

Projet RESTWOOD : Émergence d'une filière pour le réemploi du bois de structure

REBHI Amal¹, COUREAU Jean-Luc¹, GARNESSON Thomas², DE HAECK Maxime²,
GALIMARD Philippe¹

¹ Institut de Mécanique et d'Ingénierie (I2M), Département Environnement et Génie Civil
(GCE), Université de Bordeaux, Talence, France

² NOBATEK/INEF4, Institut pour la transition énergétique du Bâtiment, Anglet, France
amal.rebhi@u-bordeaux.fr

Mots clés : structure bois ; réemploi ; qualification mécanique, classement visuel ; Essais non destructifs ; Essais destructifs ;

Introduction

Le réemploi de matériaux de construction, en particulier le bois de structure, s'inscrit dans une démarche de durabilité, visant à réduire les déchets et les importations de bois. En Nouvelle-Aquitaine, 300 000 à 400 000 tonnes de déchets de bois de classe B sont produits chaque année, alors que la France importe 75 % du bois d'œuvre pour la construction. La réglementation environnementale RE 2020 impose des contraintes sur les émissions de gaz à effet de serre des matériaux de construction, augmentant la demande en bois. Cependant, le réemploi des structures bois est limité par l'absence de garanties sur leur performance mécanique. Des initiatives comme le projet SPIROU visent à sécuriser ces pratiques en créant des exigences adaptées pour le bois de structure issu du réemploi.

Afin de répondre aux enjeux de réduction de l'empreinte environnementale et de limiter la pression sur les ressources forestières françaises, le projet Restwood vise à créer une filière dédiée au réemploi du bois de structure, capable de fournir du bois réemployé avec une qualification équivalente à celle du bois neuf. Toutefois, pour que le bois réemployé puisse être utilisé à des fins structurelles, il est crucial de disposer d'une méthode fiable pour classer ce matériau vis-à-vis de ses performances mécaniques. Les normes actuelles de classement visuel, conçues pour le bois neuf, tendent à déclasser le bois récupéré en raison de défauts plus fréquents, tels que des fissures et des déformations (Davis 2012, Cruz et al. 2015, Inguez-Gonzalez et al. 2019). Ces normes sont généralement adaptées à des bois issus d'espèces spécifiques et de régions de croissance bien définies, ce qui est difficile à appliquer au bois récupéré, dont l'origine est difficile à déterminer.

L'objectif est donc de développer une méthode de classement spécifique aux composants structuraux en bois issus des chantiers de déconstruction, en se basant sur les normes existantes (telles que la norme française NF B52-001-1 (2018) pour le bois neuf, la norme norvégienne prNS 3691 (2024) pour le bois de réemploi, et la norme australienne pour le bois massif réemployé (Crews et al. 2008)). Des essais expérimentaux, basés sur des tests de flexion selon la norme EN 408 (2012), permettront de corréliser les critères visuels à la performance mécanique réelle du bois issu du réemploi, dans le but d'ajuster les méthodes existantes pour améliorer la prédiction des performances de ces éléments.

On cherchera également des approches plus scientifiques pour apporter des modélisations capables de prédire plus pertinemment la qualité mécanique de ces éléments structuraux issus du réemploi.

Méthode de travail

Pour atteindre l'objectif de ce projet, il est essentiel de suivre une méthodologie de travail clairement définie et illustrée dans le schéma suivant (Fig. 1).

