

CONSTRUIRE EN BOIS

Le journal de la construction
commerciale en bois

du labo
AU CHANTIER

Valoriser les espèces de bois québécoises grâce aux traitements

Étant solide, léger, esthétique et biosourcé, le bois est un matériau aux propriétés uniques. Comme son utilisation en construction permet une séquestration du CO₂ de longue durée, elle est fortement mise de l'avant par les gouvernements et les spécialistes comme stratégie de lutte contre le réchauffement climatique. Certains freins compliquent cependant son utilisation à l'extérieur, comme sa mauvaise réputation face à la dégradation. Il est pourtant possible de contourner ce problème et de profiter des nombreuses vertus du bois.

Dans un premier temps, de bonnes pratiques de construction permettent de minimiser l'exposition du matériau aux sources de dégradation. On pourrait penser, par exemple, à une conception qui éviterait les trappes à eau et à boue. Ensuite, il faut choisir un matériau offrant de bonnes propriétés. Certaines espèces, comme



Crédit © Woodenha Industries
- J.J. Bernier

Le CIRCERB

La chaire industrielle de recherche sur la construction écoresponsable en bois (CIRCERB) de l'Université Laval est une plateforme académique multidisciplinaire et intégrée jumelée à un consortium industriel. Évoluant au sein de la Faculté de foresterie, de géographie et de géomatique de l'Université Laval, la chaire oeuvre sur tout le réseau de création de valeur du secteur de la construction, dans le but de développer des solutions écoresponsables, qui utilisent le bois pour réduire l'empreinte écologique des bâtiments. Trois axes de recherche orientent son programme de recherche du CIRCERB: Concevoir, Construire et Exploiter.

La publication

Du Labo au chantier est une nouvelle publication de Cecobois qui a pour objectif la diffusion des travaux de recherche du CIRCERB. Elle vise la vulgarisation de projets réalisés par des étudiants à la maîtrise, au doctorat.





Figure 1 Revêtements transparent, semi-transparent et opaque, avec un pigment indigo

le cèdre blanc, le cèdre rouge, le séquoia et le cyprès, sont naturellement très résistantes à la dégradation. Il est possible de les utiliser à l'extérieur durant de nombreuses années, voire des décennies avant de devoir les remplacer. Il s'agit cependant d'espèces plus dispendieuses et moins disponibles. De plus, comme la plupart d'entre elles ne poussent pas au Québec, leur emploi ne permet souvent pas de favoriser l'économie locale et leur empreinte environnementale est alourdie par le transport. Bien que plusieurs des espèces disponibles au Québec sont moins naturellement résistantes à la dégradation, elles possèdent toutefois de bonnes propriétés physiques en plus d'être très abondantes et abordables. La dégradation pouvant être atténuée à l'aide de différents traitements, les traitements du bois offrent l'opportunité de valoriser d'excellentes espèces d'ici en comblant leur lacune.

Les revêtements

Les revêtements sont une façon pratique et courante de protéger la surface du bois exposé à l'extérieur contre les éléments et la pourriture. Ils existent sous de nombreuses formes, qui ont chacune leurs forces et leurs faiblesses. Cela demande de bien réfléchir au type de revêtement approprié en fonction de l'utilisation, mais offre aussi une grande flexibilité permettant de s'ajuster à chaque situation. Par exemple, il est possible de jouer avec l'apparence du bois fini simplement en faisant varier la quantité de pigments dans le revêtement. Ainsi, un revêtement sans pigment sera complètement transparent et conservera l'apparence naturelle du bois. À l'inverse, un revêtement ayant une forte concentration de pigments sera opaque et couvrira complètement

« La dégradation pouvant être atténuée à l'aide de différents traitements, les traitements du bois offrent l'opportunité de valoriser d'excellentes espèces d'ici en comblant leur lacune. »

le bois, tandis qu'une faible concentration de pigments changera la couleur du bois sans dissimuler ses motifs. En contrepartie, plus la concentration en pigments est élevée, plus le bois sera protégé contre les rayons UV du soleil.

Certains revêtements, comme les huiles et les cires, pénètrent dans le bois. Il s'agit de revêtements très pratiques, parce que leur application est facile et qu'ils requièrent assez peu d'entretien. Ils ne forment généralement pas de couche continue à la surface du bois, à l'exception de certaines huiles siccatives. Ils ne vont donc pas se décoller comme une peinture, mais vont plutôt s'éroder graduellement avec le temps. À l'extérieur, ils doivent être rafraîchis assez régulièrement, mais comme ils ne requièrent aucune forme de préparation du bois, il suffit de simplement ajouter une nouvelle couche sur la précédente.

