

De l'emploi du bois dans la construction

Autor(en): **Leuenberger, G.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Journal forestier suisse : organe de la Société Forestière Suisse**

Band (Jahr): **88 (1937)**

Heft 8

PDF erstellt am: **23.05.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-784928>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

On sait que ce dernier, strictement limité à l'orme, est capable de provoquer, en quelques mois, le dépérissement de tout, ou partie, de la frondaison la plus luxuriante et d'entraîner ensuite le dessèchement de l'écorce du tronc.

Dans le cas particulier, on ne peut que déplorer la disparition de cette essence auxiliaire du chêne, par ailleurs menacé, à des degrés divers, par les circonstances locales. Il faut reconnaître que la chênaie de cette partie du bassin danubien n'est, à proprement parler, pas une forme climatique susceptible d'auto-défense naturelle et d'assurer sa pérennité.

Tant que des travaux de défense contre les inondations n'auront pas été entrepris et que le cantonnement du parcours du bétail, sur une vaste échelle, n'aura pas été obtenu, la composition du sol ne pourra être améliorée et la chênaie cultivée dans l'esprit d'un «climax» organisé avec association du charme ou, si possible, du hêtre, ces essences auxiliaires capables d'assurer une meilleure fertilité du sol. Un programme forestier de cette ampleur entraîne, non seulement d'énormes dépenses, mais aussi des sacrifices momentanés de la population rurale de la région, dont les droits de parcours ne peuvent être méconnus. Il s'agit ici, forcément, d'un programme de longue haleine et de réalisation fort difficile.

Pour le moment, le sylviculteur est aux prises avec des difficultés considérables, la chênaie étant attaquée à la fois par le pied et par la cime. L'exploitant bûcheron et le voiturier ont, eux aussi, une tâche non moins compliquée, puisque, chaque hiver, il arrive que les attelages doivent être remplacés, dans certaines coupes submergées, par des bateliers qui assurent le flottage des grumes avec l'aide d'embarcations faisant fonction de tracteurs.

On en peut conclure que les chênaies des autres pays européens sont singulièrement plus avantagées, au titre de l'auto-défense.

Moncherand s. Orbe (Vaud), juillet 1937. Aug. Barbey.

De l'emploi du bois dans la construction.

Préservation contre l'incendie : Ignifugation.¹

Introduction. L'ignifugation est un traitement préventif contre l'incendie que l'on fait subir au bois de construction pour en diminuer

¹ Résumé d'une conférence faite à l'assemblée générale, du 20 février 1937, de la *Société vaudoise de sylviculture*.

l'inflammabilité, en retarder la combustion, ou le rendre, dans certains cas, incombustible.

Cette question n'est pas nouvelle, puisque dès 1821, le physicien Gay-Lussac, à la suite de travaux très complets, a posé exactement le problème : « Nous entendons par tissus incombustibles non pas ceux qui seraient à l'abri de toute altération par le feu, mais les tissus qui, par leur nature particulière, ou des préparations convenables, prennent feu difficilement, ne brûlent pas avec flammes et s'éteignent d'eux même sans propager la combustion. »

Relevons de cette définition trois points :

- a) Inflammation difficile sous l'action d'un foyer externe.
- b) Combustion sans flamme, sous réserve de celles produites par un foyer externe.
- c) Propagation suspendue, dès que cesse l'action de ce foyer externe.

Bien que notre époque soit à la spécialisation, l'interpénétration des sciences dans le domaine économique crée un nouveau devoir aux agents forestiers : celui de l'information dans tout ce qui relève de la technologie forestière et de ce qui favorise l'emploi du bois qu'ils vendent.

C'est le but que poursuit *LIGNUM*, l'Union suisse en faveur du bois.

De l'ignifugation proprement dite.

Avant d'entrer dans le vif du sujet, une mise en garde !

Si intéressants et concluants que soient les résultats obtenus, la question de l'ignifugation n'est pas résolue pratiquement. On est parvenu, par des procédés longs et coûteux, à rendre du bois quasi incombustible. De là à proclamer que le bois devient incombustible par simple aspersion d'un liquide, il y a un abîme, qui reste à franchir.