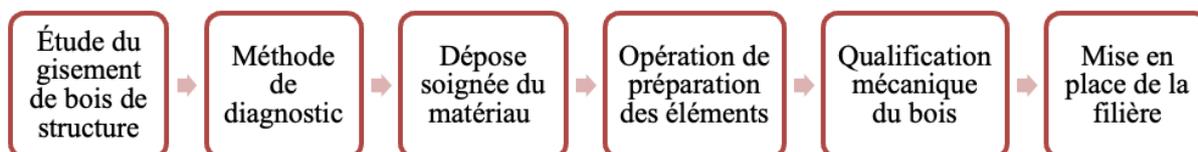


Fig. 1 : Méthodologie de travail à suivre

La première étape consiste à caractériser le gisement de bois de structure réemployable. En s'appuyant sur des études antérieures, comme l'étude GDBAT menée par le FCBA (2022), il a été révélé qu'en 2019, la France a généré 2,3 millions de tonnes de déchets de bois provenant des chantiers. En Nouvelle-Aquitaine, environ 21 756 tonnes de bois de structure proviennent chaque année des opérations de déconstruction. Si l'on considère que 30 % de ce bois est réemployable, cela représente 6 103 tonnes (soit 12 206 m³), avec un potentiel de chiffre d'affaires de 6,1 millions d'euros. Le projet Restwood se concentre sur les éléments réemployables tels que les poutres et poteaux, en excluant les panneaux et les éléments dégradés. Dans une deuxième phase, l'analyse du gisement se poursuit par une étude de terrain. Plusieurs chantiers de déconstruction (Fig.2 à 5) sont analysés pour identifier de manière plus qualitative le bois collectable pour un réemploi.



Fig.2 : Bâtiments à déconstruire de la maison des générations à Eysines



Fig. 3 : Vue Général de la charpente du local de l'hôpital Bagatelle



Fig. 4: Chantier de Floirac



Fig. 5: Vue général de la charpente bois à Begles

La deuxième étape concerne l'étude de diagnostic, qui vise à identifier, quantifier et évaluer la qualité des éléments de bois avant la déconstruction. Cela inclut une inspection visuelle (identification du type d'élément, état général, présence de défauts et endommagements, types d'assemblages, ...) et une caractérisation in situ (relevé des dimensions, mesure de teneur en eau, identification de l'essence, ...). L'historique des bâtiments est également pris en compte pour mieux comprendre les conditions d'utilisation du bois et les approvisionnements initiaux.

Ensuite, la dépose du matériau nécessite une déconstruction soignée pour préserver les éléments, suivie d'un tri selon leurs caractéristiques, puis d'un transport et d'un stockage adéquats pour éviter toute détérioration. Cette dépose doit être étudiée également dans ses protocoles. Le bois est ensuite préparé avant sa réutilisation : les éléments métalliques sont retirés, les surfaces nettoyées, et le bois est séché, soit naturellement, soit artificiellement, pour stabiliser son humidité. Des traitements supplémentaires peuvent être appliqués pour améliorer sa résistance, notamment contre les attaques fongiques et d'insectes.

Enfin, l'enjeu scientifique de ce projet est de développer une méthode robuste pour évaluer mécaniquement le bois réemployé. Cette étude se concentre spécifiquement sur la qualification mécanique du bois massif destiné au réemploi en structure.

Qualification mécanique du bois récupéré

Pour réutiliser le bois dans des structures, un classement "expert" est requis pour définir un produit pour la construction. Des études, telles que celles de Llana et al. (2023) et de Ranta-Maunus et al. (2011), montrent que le bois récupéré peut avoir des propriétés mécaniques comparables aux bois "neufs", notamment en termes de module d'élasticité (MOE). Toutefois, la résistance à la flexion (MOR) est généralement inférieure, ce qui souligne l'importance d'adapter les seuils de qualification de cette nouvelle ressource.

Des normes existantes, comme la prNS 3691 (2024) en Norvège, régissent l'évaluation du bois récupéré. Cette norme se divise en trois parties :

- prNS 3691-1 : couvre les exigences générales pour le traitement, le stockage et l'évaluation du bois, en garantissant notamment que l'humidité ne dépasse pas 20 % et que les défauts géométriques soient limités.
- prNS 3691-2 : traite de l'évaluation des impuretés, notamment la présence de substances dangereuses (chrome, arsenic, PCB) et d'autres contaminants comme les métaux ou plastiques.
- prNS 3691-3 : établit les critères pour le classement visuel du bois récupéré, en tenant compte des défauts naturels et des dommages antérieurs comme les trous, fissures ou biodégradations.

En Australie, la norme provisoire « Interim Industry Standard » vise également à définir des critères de classification visuelle pour le bois de réemploi. Elle prend en compte les propriétés spécifiques des essences, les défauts naturels et ceux causés par une utilisation antérieure. Les classes mécaniques attribuées s'appuient sur ces critères pour garantir la sécurité et la performance du bois dans des applications structurelles.