Bien que certaines émulsions aqueuses existent, les cires sont généralement dissoutes dans un solvant organique et peuvent représenter une source de composés organiques volatils (COV). Pour leur part, les huiles peuvent

«(...) la chimie derrière la formulation des revêtements est très complexe, mais permet d'obtenir des revêtements très adaptés pour chaque situation(...)»

être appliquées directement sur le bois et «sèchent» en réagissant avec l'oxygène présent dans l'air plutôt qu'en s'évaporant; elles libèrent donc moins de COV. Ces revêtements sont efficaces pour ralentir l'entrée d'eau liquide, mais ne bloquent pas les échanges d'humidité et apportent peu de résistance aux dommages mécaniques comme les égratignures. Ainsi, bien qu'ils soient fréquemment utilisés sur toutes les surfaces bois, ces revêtements sont particulièrement utiles pour protéger les extrémités du bois exposé à l'extérieur, puisqu'il s'agit d'une importante porte d'entrée pour l'intrusion d'eau.

Les revêtements filmogènes, qui forment un film à la surface du bois, offrent une plus grande diversité de produits et beaucoup de flexibilité. L'élément qui forme le film du revêtement, le liant, est généralement un polymère. Il s'agit d'un composé chimique de très grande taille formé par l'addition bout à bout d'un composé de base, le monomère. De nombreuses classes de monomères sont disponibles pour former des revêtements, mais les plus fréquentes en protection du bois sont les acryliques et les alkydes. Sous chacune de ces deux classes, de nombreux monomères aux propriétés différentes sont disponibles pour conférer au revêtement les propriétés voulues. Il est également possible d'utiliser plusieurs monomères différents dans un seul polymère pour obtenir encore plus de contrôle sur les propriétés du film. La composition chimique du polymère n'est cependant pas le seul aspect qui affectera ses propriétés: sa forme (rectiligne ou fortement ramifiée), sa taille et la disposition des différents monomères tout au long du polymère auront aussi un impact sur plusieurs de ses propriétés comme sa brillance, son temps de séchage, sa flexibilité, sa dureté, sa résistance aux produits chimiques (acides et

bases) et sa perméabilité à l'eau. De plus, les chaînes de polymères ne sont généralement pas dispersées seules dans la formulation de revêtements, mais sont plutôt agrégées en petites particules; la taille de ces particules aura aussi un impact sur les propriétés finales de la formulation, comme sa viscosité, et sur celles du revêtement.

Les revêtements filmogènes sont toujours dispersés dans un diluant, qui peut être un solvant organique ou de l'eau. Les formulations à base de solvant organique sont utilisées avec des polymères extrêmement imperméables à l'eau, mais ont une empreinte environnementale plus importante (dégagement de COV). Dans le cas des formulations aqueuses, les polymères ont une compatibilité beaucoup plus élevée avec l'eau et sont conséquemment plus perméables. Ils représentent cependant une alternative beaucoup plus écoresponsable et ce type de revêtement est fortement suggéré par les autorités gouvernementales.

Finalement, de nombreux additifs peuvent être ajoutés pour modifier les propriétés des formulations et revêtements obtenus (Tableau 1).

Tableau 1 Exemples d'additifs utilisés dans les formulations de revêtements

Additifs	Fonction
Pigments	Modification de la couleur
Biocides	Protection contre la biodégradation (champignons, insectes, moisissures, etc.)
Absorbeurs UV	Absorption des rayons UV du soleil
Retardateurs de flammes	Réduction des risques d'incendie
Coalescent	Amélioration de la formation du film par coalescence
Modificateurs de rhéologie	Modification de la viscosité de la formulation
Tampon pH	Contrôle du pH de la formulation
Agents mouillants	Diminution des tensions de surfaces entre le substrat (le bois) et la formulation.

