



## TIMBIRDE : Traitements Innovants Multifonctionnels pour la production de Bois Ignifugé Résistant et Durable en usage Extérieur

### Development of multifunctional innovative treatments for fire resistant and durable wood for exterior applications

Les produits de préservation traditionnels du bois font l'objet de plus en plus de restrictions, entraînant la disparition progressive de certaines molécules du marché européen. Le principal enjeu technique du projet TIMBIRDE était de conférer au matériau bois de bonnes performances pour une utilisation extérieure en termes d'hydrophobie, de stabilité dimensionnelle, de dureté, de résistance au feu et aux agents de dégradation biologique ainsi que de durabilité esthétique, par des procédés innovants.

Des revêtements photo-polymérisables (traitement par application de surface) transparents et opaques ont ainsi été développés dans le cadre du projet. Des formulations à base de silicones (traitement par imprégnation) ont également été développées. Ces dernières seraient au regard de leurs performances plutôt adaptées pour un emploi du bois en classe d'emploi 3.

Le projet a également donné lieu à plusieurs publications techniques et scientifiques lors de différentes manifestations nationales et internationales.

Traditional wood preservation products are more and more restricted, leading to the progressive disappearance of some molecules in the European market. The main technical objectives of TIMBIRDE project was to confer to wood good performance for an exterior use in terms of hydrophobicity, dimensional stability, hardness, fire and biological degradation agents resistance and esthetical durability, via innovative processes.

Photo-curable coatings (treatment via surface application) transparent and opaque were then developed during the project. Silicone-based formulations (impregnation treatment) were also developed. Regarding their performance, they would be more suitable for use-class 3.

### Contexte

Il est actuellement très difficile de garantir des durées de vie en accord avec les attentes du marché des bois utilisés en extérieur, d'autant plus si elles doivent être assorties d'une perception esthétique favorable et être respectueuses des critères d'acceptabilité santé et environnement. De plus, à ce jour, il n'existe sur le marché de la construction bois aucune alternative aux traitements de préservation classiques, combinés à un système de finition et d'ignifugation, et couvrant tous les risques biotiques (insectes, champignons) et abiotiques (précipitations, radiations UV, feu) auxquels peuvent être soumis les ouvrages bois extérieurs.

### Objectifs du projet

Le principal enjeu technique du projet TIMBIRDE était de conférer au matériau bois de bonnes performances pour une utilisation extérieure en termes d'hydrophobie, de stabilité dimensionnelle, de dureté, de résistance au feu et aux agents de dégradation biologique et de durabilité esthétique, par des procédés innovants.

Le projet Timbirde s'est articulé autour de 2 thématiques de recherche :



- ✓ la mise au point de nouvelles formulations photo-polymérisables pour bois en extérieur (traitement par application de surface). Cet axe s'est en partie appuyé sur la thèse de Lise Malassenet de FCBA en collaboration avec Mäder et le Lermab avec appui du groupe ISB.
- ✓ la mise au point de nouvelles formulations de préservation du bois (traitement par imprégnation). Cet axe s'est en partie appuyé sur la thèse de Fanny Lhumeau du LPIM en collaboration avec Elkem Silicones et FCBA, avec appui de France Bois Imprégnés, SNCF Réseau et Enedis.

## Principaux résultats

FCBA est intervenu dans les 2 axes du projet pour apporter son expertise dans le domaine de la protection du bois et pour étudier les différentes performances des bois traités et revêtus par les produits développés par les différents industriels.

**La partie « application de surface »** s'appuyait en partie sur la thèse de Lise Malassenet, réalisée à FCBA en collaboration avec Mäder Research et le Lermab (*De l'étude des paramètres physico-mécaniques des revêtements vers le développement de finitions performantes sur bois en extérieur*, soutenue le 15 décembre 2015 à l'Université de Lorraine). Elle se focalisait sur deux axes : le développement de méthodes permettant une évaluation simple, rapide, efficace et peu coûteuse des propriétés mécaniques des revêtements, afin de mieux prédire leur durée de vie en œuvre, et la mise au point de revêtements photo-polymérisables développés en partenariat avec Mäder Research et le groupe ISB.

