

Développement de revêtements métalliques et céramiques sur le bois pour sa protection au feu et aux termites

PODGORSKI Laurence¹, DENOIRJEAN Alain²

¹Institut Technologique FCBA, Allée de Boutaut, 33028 Bordeaux Cedex

²IRCER, Université de Limoges

Laurence.podgorski@fcba.fr

Mots clés : bois ; céramique ; métal ; revêtement ; feu ; termites ; projection thermique.

Contexte et objectifs

Les solutions de projection thermique peuvent déposer sur le bois une couche de métal seule (Nejad et al. 2013) ou en combinaison avec une couche de céramique (Podgorski et al. 2020). Les caractéristiques des matériaux projetés permettent d'envisager l'apport de fonctionnalités au bois telles qu'ignifugation et barrière aux termites. Ces solutions peuvent donc répondre aux attentes d'innovation de la filière bois. Le projet MéCéBois, financé par le Conseil régional de Nouvelle-Aquitaine, avait pour ambition de favoriser l'innovation au service de la filière bois tout en ouvrant de nouveaux débouchés pour la projection thermique de céramiques/métaux du bassin limousin.

Matériels et méthodes

L'essence de bois utilisé est le pin sylvestre. Les éprouvettes fabriquées répondent aux critères de EN 927-6. Toutes les éprouvettes ont reçu une sous-couche métallique, indispensable à l'adhérence d'une couche de céramique. Des pré-essais avec du cuivre en sous-couche avaient préalablement montré la faisabilité des dépôts métalliques/céramiques sur le bois (Podgorski et al. 2020). Dans le projet MéCéBois, le laiton a été choisi comme sous-couche métallique car plus économique que le cuivre. Trois céramiques oxydes (fournies par Saint Gobain) ont été déposées sur les bois revêtus de laiton :

- Alumine Al_2O_3 supra
- Alumine/zircone Al_2O_3/ZrO_2 supra
- Alumine/dioxyde de titane Al_2O_3/TiO_2 supra

Des éprouvettes avec dépôt de laiton et sans dépôt de céramique ont été également réalisées.

Les traitements ont été réalisés dans les locaux de l'IRCER par projection thermique. Les métaux et céramiques, sous la forme de cordon (Flexicord), sont introduits dans le pistolet Masterjet (matériel Saint Gobain) raccordé électriquement et dont le principe est schématisé en Fig. 1.

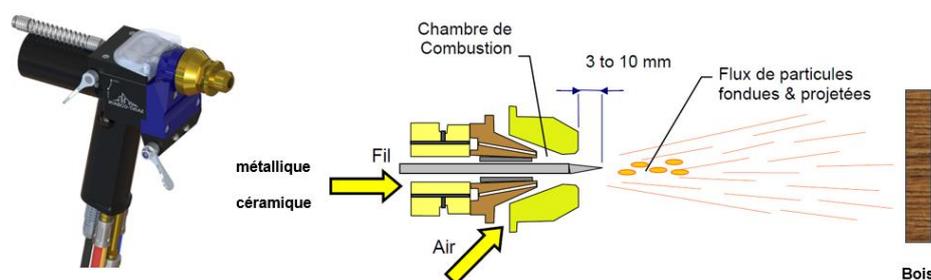


Fig. 1 : Principe de fonctionnement du pistolet Masterjet utilisé pour les dépôts sur bois.

Des essais préliminaires ont permis de retenir les paramètres de traitement figurant dans le Tab. 1.

Tab.1 : Paramètres de traitement retenus

Matériau du revêtement	Laiton	Al ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ /ZrO ₂	Al ₂ O ₃ /TiO ₂
Vitesse robot (m/s)	0,6	0,6	0,6	0,6
Pas entre trajectoires (mm)	50	3	3	3
Nombre de trajectoire horizontale	6	56	56	56
Nombre de cycle	12	30	30	11
Distance de tir (mm)	200	100	95	110
Débit air jet (% commande refroidissement)	15	25	25	25
Vitesse d'avance du fil/cordon (cm/min)	200	40	75	75
Débit d'oxygène (l/min)	48	65	65	60
Débit d'acétylène (l/min)	65	75	75	70

Résultats et discussion

Les dépôts procurent aux éprouvettes de bois des surfaces opaques de couleurs différentes. Le laiton confère une teinte dorée. L'alumine Al₂O₃ Supra apporte une teinte blanche, Al₂O₃/ZrO₂ Supra une teinte gris clair et Al₂O₃/TiO₂ Supra une teinte gris foncé (Fig. 2). L'épaisseur totale moyenne (laiton + céramique) est de 380 µm (dont 228 µm pour le laiton).