Tableau 2 Méthodes pour l'imprégnation du bois

Méthode	Fonctionnement	Profondeur d'imprégnation*
Brossage	Application du traitement à l'aide d'une brosse ou d'un pinceau.	Superficielle
Vaporisation	Vaporisation du traitement à la surface du bois.	Superficielle
Trempage	Immersion complète de quelques secondes à quelques heures.	Superficielle
Macération	Trempage de plusieurs jours.	Faible
Vide	Le bois est placé sous vide dans un autoclave, puis la solution de traitement est ajoutée.	Moyenne
Méthodes à l'autoclave (Bethell, Lowry, Rueping, etc.)	Le bois est placé dans un autoclave, puis soumis à des cycles de vide et de hautes pressions (jusqu'à 10 atmosphères) pour favoriser la pénétration du traitement.	Profonde

*La profondeur exacte (quantitative) varie beaucoup selon la perméabilité de chaque espèce.

Tous ces paramètres font que la chimie derrière la formulation des revêtements est très complexe, mais permet d'obtenir des revêtements très adaptés pour chaque situation et se reflète dans le grand choix de produits disponibles sur le marché.

Comme mentionné précédemment, les principaux revêtements filmogènes en protection du bois sont les acryliques et les alkydes. Ces deux types de polymères diffèrent grandement, autant par leur mode de fonctionnement que par leurs propriétés. Par exemple, les revêtements acryliques se forment par coalescence, alors que les revêtements alkydes se forment par oxydation. Dans le premier cas, les particules acryliques se déforment lorsque le diluant s'évapore et fusionnent ensemble pour former un film continu. La formation du film dépend donc de la capacité des particules à se déformer, qui est influencée par leur dureté et par leur température au moment de l'application. Comme les propriétés mécaniques du film dépendent aussi de la dureté des particules qui le composent, un compromis doit être fait entre les propriétés du revêtement et la facilité avec laquelle celui-ci va se former. Dans le cas des alkydes, qui sont des polymères à base d'acides gras (comme les huiles végétales), les particules du revêtement ne peuvent pas coalescer. La formation du film provient plutôt de la création de liens chimiques entre les chaînes de polymère produits par l'oxydation des acides gras par l'oxygène présent dans l'air.

Les deux classes de revêtements diffèrent aussi par leurs propriétés. Par exemple, les acryliques forment des revêtements qui sont plus souples,

ce qui est un avantage important en protection du bois. Comme les dimensions du bois exposé à l'extérieur ont tendance à changer continuellement en fonction de l'humidité ambiante, une souplesse supérieure permet au revêtement de s'ajuster à ces fluctuations sans décoller et prolonge sa durée de vie. Ils sont aussi plus perméables à l'eau, ce qui permet au bois de sécher plus facilement si celui-ci avait un taux d'humidité trop élevé au moment de l'application du revêtement ou encore si de l'eau s'est infiltrée. Ils bénéficient également d'une plus grande résistance à la dégradation causée par les rayons UV du soleil, contrairement aux alkydes qui jaunissent et sèchent plus rapidement. Les alkydes pénètrent cependant plus profondément dans le bois et ont conséquemment une adhérence plus élevée.

L'imprégnation

Le bois protégé par un revêtement aura une surface plus résistante à la dégradation, mais ne sera protégé que sur les zones couvertes par ce dernier. Ainsi, si le bois venait à fendre, ou si le revêtement devait craquer ou décoller, le bois nouvellement exposé ne bénéficierait d'aucune protection. Il est toutefois possible de faire pénétrer des agents de préservation dans le bois pour le rendre plus résistant à la dégradation. Cette méthode de protection s'appelle l'imprégnation. Elle est utilisée depuis très longtemps et peut être réalisée de diverses façons en fonction des besoins et des moyens à disposition (Tableau 2). Par exemple, des méthodes simples comme le brossage ou le



Figure 2 Autoclave vide et pression dédié à l'ignifugation dans la masse (bois et matériaux lignocellulosiques).

trempage demandent très peu d'équipement et sont faciles à utiliser par quiconque. Les produits de préservations auront cependant une profondeur de pénétration très faible, bien en dessous d'un millimètre. Un trempage plus long (macération) permet cependant d'imprégner certaines espèces plus perméables, comme les pins, à une profondeur de quelques millimètres. Cette profondeur est suffisante pour des pièces de petite taille comme les clôtures en treillis, mais ne convient pas pour le bois structural ou même pour les revêtements architecturaux. Un autoclave industriel (Figure 2) est généralement nécessaire pour traiter les pièces de moyenne ou de grandes dimensions à l'aide de différents protocoles. Par exemple, le bois peut être inséré en lot dans l'autoclave et soumis à un vide d'environ 1 heure pour le vider de son air. Une solution de traitement, généralement chaude (environ 70-90 °C), est ensuite acheminée dans l'autoclave où elle pénétrera plus facilement dans le bois vidé de son air. La profondeur d'imprégnation et la rétention de produits peuvent être encore amplifiées en ajoutant une période de haute pression (jusqu'à 1000 kPa) ou en faisant plusieurs cycles de vide et de pression.