La combustion du bois. Le médecin, qui recherche la guérison d'un malade, étudie sa maladie et ses causes. On ne saurait donc logiquement étudier l'ignifugation, qui est le remède, sans analyser les différentes phases de la combustion, qui est la maladie à traiter préventivement.

Sous l'action de la chaleur, les couches extérieures d'une pièce de bois, immédiatement en contact avec une source de feu, se décomposent. Cette décomposition conduit à la formation d'une couche de charbon et au dégagement de gaz inflammables; oxyde de carbone, méthane, acétylène, entr'autres. Ces gaz, portés à leur température d'inflammation, brûlent en se combinant avec l'oxygène de l'air ambiant, en dégageant beaucoup de chaleur, ce qui active la décomposition des couches ligneuses immédiatement en contact. C'est la première phase de la combustion : *l'inflammation*. Sous l'influence durable des sources de feu, la chaleur est transmise vers les couches internes par contact. Les gaz qui se forment dans ces couches internes par-

viennent, soit au travers des pores du bois et du charbon, soit par des fentes, jusqu'au contact de l'air ambiant et brûlent; c'est la seconde phase : la *combustion* proprement dite.

Sur des objets à section suffisante, on peut remarquer, au bout d'un certain temps, un ralentissement du phénomène de combustion. Ce ralentissement est dû au fait que le charbon est très mauvais conducteur de la chaleur; la transmission par contact de la chaleur jusqu'aux couches internes en est retardée. La couche de charbon de plus en plus épaisse, qui se forme autour de l'objet enflammé, exerce donc une influence protectrice, retardatrice de la combustion.

La dernière phase de la combustion, que je nommerai *l'ignition*, commence au moment de la disparition des flammes : le charbon entre alors en contact avec l'oxygène de l'air et se consume en formant des cendres.

L'étude détaillée de l'influence des propriétés physiques et anatomiques des bois sur leur combustibilité a été faite en particulier par l'ingénieur allemand Merz.

Voici ses conclusions :

- 1° Les phénomènes de combustion que l'on observe sur le bois soumis à la chaleur sont, dans une large mesure, influencés par les propriétés physiques, anatomiques et certaines propriétés chimiques du bois.
- 2° Plus les bois sont légers et poreux, plus grande est leur inflammabilité; les pores, en effet, facilitent le dégagement des gaz.
- 3° L'inflammabilité d'un bois, sa combustibilité aussi, dépendent de la chaleur spécifique du bois considéré et de sa conductibilité thermique : une faible conductibilité thermique produit un échauffement localisé, qui facilite l'inflammation.
- 4° La structure anatomique des bois, la disposition des pores en anneaux ou en ordre dispersé, la forme des cellules (qui sont closes chez les résineux), ces facteurs sont souvent déterminants de la combustibilité et de l'inflammabilité.
- 5° Les rayons médullaires favorisent la combustion, en créant des fentes, par lesquelles les gaz peuvent s'échapper plus librement.
- 6° Il n'a pas été possible de déterminer un écart entre la combustion des bois rabotés et des bois bruts.
- 7° La teneur en eau retarde les phénomènes de combustion.
- 8° La teneur en résine ralentit la combustion, en augmente donc la durée.
- 9° La teneur des bois en matières inorganiques favorise l'ignition, en augmentant la conductibilité thermique du charbon.

Résumons pratiquement ces faits :

Etant donné que toute matière cellulosique, sous l'action de la chaleur,

- 1° ne s'enflamme pas avant que l'eau, qu'elle contient toujours, ne soit évaporée (15 % du poids anhydre, pour l'état sec à l'air),
- 2° que sa décomposition commence vers 140°, par le dégagement de gaz inflammables au contact de l'air et du foyer externe,
- 3° qu'elle laisse du charbon, qui, lorsqu'il vient en contact avec de l'air, constitue un foyer interne de combustion,

on pourra tenir compte d'une ou plusieurs de ces constatations dans l'étude des modes d'action des produits ignifuges.