Pour mettre en place une méthode de classement visuel dans le cadre de RESTWOOD, il est essentiel de suivre un plan de travail structuré, comprenant les étapes représentées dans le schéma de la Fig. 6. Cette méthode repose sur trois phases. La première consiste à s'appuyer sur les méthodes de classement visuel existantes, telles que la norme française NF B52 001-1 (2018) pour le bois neuf, la norme norvégienne pour le bois massif récupéré, et la norme australienne. Ces méthodes seront appliquées sur trois lots de bois différents : un lot de résineux, un lot de feuillus et un lot de lamellé-collé. Ensuite, un classement par machine sera effectué à l'aide de la machine XyloClass (plateforme XYLOPLATE Université de Bordeaux). Les résultats de ces méthodes seront comparés avec ceux des essais destructifs expérimentaux de grandes dimensions qui permettent de définir la performance réelle des éléments.

Sur la base de l'analyse des résultats expérimentaux, il sera possible de proposer des adaptations ou des calibrations des méthodes de classement actuelles pour des applications sur le bois issu

du réemploi et de proposer des modèles de comportement pour la compréhension des performances. On peut considérer la variabilité des propriétés physiques des essences réemployées, des défauts non pris en compte ou les limitations des méthodes de caractérisation actuelles.

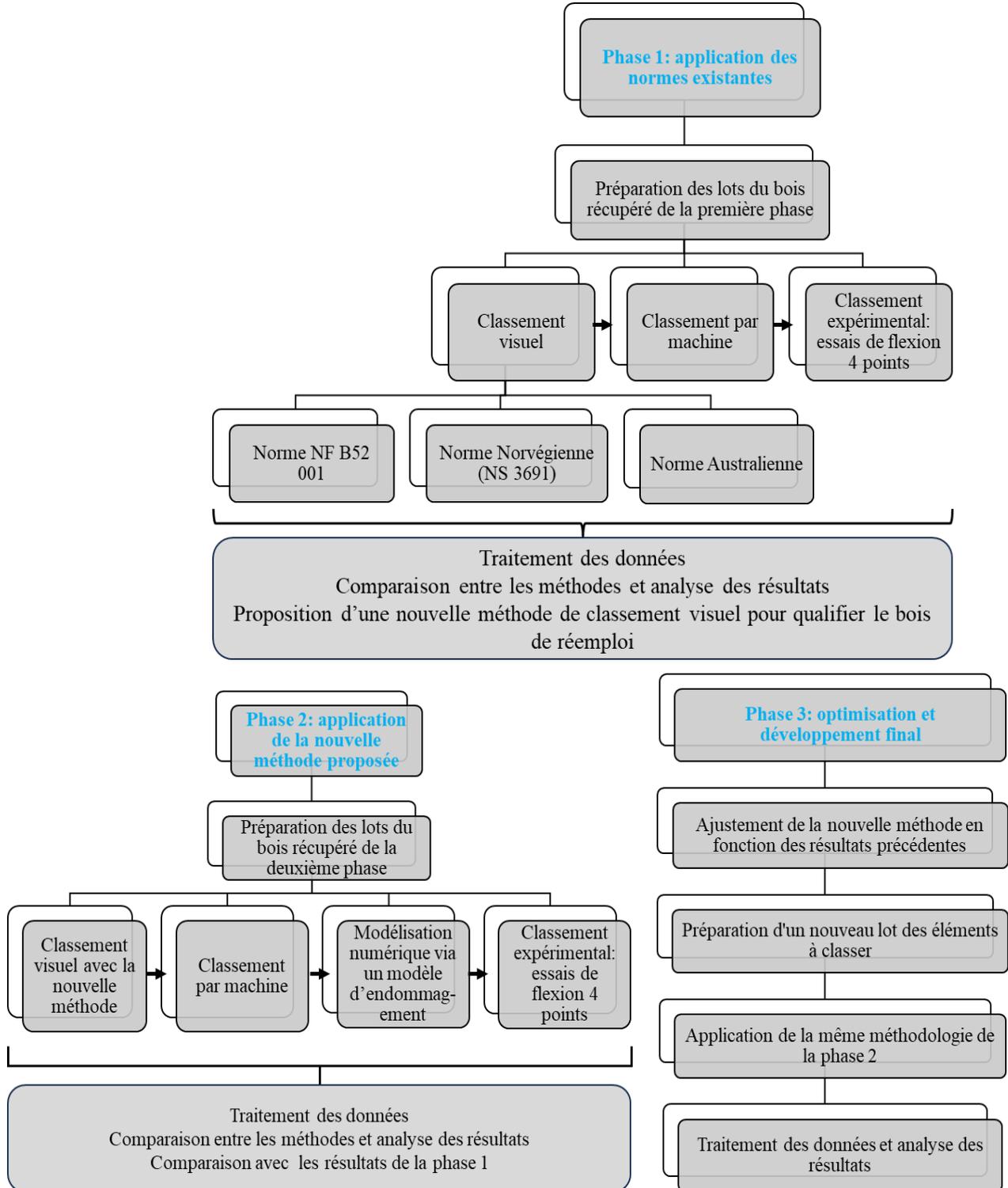


Fig. 6 : Méthode de qualification mécanique du bois de réemploi

L'objectif de la deuxième phase consistera à intégrer des modèles et outils de contrôle non destructif (CND), ainsi que des essais mécaniques en flexion à quatre points, afin de mieux

évaluer la qualité des lots de bois réemployé. Cette comparaison permettra d'évaluer l'efficacité de cette nouvelle approche en termes de fiabilité et de précision, et d'identifier les outils issus des recherches récentes les plus pertinents pour la qualification des bois. La troisième phase visera ensuite à optimiser cette méthode hybride pour améliorer les performances de prédiction.

De plus, il est envisagé de développer des démarches pour valoriser les bois massifs en réemploi mais aussi de développer des critères de réemployabilité pour la fabrication de composites structuraux biosourcés.

Conclusion