L'imprégnation du bois peut se faire avec différentes classes de préservatifs, mais se fait le plus souvent avec des pesticides.

Auparavant, les traitements les plus populaires étaient l'arséniat de cuivre chromé (CCA), le pentachlorophénol (PCP) et la créosote. Il s'agit de produits très efficaces, car ils sont extrêmement nocifs contre une large gamme d'organismes (insectes, champignons, moisissures, mollusques, etc.) et qu'ils sont peu sujets au lessivage. Cependant, comme leur toxicité a suscité de vives inquiétudes au sein de la population, leur usage est maintenant restreint à l'extérieure des zones résidentielles et commerciales.

À l'intérieur de ces zones, une nouvelle génération de pesticides, beaucoup moins toxiques, a fait son apparition. Parmi les plus utilisés se trouvent différents traitements à base de cuivre. Utilisés en formulations aqueuses, ces traitements sont efficaces contre les champignons et les insectes, mais sont sujets à se lessiver assez rapidement. De plus, certaines classes de champignons (dits à pourriture brune) sont résistantes à leur action. Ils sont donc généralement utilisés de manière conjointe avec des composés quaternaires et des triazoles, deux classes de pesticides organiques. Par contre, comme ces derniers sont peu solubles dans l'eau, un cosolvant organique, comme l'ammoniaque ou l'éthanolamine, est requis. Les borates sont également une classe de pesticides très populaires, car

Tableau 3 Exemples de produits utilisés en imprégnation du bois

Classe des produits	Exemples	Protection
Sels d'arsenic	Arséniate de cuivre chromé (CCA), arséniate de cuivre ammoniacal (ACZA)	Champignons, moisissures et insectes
Pentachlorophénol (PCP)	PCP	Champignons, moisissures et insectes
Produits du pétrole	Créosote	Champignons, moisissures et insectes
Carbamates	Butylcarbamate d'iodopropynyl (IPBC)	Champignons et moisissures
Triazoles	Propiconazole, tébuconazole	Champignons et moisissures
Composés quaternaires	Chlorure de didécyldiméthylammonium (DDAC)	Champignons, moisissures et insectes
Borates	Acide borique, octoborate disodique tétrahydraté (DOT)	Champignons, insectes et ignifugation
Cuivre	Oxyde de cuivre, carbonate de cuivre	Champignons et insectes
Pyréthrinoïdes	Pyréthrine	Insectes
Résines	Résines phénoliques, silicones	Eau liquide
Modification du bois	Anhydride acétique, formaldéhyde	Champignons, insectes, stabilité dimensionnelle (humidité)

ils ont la capacité de diffuser dans le bois. Ainsi, une fois qu'ils sont imprégnés dans le bois, ils continuent à migrer plus profondément dans celui-ci durant les mois et les années qui suivent. En plus de leurs propriétés anti-septiques, ils permettent l'ignifugation du bois (protection contre les incendies). Cependant, comme ils peuvent se promener librement dans le bois, ils sont encore plus sujets à lessiver que les traitements à base de cuivre.

Différentes classes de composés organiques peuvent également être utilisées pour protéger le bois contre la biodégradation. Il s'agit de composés généralement très efficaces, donc présents à plus faible concentration dans le bois. Comme ils ont une affinité avec l'eau qui est moindre, ils résistent assez bien au lessivage. Ils doivent cependant être dissous dans un solvant organique volatil, comme le *white spirit*, et représentent donc une source de COV. Les classes les plus utilisées sont les carbamates, les triazoles, les composés quaternaires et les pyrèthrinoïdes. Comme leur efficacité varie d'un organisme à l'autre, ils sont généralement utilisés en mélanges ou conjointement avec des traitements à base de cuivre.