* * *

Voyons maintenant quels sont les *moyens* qui permettent l'ignifugation.

Premier moyen : Basé sur l'augmentation de l'état d'humidité, il cherche à l'obtenir par la présence de sels hygroscopiques : chlorures de sodium ou d'ammonium.

L'inflammation et la combustion sont retardées par l'évaporation préalable de l'eau. Les inconvénients de l'emploi de sels hygroscopiques sont nombreux : diminution des résistances mécaniques; déformations; corrosion des pièces métalliques en contact; pourriture du bois, si les produits ignifuges contiennent du chlorure de magnésium, aliment recherché des champignons xylophages.

Deuxième moyen : Basé sur l'abaissement de la température, soit du bois, soit des gaz qui s'en échappent.

L'abaissement de la température du bois est obtenu par la présence de calorifuges, dont le type est l'amiante, employée sous forme d'agglomérés, d'enduits, de plaques. Il s'agit ici d'une sorte de minéralisation superficielle qui retarde la mise à feu, mais qui reste sans action sur la propagation de la combustion : l'effet reste purement physique. L'abaissement de la température des vapeurs distillées est obtenu par la présence de corps conducteurs de la chaleur, emploi analogue à celui des toiles métalliques dans les lampes de mine.

On l'applique en disposant, par divers procédés, un revêtement métallique : procédé électrolytique, projection à chaud de particules métalliques, vernissage à la poudre d'aluminium, revêtement de plaques minces d'aluminium.

Troisième moyen : Lutte contre la combustion interne du charbon,

a) par l'isolement du charbon en ignition, ou

b) par la suppression du comburant : l'oxygène de l'air.

On réussit à isoler le charbon de l'air ambiant par la présence de sels solubles qui, après déshydratation, sont fusibles et se répandent en une sorte de glaçage sur le charbon en ignition. Le type de ces sels est le borax, qui reste le composant principal des produits utilisant ce moyen.

On supprime le comburant par des produits extincteurs qui agissent :

- a) en éloignant l'air : acide carbonique,
- b) en s'emparant de son oxygène : au moyen du soufre,
- c) en employant des sels qui dégagent des gaz agissant par éloignement de l'air, ou par combustion endothermique avec l'oxygène.

Après cette rapide revue des moyens, revue que j'aurais voulu critique, et non pas seulement sommaire, examinons les procédés d'application de ces moyens à l'ignifugeage des bois.

Les procédés d'application sont à subdiviser en deux classes, suivant qu'ils tendent :

- 1° à la protection superficielle,
- 2° à la protection profonde.

Ils revêtent ainsi une importance variable, suivant les intérêts en cause. Pour la défense aérienne passive, par exemple, la protection superficielle est de beaucoup la plus importante, puisqu'elle est la seule applicable aux bois mis en œuvre. La protection profonde n'est possible que sur des bois en pièces détachées.

Dans la *protection superficielle*, tous les moyens précités sont applicables. Souvent, les sels des produits ignifuges combinent ces divers moyens.

Les procédés d'application pour la protection superficielle sont : le vernissage, la badigeonnage à chaud, la pose d'enduits, l'aspersion au pistolet pneumatique.

Mais, la protection superficielle, par son essence même, est condamnée à n'avoir qu'une efficacité... superficielle. Entendons-nous bien; sur des supports de faible épaisseur, un enduit assez épais peut avoir une efficacité suffisante, c'est-à-dire retarder le moment de l'inflammation, éviter une propagation rapide, permettre même, par le dégagement d'une odeur caractéristique, de déceler plus tôt un foyer d'incendie.

Par contre, sur bois épais, la protection superficielle semble insuffisante, par le fait de la création d'un foyer interne de combustion. Il faudrait donc tenter, dans le cas des bois épais, la protection profonde, sinon à cœur.

