

## Extraction du cuivre des bois traités par imprégnation autoclave

LAURENT Juliette, MONACHON Mathilde

LIMBHA, Ecole Supérieure du Bois (ESB), Nantes, France

[juliette.solveig@gmail.com](mailto:juliette.solveig@gmail.com)

**Mots clefs :** Bois traités ; Cuivre ; Déchets bois ; Remédiation chimique ; Spectroscopie

### Introduction

Une grande partie des bois utilisés en extérieur sont traités par imprégnation autoclave, une méthode qui consiste à injecter sous pression des produits de préservation dans le matériau. Ces traitements augmentent la durabilité des bois en les rendant plus résistants aux attaques d'insectes et de champignons. Les produits de préservation utilisés sont majoritairement à base de cuivre, associé à des composés organiques (Certification CTB-B+, 2020). Ce type de traitement cuivre-organique s'est largement développé dans les années 2000, à la suite de réglementations restrictives concernant l'arséniate de cuivre chromé (ACC) pour des raisons environnementales et sanitaires (Coudert 2013).

La présence de cuivre dans le matériau soulève des problématiques lors de la fin de vie des produits, que ce soit pour le réemploi de ces produits, le recyclage en panneaux de particules ou l'incinération des bois traités (Spear et al 2025). Les métaux peuvent être extraits du bois par des voies chimiques ou biologiques. D'après Coudert (2013), la remédiation chimique est la solution la plus rapide et la plus économiquement viable.

Ce travail de recherche évalue les possibilités d'extraction du cuivre des bois traités autoclave à l'aide de différents réactifs chimiques et analyse l'impact de cette étape de remédiation sur le matériau. Les critères étudiés sont le taux d'extraction obtenu, l'aspect esthétique et l'état de dégradation du bois après remédiation.

La méthodologie utilisée provient notamment du domaine de la conservation des bois archéologiques. Les problématiques d'extraction de certains métaux du bois et la caractérisation de leur dégradation étant aussi présentes dans ce domaine. Les protocoles sont développés dans le but d'être applicables quel que soit l'essence de bois ou le type de contamination aux métaux.

### Matériels et méthodes

#### *Echantillonnage*

30 échantillons provenant d'une planche de pin (*Pinus sp*) traitée par un biocide Cuivre-organique et soumise à un vieillissement naturel sont utilisés pour cette étude. Ils sont de dimensions 2x2x6 cm<sup>3</sup> et présentent des taches vertes à la surface, caractéristiques du cuivre. La planche a été fournie par l'entreprise BatiBrade (Nantes).

#### *Remédiations chimiques*

Les échantillons sont répartis en 6 groupes pour évaluer les effets de 5 réactifs de remédiation : l'acide éthylène diamine tétraacétique (EDTA), l'acide éthylène diamine disuccinique (EDDS), l'acide citrique (AC), l'acide oxalique (AO) et l'acide sulfurique (AS). Le dernier groupe dit témoin, subit un cycle avec de l'eau uniquement pour évaluer le lessivage du traitement. La remédiation consiste en une immersion des échantillons durant 24h dans des bains de solution concentrée à 0.1mol/L de produit, avec un ratio bois/ solution de 1:10 (v/v).

### Caractérisation

Les échantillons sont caractérisés avant (T1) et après l'étape de remédiation chimique (T2). Cette caractérisation consiste en un ensemble de mesures que comprend la masse, le volume et l'hygrométrie de l'échantillon en premier lieu, puis des mesures spectroscopiques et mécaniques.

La fluorescence à rayons X (XRF) est utilisée pour connaître la teneur en métaux des bois, les mesures sont effectuées par X-MET 7500 Oxford Instruments. Bien que l'analyse se fasse en surface, cette technique est utilisée pour l'étude des bois traités autoclave, et donne des résultats satisfaisants pouvant être utilisés industriellement (Rasem Hasan et al, 2011). Pour chaque échantillon, 4 mesures sont réalisées sur les deux faces LT et LR, la moyenne de ces mesures est la valeur Cu associée à chaque échantillon. Les taux d'extractions sont calculés d'après la concentration en cuivre avant remédiation ( $Cu_{T1}$ ) et après remédiation ( $Cu_{T2}$ ) :

$$\tau = \frac{Cu_{T1} - Cu_{T2}}{Cu_{T1}} \times 100$$

Des mesures colorimétriques sont réalisées pour quantifier la variation de couleur des bois grâce à un Colorimètre X-rite 6i6X. Pour chaque échantillon, 4 mesures sont effectuées sur les mêmes zones que les mesures XRF.

Des essais mécaniques non destructifs en compression ainsi que des mesures spectroscopiques FT-IR sont réalisées pour évaluer l'état de dégradation des échantillons. Les mesures sont effectuées sur une MTS 100kN et sur un spectrophotomètre Bruker, respectivement.

### Résultats et discussions

L'EDDS et l'EDTA donnent en moyenne les taux d'extraction en surface les plus élevés, suivis par l'AS et enfin AC, AO et le témoin eau (Fig. 1). Il faut cependant noter que les écarts types observés indiquent une variabilité importante des résultats au sein d'un groupe.