La résistance à la biodégradation n'est pas la seule propriété du bois pouvant être améliorée

par imprégnation. En effet, différentes résines peuvent être utilisées pour diminuer sa perméabilité à l'eau. Ces résines, qui remplissent les nombreuses cavités présentes dans le bois, sont très hydrophobes. Elles ne sont donc pas de simples barrières physiques contre l'entrée d'eau, mais elles ont également une affinité chimique très faible avec celle-ci pour la repousser plus efficacement. Par contre, elles ne sont pas efficaces pour empêcher l'entrée de l'humidité ambiante. Le bois peut également être ignifugé à l'aide de composés chimiques comme les borates. Le bois ainsi traité brûle plus lentement, propage les flammes moins vite, génère moins de fumée en brûlant et cesse de brûler si la source de la flamme est neutralisée.

Finalement, certains composés peuvent modifier la structure chimique du bois. La modification chimique la plus utilisée est l'acétylation, où l'on imprègne le bois avec de l'anhydride acétique. Ce composé chimique réagit ensuite avec les parois cellulaires du bois pour offrir un produit plus résistant. Le bois ainsi modifié a une affinité avec l'eau moindre, une plus grande résistance aux champignons et aux insectes, ainsi qu'une stabilité dimensionnelle accrue.

La barrière pénétrante

Lors d'un récent projet de doctorat au sein de la Chaire industrielle de recherche sur la construction écoresponsable en bois (CIRCERB) de l'université Laval, un nouveau traitement du bois a été développé. Ce traitement, mis au point par Simon Pepin sous la direction de Pierre Blanchet et la codirection de Véronique Landry, est qualifié de barrière pénétrante. Cette appellation souligne que le traitement contient, dans une seule formulation, certains éléments qui imprègnent le bois (partie pénétrante) et une résine acrylique (partie barrière).

La première partie de ce projet de recherche a permis de développer une partie pénétrante aqueuse à base d'oxydes d'amines et de fongicides organiques (IPBC et propiconazole). Les oxydes d'amines sont des composés chimiques très peu toxiques, retrouvés notamment dans de nombreux détergents et produits de soins corporels. Ils ont la particularité de pouvoir diffuser dans le bois, permettant de l'imprégner sans avoir recours aux méthodes traditionnelles nécessitant un autoclave; un simple trempage de quelques secondes suffit. Ils permettent aussi la solubilisation des fongicides organiques dans l'eau, ainsi que leur transport dans le bois. Finalement, ils ont des propriétés antiseptiques, ce qui leur permet d'améliorer la résistance fongique du bois traité, et améliorent la stabilité dimensionnelle.

« Les essais ont démontré une réduction notable du gonflement du bois à la suite de l'exposition à une humidité relative élevée. »

Le traitement a été testé sur de l'épinette blanche (*Picea glauca* Moench (Voss)), une espèce québécoise considérée imperméable aux traitements. Les essais (Figure 3) ont démontré une réduction notable du gonflement du bois à la suite de l'exposition à une humidité relative élevée. Ils ont également révélé que la taille des oxydes d'amines influence leurs performances, puisque les oxydes d'amines plus massifs apportaient plus de stabilité dimensionnelle. Un test de biodégradation avec le champignon à pourriture brune *Rhodonia placenta* a montré que les oxydes d'amines et les fongicides diminuaient la perte de masse causée par le champignon, mais qu'ils étaient beaucoup plus efficaces utilisés ensemble. Des essais de profondeur d'imprégnation ont montré que la pénétration des fongicides se produit uniquement par les extrémités du bois et de façon très limitée. De leur côté, les oxydes d'amines entrent dans le bois aussi bien par les bouts