Le projet RESTWOOD s'inscrit dans une démarche de durabilité et d'innovation, visant à relever les défis environnementaux et économiques associés au réemploi du bois de structure. En élaborant des méthodes de classement adaptées au bois récupéré, ce projet cherche à réduire les verrous technologique et idéologiques pour une utilisation dans le génie civil.

La méthodologie proposée, qui associe classement visuel, classement par machine et essais expérimentaux et modélisation constitue une approche rigoureuse et pragmatique pour établir une nouvelle méthode de classement. Cette démarche peut favoriser le développement d'une filière de réemploi durable du bois, contribuant ainsi à la réduction des déchets et à une moindre dépendance aux importations, tout en respectant les exigences de la réglementation environnementale RE 2020.

Références

Davis J (2012) Suitability of salvaged timber in structural design, Massachusetts Institute of Technology.

Cruz H, Yeomans D, Tsakanika E, Macchioni N, Jorissen A and Touza M and Mannucci M, Lourenço P (2015) Guidelines for on-site assessment of historic timber structures, *International Journal of Architectural Heritage*, p. 277-289.

Iniguez-Gonzalez G, Arriaga F, Osuna-Sequera C, Esteban M and Ridley-Ellis D (2019) Nondestructive measurements in reclaimed timber from existing structures, *Proceedings of the 21st International Nondestructive Testing and Evaluation of Wood Symposium*. Freiburg im Breisgau, BW, Germany, p. 462-472.

NF B52-001-1 (2018) Règles d'utilisation du bois dans la construction - Classement visuel pour l'emploi en structures des bois sciés résineux et feuillus - Partie 1 : bois massif.

NF EN 408 (2012) Structures en bois - Bois de structure et bois lamellé-collé - Détermination de certaines propriétés physiques et mécaniques.

FCBA (2022) Gestion des Déchets Bois du Bâtiment - GDBAT. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.fcba.fr/ressources/gdbat-gestion-des-dechets-de-produits-de-construction-bois-enfin-de-vie/>.

Llana D, Iniguez-Gonzalez G, Plos M and Turk G (2023) Grading of recovered Norway spruce (*Picea abies*) timber for structural purposes, *Construction and Building Materials*, p. 132-440.

Ranta-Maunus A, Denzler J, Stapel P (2011) Strength of European Timber: Part 2. Properties of spruce and pine tested in Gradewood project, VTT Technical Research Centre of Finland.

prNS 3691 (2024) Evaluation of recycled wood, Norwegian Standard.

Crews K, Hayward D, MacKenzie C (2008) Interim industry standard recycled timber--visually stress graded recycled timber for structural purposes, Google Scholar, Australia, 61 p.