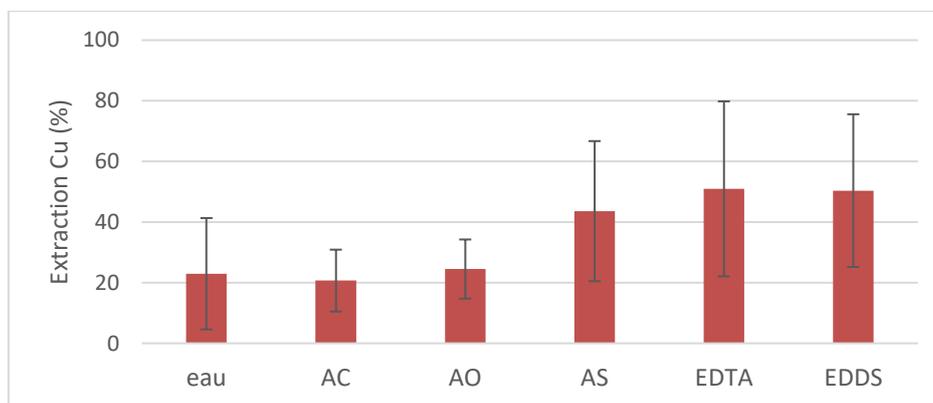


Fig. 1 : Taux d'extraction du cuivre en fonction des traitements

Un taux d'extraction à 50% pour un premier cycle de 24h peut être encourageant sur la réalisation de plusieurs cycles. Le taux d'extraction du cycle témoin avec seulement de l'eau est important, le lessivage involontaire des traitements de préservation dans des conditions extérieures est en effet une des problématiques de ce type de traitement (Humar et al 2007). Ce taux important ne permet pas de justifier d'un effet ou non des traitements AC et AO sur l'extraction du cuivre.

Au niveau de la couleur, les tendances observées sont un virement du bois vers les teintes jaunes pour l'EDTA, et un virement vers les teintes rouge et jaune pour l'AS et l'AO. La réalisation d'une analyse en composantes principales (ACP), une méthode statistique qui réduit la

dimensionnalité d'un jeu de donnée tout en conservant l'essentiel de l'information, n'a cependant pas fait apparaître de clusters vraiment distincts selon les traitements.

Peu de dégradation mécanique est observée après l'étape de remédiation. La tendance est une diminution de l'indicateur de rigidité de 0 à 10% (Fig. 2). Cette variation est faible compte tenu de la variabilité déjà présente de cet indicateur dans l'échantillonnage avant l'étape de remédiation. Les résultats concernant le traitement AS sont à prendre avec précaution du fait du peu de mesures correctes obtenues pour celui-ci, ils ne permettent pas de tirer des conclusions.

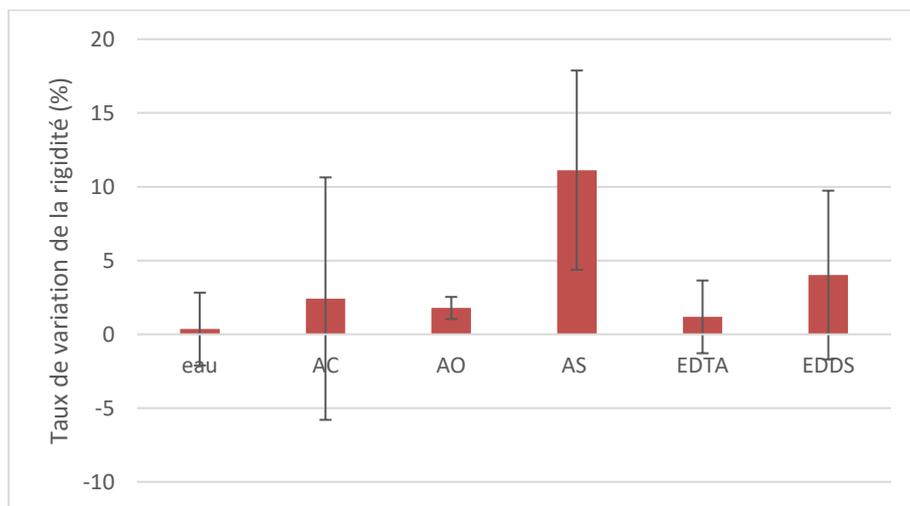


Fig. 2 : Taux de variation de la rigidité en fonction des traitements

D'après la littérature les bandes suivantes sont choisies pour l'étude des spectres FT-IR :  $1507\text{ cm}^{-1}$  pour la lignine,  $1158\text{ cm}^{-1}$  pour la cellulose seule, et  $1371\text{ cm}^{-1}$ ,  $1060$  et  $1027\text{ cm}^{-1}$  pour la cellulose et l'hémicellulose (Pandey 1999). Une baseline et une normalisation d'après la bande de la lignine sont appliquées, sa valeur est ainsi de 1 pour tous les spectres. Les ratios étudiés sont ceux de la lignine par rapport aux autres bandes choisies. La logique est la suivante : si le ratio augmente cela indique une augmentation de l'intensité des bandes correspondant à la lignine par rapport à celles des autres composants, cellulose et hémicellulose. Mis à part le traitement AS qui semble ne pas avoir modifié les proportions entre les composants étudiés, les autres traitements sont associés à une augmentation des ratios, et donc une possible augmentation de la proportion de lignine par rapport aux composants cellulose et hémicellulose (Fig. 3). D'autres facteurs peuvent cependant expliquer ces variations de ratio, comme la présence de certains composés dont les pics se superposeraient aux pics étudiés.