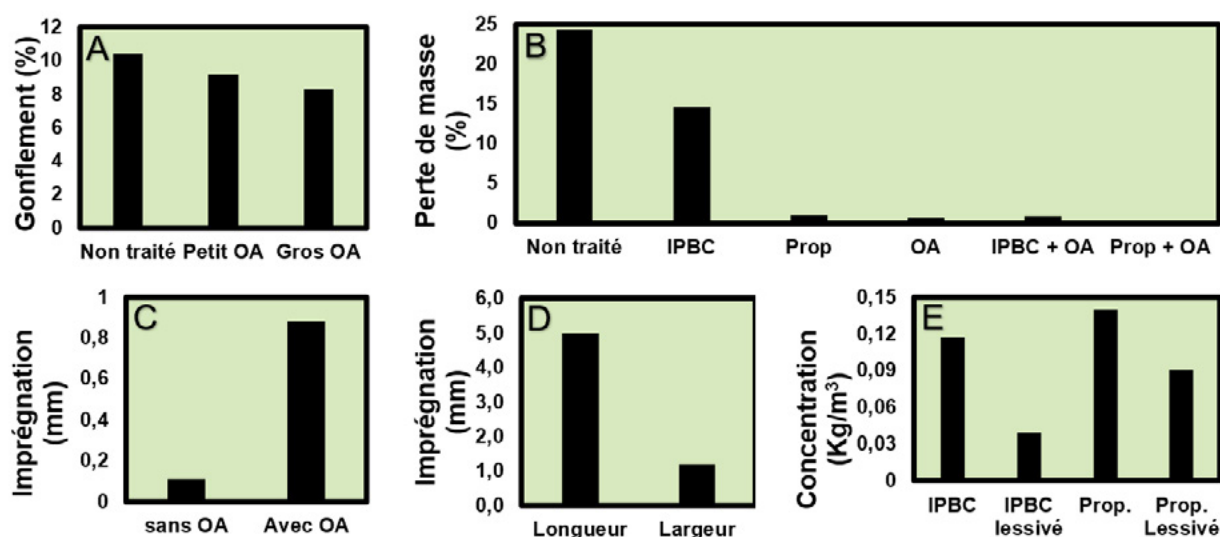


Figure 3 Essais de gonflement (A), de résistance à un champignon (*R. placenta*) (B), de profondeur d'imprégnation des fongicides (C), de profondeur d'imprégnation des oxydes d'amines (D), et de quantification des fongicides (avant et après lessivage) (E). OA = Oxyde d'amine

que par la surface, et ce, à une profondeur beaucoup plus importante. Comme ces derniers possèdent de bonnes propriétés antifongiques, ils permettent donc d'obtenir une protection efficace sous la surface du bois. Finalement, des essais quantifiant les fongicides imprégnés par le traitement ont montré qu'ils atteignent des niveaux suffisants pour respecter les normes encadrant la préservation du bois (0.040 kg/m^3), et ce, même après deux semaines de lessivage par immersion dans l'eau.

« (...)il existe de nombreuses façons de protéger (le bois) et d'ajouter des années à sa vie »

Lors de la deuxième partie du projet, une résine acrylique a été ajoutée à la formulation développée précédemment. L'objectif était de permettre au traitement d'imprégner le bois tout en lui ajoutant une première couche de peinture. Cet objectif a bien été atteint, mais au coût d'un revêtement moins performant. En effet, il a été observé que si les oxydes d'amines diminuaient l'absorption d'eau sur l'épingle sans revêtement, ils ont plutôt augmenté la perméabilité de la résine. Par contre, la perméabilité à l'humidité n'a pas semblé être affectée par le traitement. Les oxydes d'amines ont également diminué l'adhésion du revêtement, et ce, particulièrement lorsqu'un gros oxyde d'amine était utilisé. Cette partie du projet a donc permis de faire

une preuve de concept intéressante du point de vue de la possibilité d'imprégner et de peindre le bois en une seule étape, mais nécessiterait encore beaucoup de travail pour avoir des performances commercialement acceptables.

Conclusion

Que ce soit pour sa performance ou pour des motivations esthétiques, écologiques et économiques, toutes les raisons sont bonnes pour intégrer le bois québécois à la construction de bâtiments. Bien que le bois puisse être perçu comme un matériau moins résistant à la dégradation, il existe de nombreuses façons de le protéger et d'ajouter des années à sa vie. Il est possible de protéger sa surface à l'aide d'un revêtement, de loger des agents de préservation dans ses cavités, de modifier sa structure chimique ou encore de combiner ces méthodes. Bien qu'il existe déjà un choix très diversifié de traitements, ce qui permet de bien s'adapter aux différentes conditions d'utilisation du bois, de nombreux travaux de recherche sont toujours en cours pour améliorer les traitements existants et pour en développer de nouveaux, dont le traitement par barrière pénétrante développé à la Chaire industrielle de recherche sur la construction écoresponsable en bois (CIRCERB). Ce traitement se distingue des autres traitements de deux façons différentes, soit parce qu'il imprègne le bois par diffusion, plutôt que par pression, et parce qu'il permet d'appliquer une première couche de revêtement en même temps qu'il imprègne.

Bien qu'il ne soit pas encore suffisamment développé pour être utilisé dans des bâtiments, ce traitement est un exemple concret des avancées innovantes dans le domaine de la protection du bois. C'est pourquoi je vous invite à rester à l'affût des développements futurs qui permettront de valoriser davantage ce matériau formidable.

Partenaires du CIRCERB



Partenaires majeurs Cecobois