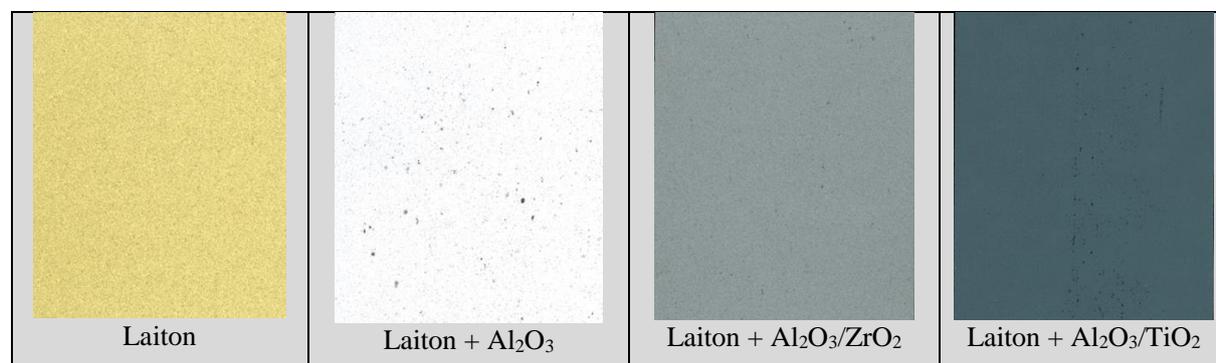


Fig.2 : Aspect global des surfaces.

Après réalisation des dépôts, des décollements des revêtements ont parfois été constatés au niveau des arêtes vives des éprouvettes. Ces décollements ont pu être très fortement réduits dans une deuxième phase en arrondissant les arêtes des éprouvettes.

Les dépôts métalliques/céramiques ont conduit à un tuilage quasi systématique des éprouvettes. Cette déformée a été estimée en mesurant la flèche maximale au centre de l'éprouvette. Les résultats montrent que plus la quantité de matière déposée sur le bois était grande, plus la flèche était importante (Fig. 3).

Des tests de perméabilité à l'eau liquide (EN 927-5) ont montré que ces dépôts laiton et céramiques sur bois présentent des absorptions d'eau très élevées (en moyenne de l'ordre de 2 825 g/m²) et avec des écarts plus larges que ceux obtenus par des finitions organiques (Fig. 4), ce qui témoigne d'hétérogénéités des dépôts. Compte-tenu de ces écarts, on peut conclure que l'absorption d'eau est globalement équivalente pour les 4 typologies de revêtements métalliques et céramiques étudiées. Cette forte absorption d'eau est problématique dans une

optique d'utilisation des revêtements métalliques et céramiques pour la protection du bois aux intempéries. Ces typologies de revêtements ne peuvent protéger le bois des reprises d'eau et ne peuvent donc pas assurer le rôle rempli par les finitions traditionnelles bien plus imperméables.