La *protection profonde* peut s'obtenir, suivant les dimensions de débit, par les procédés suivants :

- a) par *badigeonnage*, pour les petites épaisseurs, après avoir fait subir au bois une surdessiccation en étuve (40° pendant 48 heures);
- b) par *immersion* de bois bien sec à l'air. La pénétration ne se fait que jusqu'à une faible profondeur, et seulement dans l'aubier;
- c) sous faible pression (1 kg); les bois doivent être verts, sous écorce. Le bois de cœur ne s'injecte pas;
- d) sous *forte pression* (4 à 12 kg) : sur bois sec ou vert, dans des cylindres de tôle;
- e) sous *vide par ébullition*, sans pression. A l'air libre, l'ébullition de la solution, pendant 2 à 4 heures, dilate et expulse l'air con-

tenu dans le bois, totalement immergé. Par refroidissement, au sein d'une solution de sels, la condensation fait pénétrer le liquide dans le cœur.

Ce dernier procédé paraît être le plus pratique et le plus économique. La nocivité de la chaleur sur les qualités mécaniques du bois dépend de l'essence : nulle pour le frêne, elle est importante pour le hêtre.

Pour les contre-plaqués, la protection superficielle est nettement insuffisante. Il faut y ajouter la protection profonde, qui peut s'obtenir

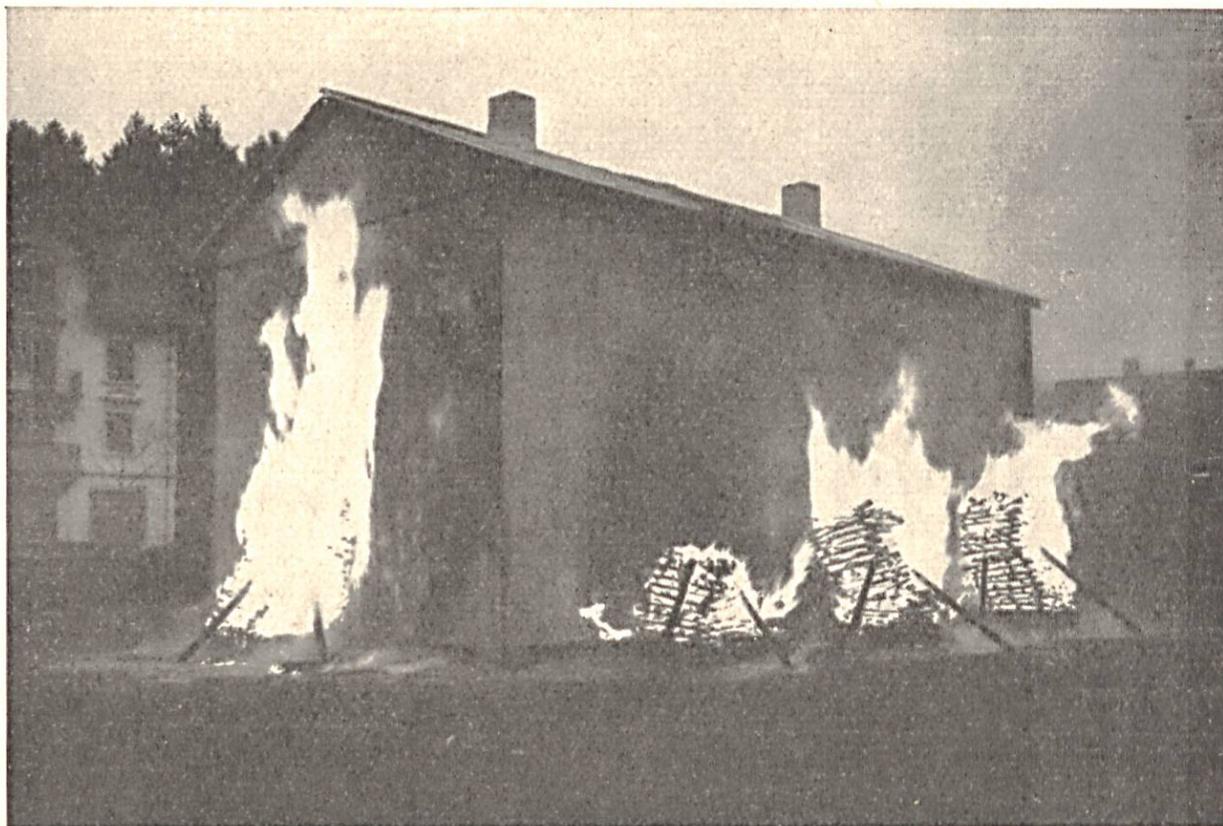


Fig. 1. Essais d'incendie des parois extérieures; 10 minutes après la mise à feu.
(Les essais dans les divers locaux ont eu lieu les jours précédents.)

