



HAL
open science

Effet du vieillissement naturel sur les propriétés du bois de chêne

Matteo Bourchanin, Miyuki Matsuo-Ueda, Olivier Girardclos, Benoît Brossier, Joseph Gril

► To cite this version:

Matteo Bourchanin, Miyuki Matsuo-Ueda, Olivier Girardclos, Benoît Brossier, Joseph Gril. Effet du vieillissement naturel sur les propriétés du bois de chêne. Colloque interdisciplinaire “ Naissance et renaissance d’une cathédrale: Notre-Dame de Paris sous l’œil des scientifiques ”, Apr 2024, Paris, France. Actes du Colloque interdisciplinaire “ Naissance et renaissance d’une cathédrale: Notre-Dame de Paris sous l’œil des scientifiques ”, pp.53, 2024. hal-04830159

HAL Id: hal-04830159

<https://hal.science/hal-04830159v1>

Submitted on 10 Dec 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L’archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d’enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

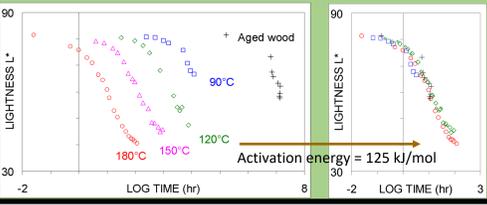
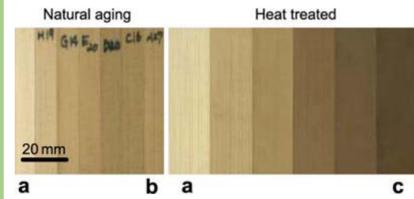
Effet du vieillissement naturel sur les propriétés du bois de chêne

Matteo BOURCHANIN ^(1,2), Miyuki MATSUO ^(2,3), Olivier GIRARDCLOS ⁽⁴⁾, Benoît BROSSIER ⁽⁵⁾, Joseph GRIL ^(1,6)

⁽¹⁾ Université Clermont Auvergne, CNRS, Clermont Auvergne INP, Institut Pascal Clermont-Ferrand; ⁽²⁾ Research Institute for Sustainable Humansphere, Kyoto University, Japan; ⁽³⁾ Graduate School of Agriculture, Kyoto University, Japan; ⁽⁴⁾ Chrono-environnement, Univ. Franche Comté, CNRS, Besançon; ⁽⁵⁾ Institut des Sciences de l'Évolution de Montpellier, Univ Montpellier, CNRS, IRD, Montpellier; ⁽⁶⁾ Université Clermont Auvergne, INRAE, PIAF, Clermont-Ferrand, France

Viellissement du bois

Le vieillissement naturel du bois correspond à une lente oxydation de ses molécules. Un traitement thermique anhydre a des effets similaires, notamment des changements de couleur.



L'effet du temps sur les propriétés du bois peut être tracé en fonction du logarithme du temps. Grâce à une courbe maîtresse obtenue par des décalages horizontaux, l'équivalence temps-température peut être quantifiée.

Contexte

Les recherches sur le vieillissement naturel se heurtent à deux difficultés majeures : l'obtention d'un échantillonnage bien identifié de bois anciens et la variabilité intrinsèque du matériau. Le bois récupéré de la charpente brûlée de Notre-Dame de Paris représente à ce double égard une opportunité exceptionnelle : on dispose en effet d'une source de matériel d'étude inhabituellement abondante de bois de chêne mis en œuvre il y a 1 à 8 siècles, dont la datation précise fait déjà l'objet d'un travail en cours dans le cadre de l'ANR Casimodo.



Stockage des bois récupérés de l'incendie



Reste de poutre de chêne polluée au plomb

Les résultats présentés ont été obtenus par M. Bourchanin lors d'un stage de M2 mené à l'Institut Pascal au printemps 2023 puis à l'Université de Kyoto (*Summer stay JSPS*).

Matériel



Le bois ancien est au préalable purgé des parties polluées au plomb. Le bois contemporain est extrait de poutres testées au LGC2D d'Egletons pour la nouvelle charpente. Chacun fournit deux types d'échantillons en fonction du test.

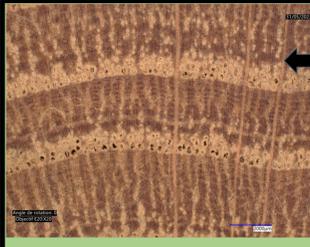
Coupes transversales pour analyse dendrochronologique, anatomique, spectrale et colorimétrique



Barreaux réalisés au Japon dans les directions L et R du bois pour essais de retrait/gonflement et mesures statique et vibratoire des propriétés mécaniques.

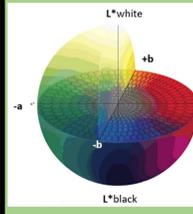
Un algorithme est utilisé pour répartir les échantillons de bois contemporains en groupes statistiquement identiques, chacun étant utilisé pour un traitement thermique différent.

Méthodes

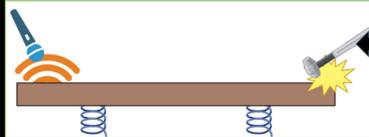


Étude anatomique et dendrochronologie
Des images et des scans à haute résolution sont utilisés pour mesurer les largeurs de cernes, ce qui permet de dater les échantillons et d'étudier leurs conditions de croissance. Les coupes transversales sont placées sous microscope pour mieux observer l'anatomie du bois et peuvent être colorées pour identifier des molécules spécifiques.