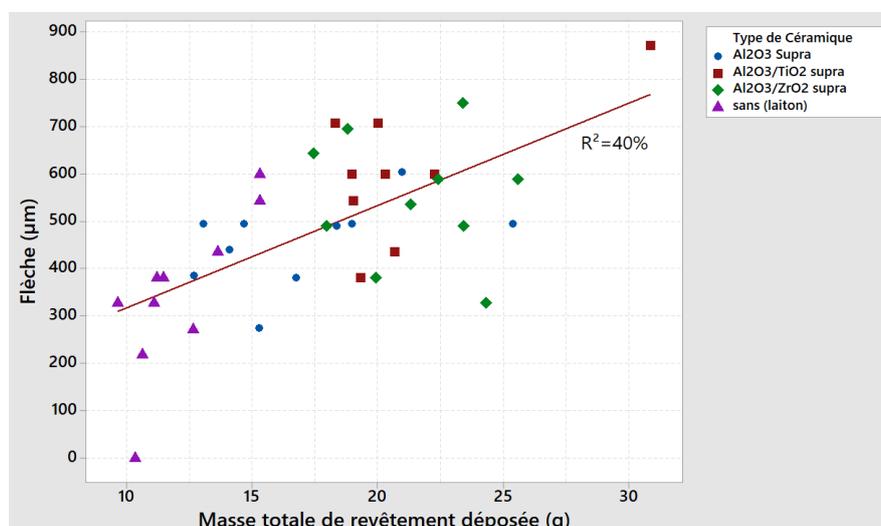


Fig. 3 : Déformation des éprouvettes (flèche) en fonction de la masse de revêtement (céramique + laiton) déposée.

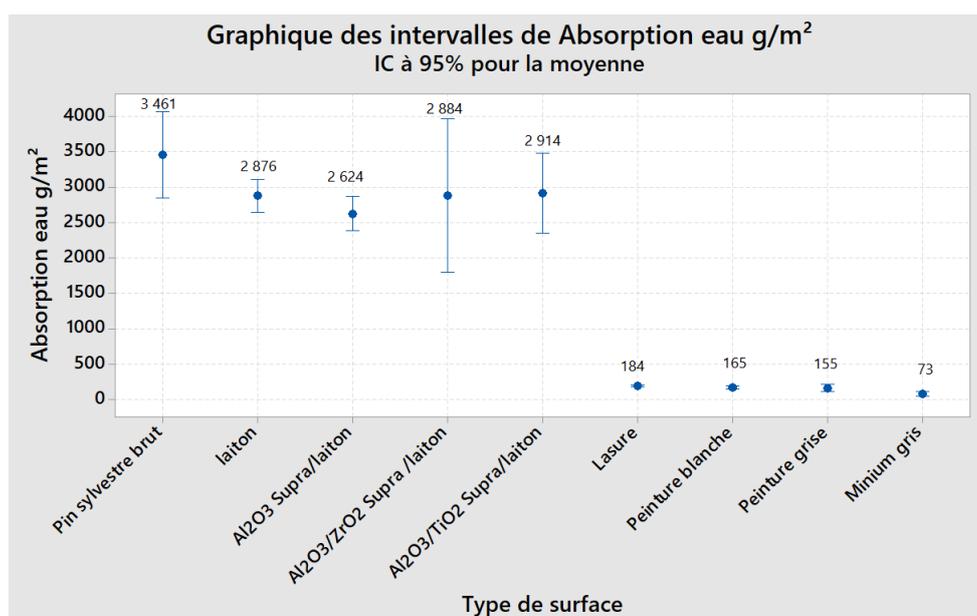


Fig. 4 : Absorption d'eau des revêtements (EN 927-5).

La résistance des revêtements aux termites a été évaluée en adaptant la méthode EN 118 à la nature du matériau et à la taille des éprouvettes disponibles. Les termites souterrains utilisés pour le test adapté sont du genre *Reticulitermes* et de l'espèce *grassei*. Les dispositifs en verre contenaient 150 individus. Pour chaque revêtement, six répliques ont été réalisés sur deux éprouvettes revêtues de céramique (Fig. 5).

Aucun termite n'a pu traverser les revêtements en essai. Les insectes sont donc probablement morts de faim lors des 8 semaines d'exposition. On attribue l'efficacité des traitements vis-à-vis des termites à la forte dureté des revêtements, évaluées par le pendule de Persoz (Fig. 6).

Des dépôts sur de plus grandes surfaces (contreplaqués 1500 mm x 500 mm) ont pu être réalisés grâce à l'appui du Centre d'Ingénierie en Traitements et Revêtements de surface Avancés de Limoges.



Fig. 5 : Exemple de dispositifs sur éprouvettes revêtues de laiton.