par le collage des joints au caséinate de chaux, par exemple. Mais l'application des procédés, tendant à la protection profonde des bois, rencontre dans la pratique quelques restrictions; les bois à ignifuger profondément doivent être traités en pièces détachées : première restriction d'application.

Le prix de revient des opérations à faire subir aux bois est souvent trop onéreux pour permettre une généralisation du procédé : seconde restriction d'application.

Enfin, suivant le procédé d'application, le bois perd en partie quelques propriétés : il devient plus lourd, plus dur, plus difficile à travailler, moins élastique : troisième restriction d'application de la protection profonde.

Et pourtant, seule la protection profonde permet de mettre en

œuvre les moyens efficaces cités précédemment et d'obtenir des bois incombustibles, selon la définition de Gay-Lussac.

* * *

Continuons l'étude méthodique de l'ignifugation, après l'examen des moyens et des procédés, par celui des produits ignifuges, lancés dans le commerce en très grand nombre.

Souvent, on dessert la propagande en faveur d'une question, en transposant directement dans le domaine de la pratique des résultats de laboratoire, résultats obtenus par des procédés d'application con-

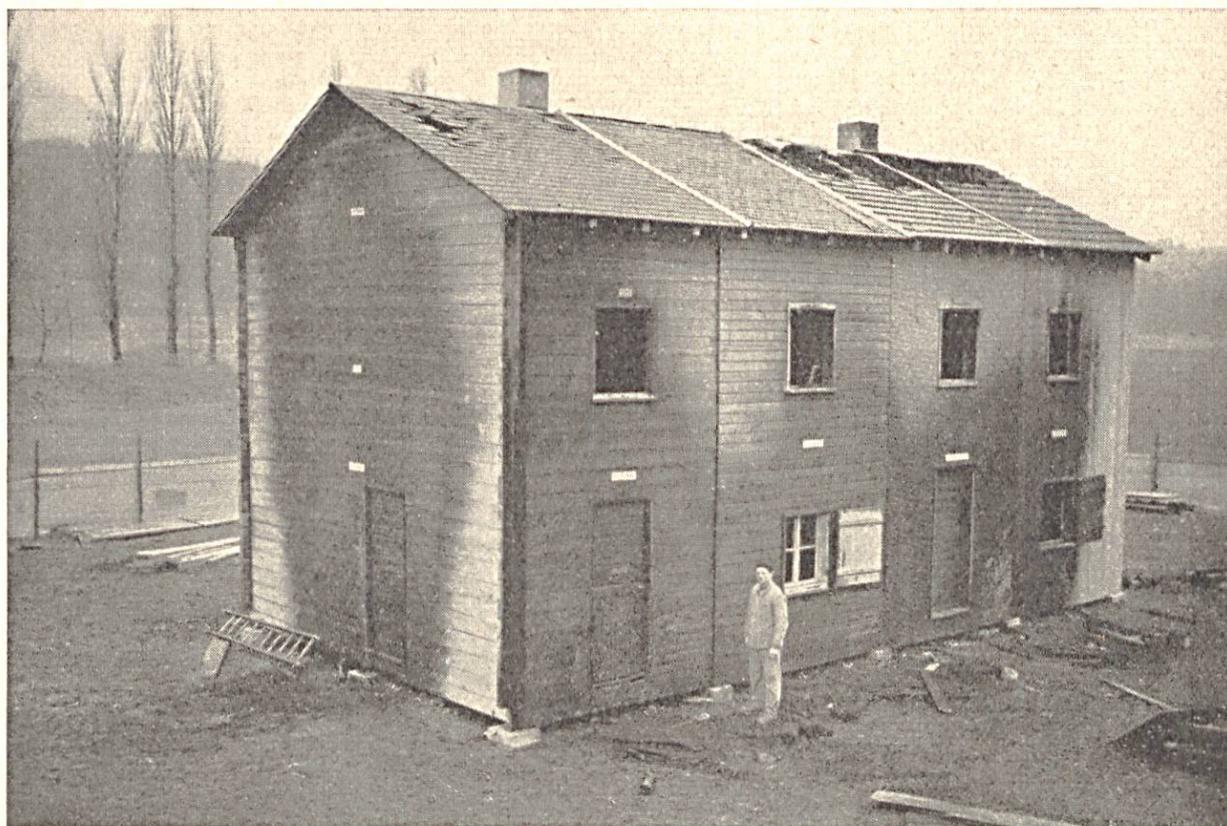


Fig. 2. Les foyers d'incendie sont consumés; ils ont été éteints après 25 minutes. Le feu s'est éteint de lui-même aux parois, à l'exception de deux endroits, où les pompiers durent intervenir.

nus encore des seuls spécialistes. Les premières déconvenues, causées par l'inobservation de modes d'emploi, nuisent, dans l'esprit public, à l'adoption d'une nouveauté, si évidents que soient ses avantages. Il a été nécessaire de faire un choix et de juger, par divers essais et expériences, de la valeur ignifuge des divers produits, puis de quelques autres qualités accessoires, mais très importantes dans la pratique, à savoir :