Analyse spectrale : Colorimétrie et NIRS hyperspectrale

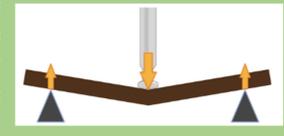


CIElab est un espace physico-sensoriel mesurant la couleur telle qu'elle est perçue par l'œil humain. La NIRS hyperspectrale est une méthode où un spectre infrarouge est mesuré sur chaque pixel d'une image.



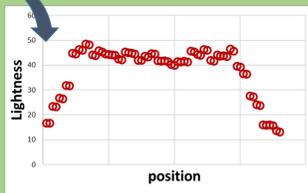
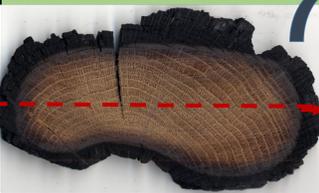
Caractérisation mécanique
La méthode BINGO est un moyen non destructif de déterminer les propriétés mécaniques d'un échantillon par les vibrations audibles qu'il émet lors d'un impact.

La flexion 3 points est une méthode mécanique conventionnelle qui peut être utilisée de manière destructive et non destructive. La rupture des échantillons permet d'obtenir la contrainte de rupture en plus des autres propriétés mécaniques.



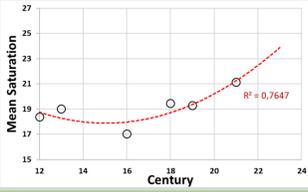
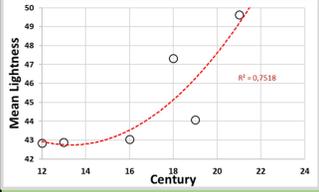
Resultats obtenus

Bois ancien



Spectrocolorimétrie

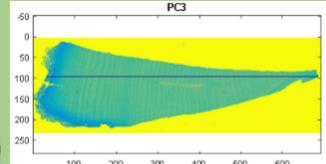
Profil de couleur
Transition entre charbon, bois torréfié et bois. Le plateau suggère que le bois au milieu de la poutre n'a pas été endommagé par le feu.



Les valeurs de couleur du bois intact de différents siècles sont comparées pour étudier l'effet du temps sur la couleur du bois.

NIRS hyperspectrale :

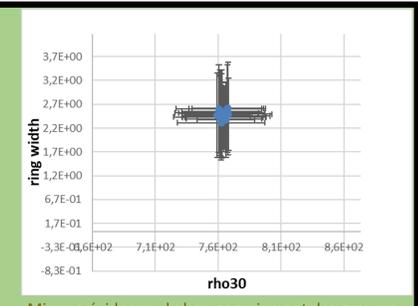
L'analyse des composantes principales est appliquée à la valeur d'absorbance infrarouge des échantillons. Chaque composante principale obtenue peut être associée à des liaisons moléculaires ou même à des molécules.



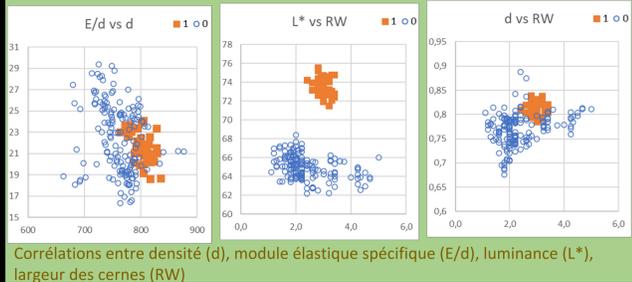
Mise en évidence par spectroscopie NIRS de gradients de modification chimiques près des bords brûlés

Bois contemporain

200 échantillons L de chêne contemporain de deux sites ont été testés. La densité, la rigidité, les variations dimensionnelles, la couleur, la largeur des cernes ont été mesurées. Ces données peuvent être utilisées comme comparaison pour étudier l'effet du bois non brûlé et du bois récent.



Mise en évidence du bon appariement des groupes



Corrélations entre densité (d), module élastique spécifique (E/d), luminance (L*), largeur des cernes (RW)

Les échantillons sont ensuite placés dans des groupes statistiquement identiques sur la base de ces valeurs. Chaque groupe sera soumis à un traitement thermique à des températures et des durées différentes.

Bilan et perspectives

- Les résultats des mesures spectroscopiques (couleurs et NIRS) suggèrent que la partie interne des échantillons récoltés n'a pas été affectée par la chaleur de l'incendie et que ceux-ci peuvent par conséquent servir à l'étude du vieillissement naturel du bois de chêne. L'analyse des propriétés physiques et mécaniques du chêne ancien, mesurées par M. Bourchanin lors de son séjour JSPS au RISH à l'été 2023, est en cours. Les traitements thermiques et propriétés résultantes seront étudiées par un étudiant en master de la faculté d'Agriculture de l'Université de Kyoto en 2024-2025, sous la direction de M. Matsuo-Ueda. L'effet combiné du vieillissement naturel et de la chaleur pourra également être abordé.
- Le PEPS INSIS **FuturVieuxBois** « L'avenir du vieux bois : comportement mécanique différé du bois ancien » démarré en 2024 sera l'occasion de poursuivre ces travaux en élargissant le partenariat (LMGC Montpellier, I2M Bordeaux, LGC2D Egletons, PIAF Clermont-Fd, Univ. Florence...)