

## Panneaux de bois ignifuges sans colle

ANTOUN Karina<sup>1,2</sup>, EL HAGE Roland<sup>2</sup>, NAKHL Michel<sup>2</sup>, SONNIER Rodolphe<sup>3</sup>,  
SEGOVIA Cesar<sup>4</sup>, BROSSE Nicolas<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Université de Lorraine, LERMAB, 54000 Nancy, France.

<sup>2</sup> LCPM/EDST-PR2N, Université Libanaise, Faculté de Sciences 2, 90656 Fanar, Liban.

<sup>3</sup> IMT-Mines Alès, Université de Montpellier, 30319, Alès Cedex, France.

<sup>4</sup> Université de Lorraine, Cetelor, 88000 Epinal, France

[karina.antoun@univ-lorraine.fr](mailto:karina.antoun@univ-lorraine.fr)

**Mots clefs :** bois ; panneaux sans colle ; acide phytique ; ignifugation ; procédé vert.

### Contexte et objectifs

Le bois est depuis toujours utilisé dans la construction. Cet usage prend un nouvel essor depuis quelques années grâce aux nombreux produits techniques innovants en bois. Ce matériau est de plus en plus apprécié offrant de nombreuses possibilités pour construire, surélever, rénover et s'agrandir.

Cependant, les révisions successives des réglementations du bâtiment et de la construction ont accru les exigences pour que les matériaux satisfassent aux spécifications en ce qui concerne les faibles émissions de formaldéhyde et la résistance élevée à la propagation de la flamme.

Ainsi, l'industrie des panneaux est confrontée à une demande croissante en panneaux ignifugés et à faible émission de formaldéhyde. Dans ce contexte, la disponibilité de retardateurs de flamme efficaces, non toxiques et/ou biosourcés est activement recherchée. Néanmoins, la capacité de l'industrie à répondre efficacement à cette demande croissante a été entravée par les limites de la disponibilité d'additifs adéquats. Il est donc clé de pouvoir proposer de nouveaux additifs pour répondre à ces besoins.

Lors de la fabrication des panneaux de particules, les liants comme les urées formaldéhydes, les phénols formaldéhydes et les mélamines isocyanates sont utilisés ; ces colles d'origine pétrolière émettent un taux de formaldéhyde considérable et d'autres gaz à effet de serre (COV...). Ce travail vise la fabrication de panneau par thermo-pressage sans l'utilisation de colle ni traitement chimique.

Par conséquent, l'élaboration d'un panneau de bois sans colle demeure une solution écologique, pourtant, la sécurité incendie des panneaux écologiques en bois est limitée par une faible stabilité thermique lorsqu'ils sont exposés à une flamme, ainsi ils sont désignés comme des matériaux combustibles. Dans ce contexte, une modification de la structure chimique de la lignocellulose par un retardateur de flamme pourrait être envisagée.

Il est connu que l'utilisation de composés à base phosphore améliore l'ignifugation en formant une couche de carbone stable. Un synergisme P- N a été rapporté par Moussa et al., dans lequel une solution d'acide phosphorique et d'urée a été utilisée pour traiter les fibres de chanvre [1]. Cependant, les ignifugeants d'origine biologique sont encore rares.

Dans ce résumé, nous présentons la fabrication de panneaux de bois sans colle traités par un nouveau procédé d'ignifugation utilisant une molécule biosourcée abondante « acide phytique » qui est un co-produit de l'industrie de l'alimentation animale.

### *L'acide phytique*

C'est un agent anti-nutritif qui a un impact négatif sur la qualité des tourteaux pour des applications alimentation animale. Sa structure est constituée de six groupes phosphates offrant des perspectives prometteuses en tant que retardateur de flamme en raison de sa teneur élevée en phosphore et en carbone.

L'acide phytique peut être greffer sur des matériaux cellulosiques et lignocellulosiques (ex. coton, lin, bois, chanvre, etc...) pour leur conférer des propriétés ignifuges.

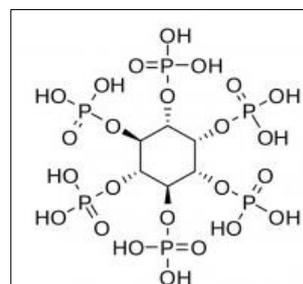


Fig. 1 : Formule de l'acide phytique.