- 1° La *durabilité de l'ignifugeage*; en effet, il est des produits à base d'ammonium qui donnent, immédiatement après l'application, des résultats remarquables; mais les sels employés sont instables et leur efficacité est de courte durée.

- 2° La *durabilité mécanique des bois traités*; des essais comparatifs sur bois naturel et traité, au même état d'humidité, ne doivent pas présenter un écart supérieur à 15 %.
- 3° *Durabilité physique des bois traités*. Les sels injectés pouvant être un aliment pour les organismes xylophages, le bois doit être protégé par un antiseptique : fluorure de sodium, par exemple.
- 4° *Dégagement de gaz nocifs*.

Pour la défense contre l'incendie, il est important de déterminer si les gaz issus de bois ignifugés ne sont pas asphyxiants.



Fig. 3. Influence de l'épaisseur et du pouvoir d'absorption des bois employés. Parois en contreplaqué traité superficiellement, par badigeonnage unique : la destruction est complète. Pièce n° 14, parois A et B.

C'est l'examen de ces diverses qualités des produits ignifuges qui a conduit aux essais d'incendie, en dehors de la recherche de l'influence du genre de construction sur la propagation du feu dans l'incendie. L'organisateur de ces essais en Suisse est *Josef Seger*, président central de l'« Association suisse des maîtres charpentiers ». Des essais très importants ont été faits, en novembre 1936, à Zurich. Grâce aux moyens financiers réunis (environ 28.000 fr.), les essais ont pu être conduits méthodiquement et scientifiquement contrôlés. Les produits présentés au contrôle ont d'abord été soumis à des essais éliminatoires. Ceux qui furent retenus, pour les essais principaux, ont été utilisés au traitement des bois. Les bois mis en œuvre dans la construc-

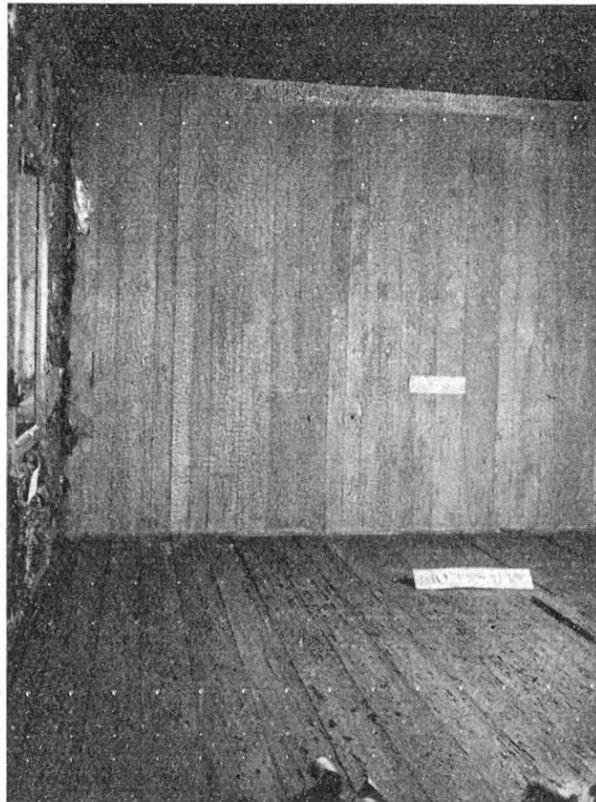
tion, une maison d'habitation pour deux familles, ont été préparés et mis à sécher environ une année avant la mise à feu.