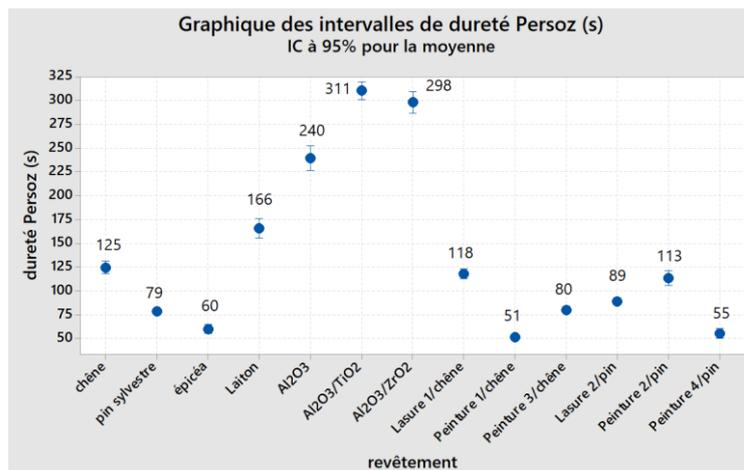


Fig. 6 : Dureté Persoz (moyenne et IC 95%) des revêtements métallique et céramiques en comparaison avec d'autres surfaces de bois nus ou revêtues de finitions traditionnelles.

Des tests de réaction au feu au SBI (Fig. 9) ont été réalisés sur des contreplaqués d'épicéa revêtus de laiton seul et de laiton + Alumine Zircone Al_2O_3 ZrO_2 (AZ) en comparaison de contreplaqués d'épicéa témoin (CP épicéa).

L'ajout des deux revêtements (laiton, laiton + AZ) permet d'améliorer les performances énergétiques de réaction au feu en termes de vitesse de dégagement d'énergie (FIGRA) et quantité totale d'énergie dégagée (THR) comme le montre la Fig. 7. Comme le contreplaqué témoin, les 2 revêtements conduisent à l'obtention d'un classement de type D, cependant très proche du classement C. Le revêtement alumine zircone AZ permet d'améliorer légèrement les résultats par rapport au revêtement en laiton.

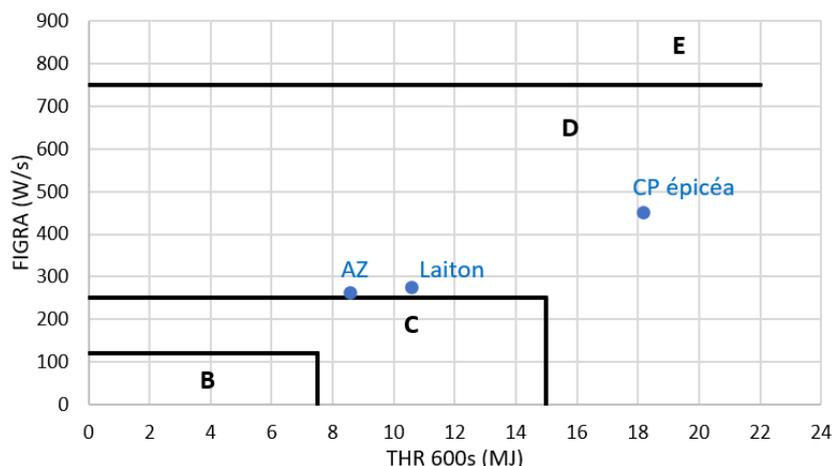


Fig. 7 : Contribution énergétique (vitesse de développement du feu « FIGRA » et quantité totale « THR »)

Concernant les performances fumigènes (Fig. 8), les revêtements sont légèrement déclassant par rapport au bois non revêtu. Le classement pour le laiton est de type s1 comme pour le bois non revêtu, alors qu'il est de type s2 pour le revêtement AZ.

En conclusion, les dépôts testés conduisent donc à des classements de type D-s1 ou s2, d0.