Les méthodes traditionnelles de caractérisation des revêtements s'appuient sur une série de normes qui permet de déterminer leurs performances après vieillissement naturel ou artificiel via des évaluations visuelles. Ces dernières (craquelage, cloquage, farinage et adhérence) sont quantifiées à l'aide d'un barème visuel ; elles sont donc subjectives. Il existe un réel manque de méthodes pour la caractérisation des performances physico-mécaniques des revêtements. Deux méthodes ont donc été développées au cours de la thèse. Tout d'abord, la technique du pendule de Persoz, qui permet de mesurer la dureté des revêtements : plus un revêtement est « dur » plus il aura de difficultés à suivre les variations dimensionnelles auxquelles le bois est soumis en extérieur lorsqu'il est réhumidifié. Le test de traction permet, quant à lui, de connaître et mesurer le comportement mécanique de films de peintures, qui est défini selon le cas comme étant « fragile » ou « ductile ». Ces deux méthodes permettent de donner des informations sur les propriétés mécaniques des peintures et ce de manière quantitative avec l'obtention d'une « réponse » numérique et donc non subjective. Ces nouvelles caractérisations permettent de discriminer les revêtements développés et d'obtenir une première évaluation de leur performance attendue avant de réaliser des tests de vieillissement.

Ces nouvelles méthodes ont été utilisées pour évaluer les performances des revêtements développés par Mäder et optimiser leurs formulations.

Pour faciliter le travail de formulation chez Mäder, un cahier des charges des caractéristiques attendues pour un revêtement performant a été élaboré, sur la base d'études réalisées sur des revêtements du marché. Le cahier des charges incorporait les valeurs de référence obtenues pour chaque performance (dureté Persoz, adhérence, perméabilité à l'eau et à la vapeur d'eau et résistance au choc) avant et après tests de vieillissement.

Les revêtements photo-polymérisables sont constitués d'une résine, de photo-amorceurs et de diluants réactifs. A cette formulation dite de « base » sont ajoutés différents composants comme des absorbeurs UV, des charges voire des additifs « de spécialité » comme des ignifugeants. Ces formulations sont actuellement limitées à des utilisations intérieures car générant des surfaces trop dures et donc inadaptées à un emploi extérieur. Le challenge des équipes a donc été de sélectionner des

constituants performants pour une utilisation extérieure, la photo-polymérisation permettant d'entrevoir des gains de productivité et une réduction de l'émission de COV.

La sélection des différents composants de la formulation s'est donc faite en se basant sur leurs performances par rapport au cahier des charges établi et aux performances obtenues après vieillissement en suivant une méthodologie de caractérisations sur les grandes propriétés auxquelles une finition doit répondre.

Des revêtements transparents et opaques ont ainsi été développés dans le cadre du projet. Leurs performances ont été considérablement améliorées entre le début et la fin du projet.

L'optimisation des revêtements ignifuges doit par contre se poursuivre car les performances en réaction au feu sont inférieures à ce qui est obtenu avec un produit ignifuge commercial.

Afin de passer à l'échelle pilote et notamment à une application par pulvérisation, la viscosité des formules a été adaptée. Les performances obtenues ont montré que l'application de ces revêtements photo-polymérisables par pulvérisation sur le bois est envisageable.

A l'échelle du laboratoire, les différentes formulations présentent des performances tout à fait satisfaisantes. Mäder et le groupe ISB envisagent de poursuivre les développements afin de transférer industriellement la technologie, ce qui n'a pu se faire dans le cadre de ce projet.

## La partie « traitement par imprégnation »

s'appuyait en partie sur la thèse de Fanny Lhumeau du LPIM en collaboration avec Elkem et FCBA (*Développement d'un traitement de préservation pour la protection du bois en usage extérieur*, soutenue le 27 novembre 2015 à l'Université de Haute-Alsace). L'objectif était de réaliser le greffage de groupements d'intérêt directement sur les groupements hydroxyyles de la cellulose contenus dans le bois afin de lui conférer de nouvelles propriétés (hydrophobicité, résistance aux champignons, aux insectes...). Une première partie de ses travaux a consisté à trouver et optimiser des fonctions d'accroche sur la cellulose pure et prouver la réaction de greffage par différentes techniques de caractérisations chimiques.