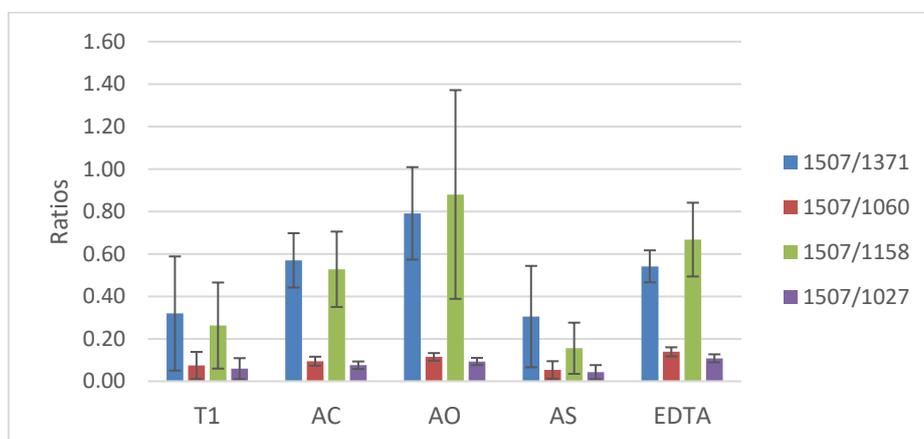


Fig. 3 : Ratios FT-IR moyens en fonction des traitements

## Conclusions et perspectives

Les différentes solutions chimiques utilisées vont permettre de répondre à différents critères. L'EDDS et l'EDTA ont les meilleurs taux d'extraction tandis que l'AO a davantage de potentiel pour une uniformisation de la couleur et un retour à des teintes naturelles. Plusieurs cycles sont envisageables, avec des solutions différentes, pour répondre à tous les critères. La compatibilité environnementale est un critère important à prendre en compte lors de l'utilisation de solvant, l'EDDS sera alors préférable à l'EDTA du fait de sa biodégradabilité.

Le couplage des méthodes d'essais mécaniques et de la spectroscopie FT-IR a permis de montrer que quel que soit le traitement, l'étape de remédiation à peu dégradée le matériau. Ces deux méthodes sont complémentaires. Le protocole d'essai mécanique a permis de comparer les pertes de propriétés mécaniques entre les différents traitements grâce à l'obtention d'un indicateur de rigidité tandis que la spectroscopie donne plus d'information sur les composants qui sont dégradés et sur les réactions qui ont lieu dans le bois lors de la remédiation.

Ce premier travail a permis de mettre en évidence la pertinence du lien entre le domaine de la conservation des bois archéologiques et l'étude des bois contemporains traités aux métaux.

La présente étude s'est centrée sur l'utilisation du bois après extraction, cependant la récupération de métaux lourds et leur réinsertion dans un cycle de production a aussi un intérêt écologique et économique. Il serait donc intéressant de se pencher aussi sur cette problématique. Un autre angle d'étude serait celui de l'impact du composé organique dans le traitement lors de la remédiation chimique, la présence de ces composants étant aussi une problématique environnementale.

## Remerciements

Les auteures remercient Jean-Yves MEVELLEC pour les mesures effectuées sur les équipements de la plateforme PLASSMAT de l'IMN, Nantes, France.

## Références

- Coudert L (2013) Décontamination de déchets de bois traité à base de composés cuivrés en vue de leur revalorisation.
- FCBA (2020) CTB-B+ Bien comprendre les classes d'emploi et la préservation des bois.
- Humar M, Žlindra D, Pohleven F (2007) Influence of wood species, treatment method and biocides concentration on leaching of copper-ethanolamine preservatives. *Building and Environment*, 42(2), 578-583.
- Pandey, K.K (1999) A study of chemical structure of soft and hardwood and wood polymers by FTIR spectroscopy. *Journal of applied polymer science*, 71(12), 1969-1975.
- Rasem Hasan A, Schindler J, Solo-Gabriele HM, Townsend TG (2011) Online sorting of recovered wood waste by automated XRF-technology. Part I : Detection of preservative-treated wood waste. *Waste Management*, 31(4)
- Spear MJ, Dimitriou A, Curling SF, Ormondroyd GA (2025) Developments in the Recycling of Wood and Wood Fibre in the UK : A Review. *Fibers*, 13(2), 23.