On a utilisé 16 produits différents, dont 8 avec un traitement par immersion. Les bois, au même état de siccité, étaient pesés à l'état naturel et après le traitement, afin de connaître les quantités de produits absorbés; il fut employé, au total, pour ces essais : 2200 kg de produits ignifuges.

Enfin, on a appliqué les modes de construction les plus divers, afin de juger également de leur résistance à l'incendie et de leur pou-

Fig. 4.

Idem. Paroi en planches de chêne de 27 mm, non traité. Carbonisation superficielle. Pièce n° 14, paroi C. Soumises ainsi aux mêmes influences, des parois dans un même local sont détruites ou superficiellement carbonisées, selon leur épaisseur. Le fait que le chêne est un bois peu inflammable, et que le pouvoir d'absorption des contreplaqués est faible, explique ces résultats, qui peuvent paraître paradoxaux.



voir d'isolation de la chaleur. La couverture des toitures consistait en bardeaux, tuiles, éternit, tôle.

Une première publication sur ces essais : *Brandversuche an Holzbauten*, vient de paraître.¹

L'auteur décrit la préparation des matériaux ligneux, leur genre et leur mode d'assemblage, la construction elle-même, puis il s'arrête longuement sur les observations faites au cours des essais d'incendie. Il résume ensuite, en 4 pages, les remarques sur la façon dont se sont comportés les différents matériaux utilisés : poutres, planches d'épaisseur variable, lambris, contre-plaqués, plaques de construction, etc.;

¹ Due à la plume de M. *Seeger*, déjà cité, elle est abondamment illustrée et fournit une documentation très complète sur les préparatifs, l'exécution et l'observation de ces essais. On peut l'obtenir auprès de *Lignum* (Börsenstrasse 21, Zurich), par versement de 5 fr. au compte de chèques X 2503. La livraison a 100 pages.

les assemblages de ces matériaux : parois pleines, lambrissage double ou simple, planches crêtées ou munies de couvre-joints; les diverses parties de la construction : parois extérieures, intérieures, planchers, plafonds, escaliers, fenêtres, toitures. Enfin, en ce qui concerne directement l'ignifugation, l'auteur condense les observations à l'extrême : il estime « qu'il est extraordinairement difficile de se prononcer catégoriquement sur l'efficacité des produits ignifuges, en se basant sur les essais d'incendie, en dépit de tous les soins et l'exactitude apportés à la préparation et à l'observation de ces essais. Il ajoute qu'il serait nécessaire que ces essais fussent tentés sur une plus grande échelle, permettant en particulier de prolonger la durée de l'action du feu.

Il n'a pas été possible de dresser, en guise de conclusion, une échelle des valeurs relatives des produits ignifugés utilisés. Les contrôles du Laboratoire fédéral d'essais des matériaux de l'EPF, à Zurich, pourraient donner quelques précisions à ce sujet, mais ces observations n'auront que la valeur relative de contrôles d'éprouvettes.

L'auteur juge donc qu'il serait téméraire de se prononcer sur les seules observations des essais d'incendie et que les conclusions pratiques sont à tirer des résultats fournis par les deux méthodes. Après cette première publication, la valeur pratique des observations faites au cours des essais demande à être précisée : attendons donc.