Dans un second temps la thèse s'est focalisée sur le greffage de ces fonctions sur différents silicones fournis par Elkem. Une fois les formulations « optimisées », ces produits ont été utilisés pour traiter le bois à l'aide d'un procédé d'imprégnation. Suite à des pré-tests de reprise d'eau des bois traités, effectués par Elkem, un criblage des propriétés biologiques a été réalisé par FCBA. Le traitement permet d'améliorer l'hydrophobicité des bois traités et de diminuer la reprise d'eau. La résistance aux champignons est améliorée, cependant celle-ci n'est pas suffisante pour atteindre les mêmes performances qu'un bois traité par un produit de préservation traditionnel. Une nouvelle voie de traitement a donc été étudiée : la réticulation de 2 silicones in situ où la création d'un réseau dans le bois a été envisagée. Quatre produits ont été pré-sélectionnés et testés par imprégnation dans le bois. Ils améliorent l'hydrophobicité du bois, diminuent la reprise d'eau et améliorent la résistance aux champignons. Cependant, là encore, les performances sont inférieures à celles d'un bois traité par un produit de préservation traditionnel. De plus les produits étaient peu ou pas efficaces contre les insectes xylophages testés (capricornes des maisons et les termites souterrains).

Une troisième voie de traitement a donc été investiguée en incorporant dans la formulation un insecticide afin d'atteindre un niveau d'efficacité biologique acceptable contre les insectes. Différents réticulants ont également été rajoutés afin de créer un réseau à l'intérieur du bois et de diminuer le lessivage du produit au cours de l'utilisation du bois en extérieur.

Ces derniers produits testés (seuls les résultats du produit à base du silicone S1 sont ici présentés), additivés ou non de réticulants (r1 et r2) permettent de diminuer les reprises en eau du bois (Figure 1). La résistance aux insectes a également été confirmée.

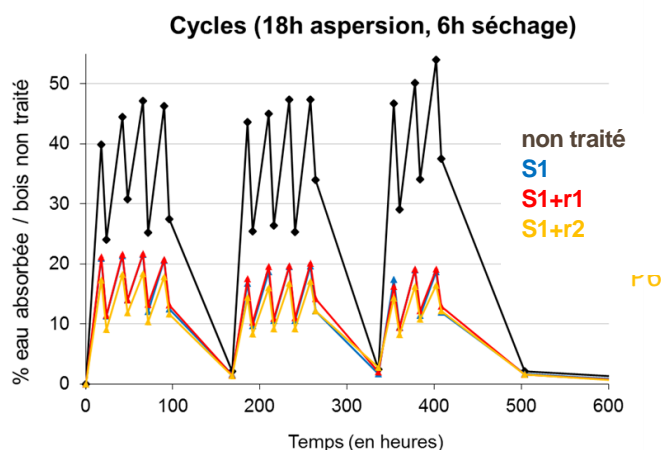


Figure 1 : Reprise d'eau d'éprouvettes de pin sylvestre imprégnées par les systèmes S1, S1+r1 et S1+r2, au cours de cycles aspersion/séchage.

Les performances obtenues en termes de résistance aux champignons de pourriture sont cependant intermédiaires entre celles obtenues pour un bois non traité et un bois traité avec un produit de préservation traditionnel (Tableau 1).

Produit	Perte de masse (%)	Humidité (%)
Non traité	42,6	112
S1	15,8	55
S1+r1	14,1	79
S1+r2	12,5	86

Tableau 1: Perte de masses et humidité finale des éprouvettes traitées avec les différents silicones après exposition aux champignons de pourriture

Ces résultats sont cependant à nuancer car les conditions dans lesquelles sont exposés les bois en essais laboratoires sont plus sévères que celles en conditions réelles. Ces essais ont en effet été développés pour des produits de préservation traditionnels dont le principe d'action est biocide : les champignons ne peuvent se développer car ils sont « tués » par le produit. Dans le cas des silicones le principe d'action n'est pas létal. L'hydrophobie, amenée par les silicones, doit permettre de réduire la reprise en eau du bois et ainsi empêcher ou diminuer le développement fongique. L'ambiance, très humide, dans laquelle se trouvent les silicones en essais laboratoire ne leur est pas favorable. En effet, ils ont la propriété d'être perméables à la vapeur d'eau et

imperméables à l'eau liquide. Dans ces conditions la reprise en eau des bois serait accentuée par rapport aux conditions réelles d'utilisation en extérieur où le bois est soumis à de l'eau de manière épisodique. Des essais terrain en extérieur devront confirmer ou infirmer ces tendances/résultats.

