'essai ont développé des actions importantes dans des laps de temps relativement courts, ces actions se traduisant la plupart du temps par une pénétration profonde à partir des zones d'inoculation et, souvent, par le développement de symptômes évidents de leur action de détérioration du bois. Le dispositif expérimental peut donc être considéré comme satisfaisant.

— Les champignons de pourriture cubique ont, dans ces expériences, développé une action particulièrement bien décelable par les réactions de pH et allant même bien souvent jusqu'à une dégradation profonde et très intense du bois.

— Les champignons de pourriture blanche semblent avoir eu un comportement moins régulier (ex. : *Coriolus versicolor* sur Akossika), mais ceci peut être lié à une remarque concernant les réactions de pH dans le cas des pourritures blanches une certaine inversion de couleur à partir, semble-t-il, d'une certaine intensité d'attaque, correspondant à une remontée du pH ; et aussi au fait que l'extension d'une pourriture blanche encore peu intense dans un bois clair n'est pas un phénomène appréhendable aussi facilement qu'on pourrait le penser *a priori*.



— En ce qui concerne l'homogénéité des résultats, l'examen des tableaux 4, 5 et 6 concernant respectivement le Pin sylvestre, l'Épicéa et l'Akossika, montre, exception faite de *Coriolus versicolor* sur cette dernière essence, qu'elle est assez satisfaisante, et que le nombre de 5 éprouvettes par série unitaire pourrait sans doute être retenu.

TABLEAU 7

RÉSULTATS AVEC LES AUTRES FEUILLUS EN ESSAI APRÈS 12 SEMAINES D'EXPOSITION

Essences de bois	Espèces de champignons	Montants				Assemblage (a)		Traverse			
		Gauche (G)		Droit (D)		P	E	milieu (m)		latéral (l)	
		P	E	P	E			P	E	P	E
Aniouketi	<i>C. versicolor</i>	+	3	+	3	+	4	+	2	+	3
	<i>F. trogii</i>	+	4	+	4	+	4	+	3*	+	4*
	(<i>Poria</i>) sp.	+	3*	+	2	+	4*	+	1	+	3
Aribanda	<i>F. trogii</i> (<i>Poria</i>) sp.	+	4*	+	4*	+	4*	+	4*	+	4*
Lati	(<i>Poria</i>) sp.	+	2*	+	-2	+	2*	+	1	+	1
Loloti	<i>C. versicolor</i>	+	4*	+	4*	+	4*	+	4*	+	4*
	<i>F. trogii</i>	+	3*	+	2*	+	3*	+	2*	+	3*
	(<i>Poria</i>) sp.	+	4*	+	3*	+	4*	—	0	+	4*
Zaïzou	<i>C. versicolor</i>	+	4*	+	3*	+	2*	—	0	—	0
	<i>F. trogii</i>	+	4*	+	4*	+	4*	+	4*	+	4*

CONCLUSION

De l'avis des auteurs, les expériences décrites montrent que le dispositif expérimental imaginé peut servir de base à une expérimentation fiable de la durabilité des fenêtres en bois, que cette durabilité soit fondée sur les seules vertus de résistance naturelle à la pourriture des bois utilisés ou sur quelque système de préservation que ce soit. Les dimensions des éléments constitutifs de la « fenêtre » expérimentale sont telles que tout traitement de protection peut être appliqué, et testé en vraie grandeur. Un assez vaste programme est en début d'exécution

portant cette fois sur diverses combinaisons d'essences, de produits de préservation et de procédés d'application. A son achèvement, il sera probablement possible de se prononcer véritablement sur le niveau de progrès apporté par cette nouvelle méthodologie pour une meilleure appréciation de la durabilité des fenêtres en bois, étant bien entendu que des progrès et des améliorations, auxquels on s'applique déjà, ne devront cesser d'améliorer l'adéquation des conditions expérimentales à celles de la réalité sans nuire à la rapidité ni à la rigueur de l'expérimentation.

BIBLIOGRAPHIE

1. FOUGEROUSSE (M.). — Préservation des menuiseries contre la pourriture. *Bois et Forêts des Tropiques*, n° 183, janvier-février 1979.
2. FOUGEROUSSE (M.). — Contribution à une méthodologie d'essai de l'efficacité préventive des traitements de préservation du bois contre la pourriture. Note technique. Centre Technique Forestier Tropical, 1980.
3. FOUGEROUSSE (M.). — An attempt to develop a direct and reliable method for testing the preventive action of preservation treatments of wood against fungal decay. Int. Res. Group on Wood Preservation, Doc. n° I. R. G./W. P./2139, 11th meeting, Raleigh, N. C., U. S. A., 1980.
4. HUNT (R. S.) et COBB Jr (F. W.). — Selective medium for the isolation of wood-rotting basidiomycetes. *Can. J. Bot.*, n° 49, 1971.
5. WILLEITNER (H.) et PEAK (R. D.). — News from Research Institutes : colour-reaction for detecting fungal attack in wood. *The International Journal of Wood Preservation*, 1 (1), 1070 (47-48).