Sans vouloir anticiper sur les conclusions qui devront être tirées de ces essais, nous nous risquerons toutefois à dire que :

- 1° La combustibilité d'une construction de bois et de ses aménagements dépend des modes d'assemblages, qui doivent tendre à la suppression des fentes ou vides permettant la circulation de l'air.
- 2° La combustibilité des aménagements est étroitement liée à l'épaisseur des bois employés (indépendamment de l'essence).
- 3° En dehors de la valeur purement technique des produits ignifuges : pouvoir extincteur ou protecteur, leur efficacité dépend, dans une large mesure, de la facilité de l'application permettant une bonne absorption du produit par le bois.

A notre avis, il apparaît que les modes d'assemblages et les épaisseurs des bois, réserve faite de la combustibilité propre à chaque essence, sont déterminants à un plus haut degré, pour la combustibilité d'une construction de bois, que l'application de produits ignifuges.

Monsieur Seger écrit : « La preuve est faite que l'on dispose actuellement de produits ignifuges qui empêchent efficacement une propagation rapide du feu et qui, en outre, peuvent augmenter la durabilité physique du bois par une action antiseptique. » L'auteur se borne à cela, avec beaucoup de circonspection. Nous sera-t-il permis d'ajouter que les essais de Zurich ont démontré que les produits ignifuges utilisés sont impropres, en traitement superficiel par immersion ou aspersion, à empêcher la combustion : l'équipe des pompiers de la ville de Zurich a dû, à chaque essai, intervenir vigoureusement pour

éteindre le foyer et le local en feu, afin qu'il soit possible de faire quelque observation ultérieure.

Les publications du Laboratoire fédéral d'essais des matériaux préciseront, probablement, l'effet de retardement à l'inflammation et à la propagation du feu. On ne saurait attendre plus, actuellement, de l'emploi des produits ignifuges en traitement superficiel.

* * *

Signalons encore d'autres produits, issus du bois, qui subissent une ignifugation et sont résistants à l'incendie : Je veux parler des plaques de construction en fibres de bois agglomérées : Heraklit, Iso-plac, Standard, etc. J'ai eu communication d'essais faits en France avec Isoplac; cette plaque de construction est maintenant admise dans les constructions maritimes et considérée comme suffisamment incombustible. En France également, on admet la protection de charpentes d'acier nu, au moyen de bois traités par injection profonde à l'oxylène.

* * *

Enfin, il est intéressant de connaître quelques prix de revient : pour la protection superficielle, en Allemagne, le prix de revient varie de 8 à 40 pfg. par m². En Suisse, de 20 à 50 cts. le m².

Et maintenant, je voudrais conclure en me résumant :

Les divers procédés d'application permettent, en traitement superficiel, à des prix abordables, de diminuer l'inflammabilité des bois mis en œuvre. S'ils ne les rendent pas proprement incombustibles, ils sont d'une utilité pratique en retardant l'inflammation, la propagation de l'incendie et, surtout, en permettant de déceler souvent le foyer d'incendie avant que le brasier se soit transmis à tout le local.

Mais, dans le choix des produits, la plus grande circonspection est de rigueur.

Enfin, quitte à consentir une plus grande dépense, il vaut mieux confier l'application des produits ignifuges à des spécialistes.

Par la protection profonde, on parvient à rendre pratiquement incombustibles des bois de fortes dimensions, mais à des prix de revient tels que le procédé ne pourra guère se généraliser; d'autre part, par les procédés connus à ce jour, le bois traité perd une partie de ses propriétés naturelles.

* * *

Je m'en voudrais de terminer cet exposé sans mentionner que je dois ma documentation à l'obligeance de Messieurs le major *Keller*, commandant du corps de sapeurs pompiers de Genève, *Seger*, maître charpentier à Zurich, *Cornet*, ingénieur chimiste à Domblans, enfin, à *Lignum*, qui reste, en Suisse, le pionnier de la défense du bois de construction.

G. Leuenberger.

(Les clichés des quatre photographies précédentes ont été aimablement mis à notre disposition par la direction de LIGNUM.)