Des essais à l'échelle pilote ont été réalisés dans l'autoclave de France Bois Imprégnés sur les formulations les plus prometteuses développées par Elkem. Aucun problème n'est apparu lors du traitement (mélange des produits, introduction dans l'autoclave, vide/pression...) puis du nettoyage, démontrant ainsi la processabilité du traitement du bois par ce nouveau type de formulation. Les conditions de traitement du bois employées étaient les mêmes que celles utilisées pour un produit de préservation traditionnel.

En plus de l'incorporation d'un biocide, Elkem a démontré/validé la possibilité de formuler les silicones à façon avec des « additifs » de spécialité (ignifuge, insecticide...).

Les produits seraient plutôt adaptés pour un emploi du bois en classe d'emploi 3 (extérieur hors sol). En classe d'emploi 4 (extérieur au contact du sol), et plus particulièrement pour des applications poteaux et traverses, les produits n'apparaissent pas en l'état assez performants pour envisager qu'ils soient à court terme une alternative aux biocides traditionnels et notamment à la créosote.

Le projet a également donné lieu à plusieurs publications techniques et scientifiques lors de différentes manifestations nationales et internationales.

## Conclusions et perspectives

### Partie « application de surface » :

A l'échelle du laboratoire, les différentes formulations présentent des performances tout à fait satisfaisantes. Mäder et le groupe ISB envisagent de poursuivre les développements afin de transférer industriellement la technologie, ce qui n'a pu se faire dans le cadre de ce projet. L'avantage de ce type de revêtements est que les formulations sont à 100% d'extrait sec : il n'y a donc pas de COV émis au cours du séchage et celui-ci nécessite une consommation d'énergie moindre que pour des revêtements hydro-diluable traditionnels. De plus le séchage et la polymérisation se font par UV-LED, technologie également moins consommatrice en énergie.

### Partie « traitement par imprégnation » :

En classe d'emploi 4 (extérieur au contact du sol), et plus particulièrement pour des applications poteaux et traverses, les produits n'apparaissent pas en l'état assez performants pour envisager qu'ils soient à court terme une alternative aux biocides traditionnels et notamment à la créosote. Les produits seraient plutôt adaptés pour un emploi du bois en classe d'emploi 3 (extérieur hors sol).

L'amélioration des performances obtenues avec l'ajout de réticulants est un axe possible de développement. Une amélioration encore plus importante pourrait passer par l'ajout de fixateur dans les formulations afin d'éviter le lessivage qui semble

s'opérer au cours de l'usage du produit en extérieur et qui pourrait également améliorer l'homogénéité du traitement.

Au cours du projet, la faisabilité d'ajouter de composés biocides ou ignifuges a également été démontrée. En fonction de l'application visée, ces additifs de spécialité pourraient être ajoutés à façon.

### Bibliographie

Lhumeau F., Delaite C., Marchal F., Pochon F., Kutnik M. Functional silicones used as a potential tool for the development of non-biocidal wood treatments, 46th International Research Group on Wood Protection, Vina del Mar (Chili), 10-14 mai 2015

Reynaud C., Schuller A.S., Kutnik M., Podgorski L. UV-curable coatings developed for aesthetic and biological protection of wood outdoors, IRG 48, Ghent, Belgique, 4-8 juin 2017

Reynaud C., Marchal F., Pochon F., Kutnik M. Functional silicones used for wood protection: preliminary study, IRG 48, Ghent, Belgique, 4-8 juin 2017

Etude réalisée en partenariat avec :



Avec le soutien financier de :



Labellisé par les Pôles de Compétitivité :



### Contact

Céline REYNAUD • [celine.reynaud@fcba.fr](mailto:celine.reynaud@fcba.fr)  
Tél. 05 56 43 64 01



Pôle Industrie Bois Construction  
Equipe Etudes et Recherche  
Allée de Boutaut, 33000 Bordeaux