### Matériels et méthodes

Des particules d'épicéa exposées à la vapeur sont utilisées pour produire des panneaux par thermos-pressage (sans utilisation de colle). Ainsi, ces particules sont traitées anti-feu par ignifugation selon un procédé récemment breveté « IGNIBIOS ». Ce procédé consiste à la pulvérisation d'une solution aqueuse d'urée et d'acide phytique sur les particules d'épicéa exposée. Ces particules subissent ensuite un séchage avant la production des panneaux par thermo-pressage pendant 11 min à 200 °C (sans utilisation de colle).

Trois différents panneaux sont préparés : un panneau référence composé de particules d'épicéa non traité (témoin), et deux ignifugés avec deux différentes concentration (traité 1 ; traité 2).

Les propriétés mécaniques (force de liaison interne et flexion) et les tests de gonflement des panneaux sont testés suivant les normes européennes. L'effet du traitement d'ignifugation des panneaux avec la solution ignifugeante est évalué par cône calorimètre.

### Résultats et discussion

La garantie de qualité et de performance des panneaux de particules exige de ces derniers des propriétés mécaniques stables et qu'ils soient effectivement conformes aux utilisations auxquelles ils sont destinés. Suivant leur domaine d'application et les conditions spécifiques de leur utilisation, les panneaux de particules doivent donc satisfaire à des exigences mécaniques générales et des exigences spécifiques. Le traitement des particules d'épicéa par la solution ignifugeante (urée/acide phytique) permet la phosphorylation des particules suite au greffage du phosphore, ainsi permettant l'ignifugation du panneau. Le traitement des particules d'épicéa par le retardateur de flamme contribue à une amélioration des propriétés mécaniques des panneaux avec une diminution remarquable du gonflement du panneau de 58% vers 10% et une augmentation de la cohésion interne de 0,05MPa pour le panneau témoin à 0.17-0.18 MPa pour les panneaux traités (Tab. 1).

Tab. 1 : Propriétés mécaniques des panneaux d'épicéa traités

Panneau	Phosphore (%)	Densité (kg/m <sup>3</sup> )	Gonflement (%)	IB (MPa)
Témoin	0	953	58	0,05
Traité 1	1,4	940	30	0,17
Traité 2	3	938	10	0,18

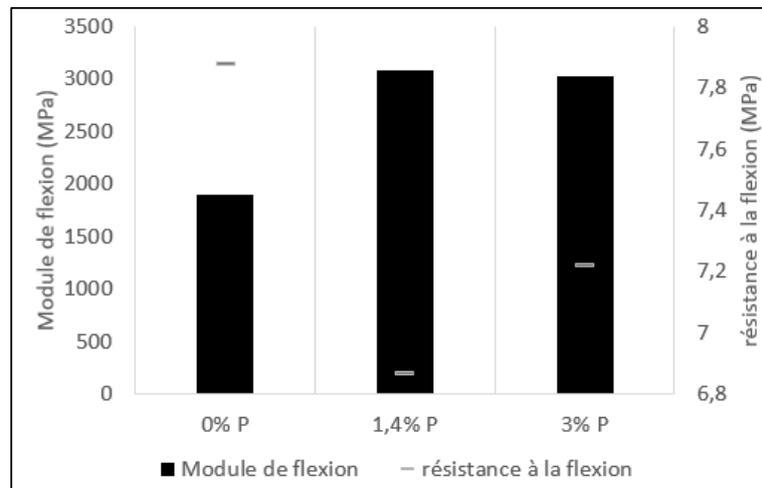


Fig. 2 : Propriétés mécaniques des panneaux d'épicéa traités

Une amélioration significative du module de flexion (Fig. 2) est remarquée pour les panneaux traités avec une résistance de 3000MPa pour le panneau traité versus 1800MPa pour le panneau témoin. Cependant, une variation aléatoire de la résistance à la flexion est observée pour les panneaux traités.

Les exigences de résistance au feu des matériaux combustibles naturels impliquent la capacité de résister à la flamme tout en limitant sa propagation. La résistance au feu par cône calorimètre est exprimée en fonction du délai d'inflammation (ou temps d'ignition) quand le matériau est exposé à une source de chaleur.