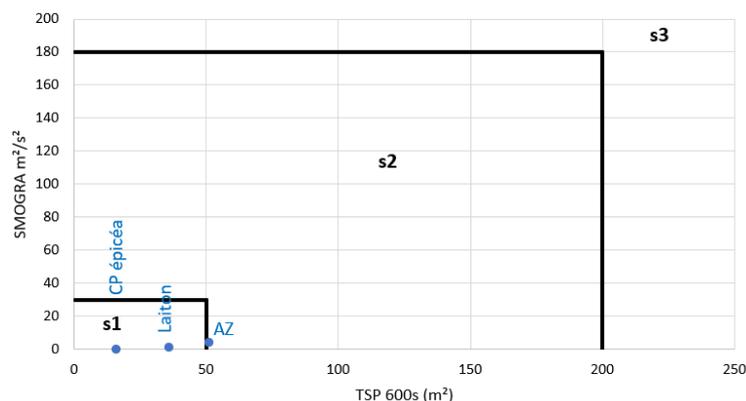


Fig. 8 : Contribution fumigène (vitesse de développement de la fumée « SMOGRA ») et quantité totale « TSP ».



Fig. 9 : Panneau Alumine Zircone à la fin des essais SBI de réaction au feu.

Conclusion et perspectives

Le projet MéCéBois a permis la réalisation de dépôts métalliques et céramiques sur des éprouvettes de bois (pin sylvestre) et des contreplaqués d'épicéa par projection thermique. Les dépôts masquent totalement le veinage du bois et confèrent au matériau des esthétiques originales : aspect doré pour la sous-couche métallique en laiton, aspect blanc, gris clair ou gris foncé pour les 3 céramiques étudiées (Alumine, Alumine Zircone, Alumine Télite)

Les revêtements présentent des duretés de surface bien plus élevées que celle du bois et de revêtements organiques commerciaux (peintures, lasures). Cette dureté est certainement à l'origine de la très bonne résistance aux termites observée pour tous les revêtements testés. En effet, aucun termite n'a pu traverser les revêtements en essai.

Le dépôt de métal et céramiques sur des panneaux de contreplaqué en épicéa a permis d'évaluer la réaction au feu des contreplaqués. Les dépôts testés (laiton, et Alumine Zircone sur laiton) ont montré une amélioration des performances énergétiques de réaction au feu, proche d'un Classement C, en comparaison avec le contreplaqué non revêtu (témoin) dont le classement est D.

Des essais de perméabilité à l'eau liquide ont révélé que les dépôts métalliques et céramiques sont très poreux et font peu barrière à l'eau. Le contact avec l'eau a généré une fissuration importante des revêtements. Il convient donc d'envisager ces dépôts dans des emplois sans contact avec l'eau. L'utilisation de ces dépôts sur bois dans des usages exposés aux intempéries nécessitent des investigations complémentaires. L'utilisation d'un bouche-pores pourrait peut-être résoudre le problème d'absorption d'eau.

Sur la base des premières éprouvettes fabriquées en laboratoire, l'IRCER a réalisé une première estimation du coût des traitements : le laiton est le revêtement le plus économique au mètre carré (76 €/m²) tandis que l'Alumine Zircone est le revêtement le plus cher (1217 €/m²). Optimiser l'épaisseur des dépôts est une option envisageable pour réduire les coûts des traitements.

Remerciements

Nous remercions le Conseil Régional de Nouvelle Aquitaine pour son soutien financier. Nous adressons nos remerciements aux différentes personnes ayant contribué à l'étude et notamment : Geoffroy Rivaud, David Ansard, Cécile Brunet, Dominique Mangin, Céline Reynaud, Wilfrid Pomarel, Sandra Warren.

Références

Nejad M. Shafaghi R., Pershin L., Mostaghimi J., Cooper P (2013) Copper coating on wood: a new way of protecting wood. Proceedings of the International Research group on Wood Protection, Document IRG/WP 13-30617, 7 pages, June 2013.

Podgorski L., Myalska H., Denoirjean A., Kuntik M (2020) Thermal spray to protect wood from termites. Proceedings of the International Research group on Wood Protection, Document IRG/WP 20-40905, IRG51 Webminar, 9 Pages, June 2020.