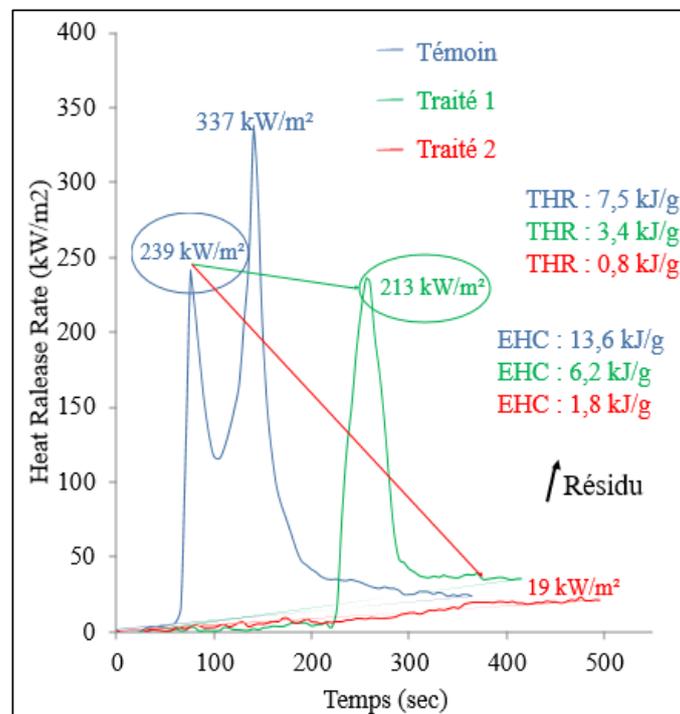


Fig. 3: Evolution du débit calorifique (HRR) en fonction du temps des panneaux d'épicéa.

La figure 3 montre l'évolution des courbes de débit calorifique HRR en fonction du temps pour une irradiance de 35 kW/m<sup>2</sup> des panneaux d'épicéa traités avec la solution ignifugeante. Il est remarquable que le temps d'ignition augmente après la modification des panneaux avec la solution ignifugeante. Initialement, le temps d'ignition du panneau non modifié à 35 kW/m<sup>2</sup> est de 66s. Pour un taux de greffage de 1,4%P (traité1) le temps d'ignition augmente significativement (229 s) alors qu'avec un taux de 3% P (traité 2) l'ignition des panneaux est inhibé.

Une vidéo montrant l'effet du traitement d'ignifugation d'un panneau est disponible via le lien suivant <https://youtu.be/7Ga8U1qs9-8>

### **Collaborations industrielles**

Le procédé d'ignifugation « IGNIBIOS » s'adresse aux marchés dont les matériaux sont de structures lignocellulosiques (ex. panneaux, textile, ...). C'est un traitement efficace, peu onéreux, respectueux de l'environnement, à faible consommation d'énergie, ne nécessite pas l'utilisation de solvants ou de produits chimiques pour le greffage, permet une liaison covalente du retardateur de flamme et peut être facilement industrialisé.

Trois entreprises sont partenaires du projet et impliquées dans la co-maturation de «IGNIBIOS», les travaux menés actuellement visent à intégrer ce procédé dans leur chaîne de production.

### **Conclusion et perspectives**

Au terme de ce travail, nous avons mis en évidence une méthode efficace pour la production de matériaux lignocellulosiques ignifugés. Un procédé d'explosion à la vapeur a été utilisé pour le raffinage des matériaux lignocellulosiques. De manière inattendue, les panneaux de bois fabriqués des particules d'épicéa explosées à la vapeur et traité par le procédé d'ignifugation, présentaient de propriétés mécaniques améliorées.

### **Remerciements**

Ce travail a été soutenu par le laboratoire de recherche et d'étude sur le matériau bois, LERMAB, à l'Université de Lorraine, par le laboratoire de Chimie-physique des Matériaux et la plateforme de recherche en Nanosciences et Nanotechnologies (EDST-PR2N) à l'Université Libanaise, l'IMT Mines Alès et SATT SAYENS.

### **Références**

- Brosse N., Kapel R., Sonnier R., El Hage R., Segovia C., Antoun K., Moussa M., (2020) Procédé d'ignifugation de matériaux lignocellulosiques, matériaux lignocellulosiques ignifugés ainsi obtenus et leurs utilisations, numéro de dépôt N° FR2003600 (*patent pending*).
- He Q., Ziegler-Devin I., Chrusciel L., Ngwa Obame S., Hong L., Lu X., Brosse N., (2020) Lignin-first integrated steam explosion process for green wood adhesive application, ACS Sustainable Chemistry & Engineering. 8(13) 5380-5392.
- Moussa M., El Hage R., Sonnier R., Chrusciel L., Ziegler-Devin I., Brosse N., (2020) Toward the cottonization of hemp fibers by steam explosion. Industrial Crops and Products, 151, 112242.