

Optimisation des procédés de déconstruction des bois d'œuvre par imagerie 3D et Usinage Robotisé



FAGOT-BARRALY Kévin, SIMON Caroline, MEAUSOONE Pierre-Jean

Université de Lorraine, LERMAB, EPINAL, France, e-mail: kevin.fagot-barraly@univ-lorraine.fr
Université de Lorraine, LERMAB, EPINAL, France,
Université de Lorraine, LERMAB, EPINAL, France,

A36

Introduction

Le secteur de la construction génère près de 42 millions de tonnes de déchets par an en France, 49% de ces déchets proviennent de la démolition, 38% de la réhabilitation et 13% de la construction neuve.

Dans ce contexte, plusieurs voies de valorisation sont envisagées : le réemploi, lorsque le bois peut retrouver directement son usage initial après dépollution ; la réutilisation, qui suppose un usinage ou une adaptation du matériau ; et enfin la valorisation énergétique, lorsque aucune autre solution n'est possible. Tout en suivant les préconisations du Code de l'Environnement (Article L541-1-1) le réemploi du bois constitue un levier essentiel pour promouvoir l'économie circulaire et réduire l'empreinte carbone des secteurs de la construction et de l'ameublement.



Les enjeux

À l'issue de la **déconstruction**, les matériaux déposés font l'objet d'un **diagnostic ressource** permettant d'évaluer leurs **caractéristiques physico-chimiques**, en vue de définir les modalités de valorisation du bois.

Les singularités naturelles ou acquises (nœuds, fissures, clous, traces de polluants, déformations) et la variabilité dimensionnelle constituent à la fois des contraintes et des spécificités à prendre en compte dans le processus de réemploi ou de réutilisation.

L'enjeu est double, mais il se heurte à des contraintes économiques, temporelles et environnementales :

Réemployer directement le bois si son état le permet, après une étape de dépollution. Cette approche permet de limiter le bilan carbone, mais peut représenter un coût élevé et nécessiter un temps important selon l'état du bois.(3)

Réutiliser par usinage optimisé lorsque la pièce n'est pas immédiatement exploitable. Bien que cette méthode permette de valoriser le matériau, elle augmente le temps de traitement et le prix, tout en générant un impact carbone supplémentaire par rapport à une réutilisation directe.(1)(2)

Matériel et Méthodes

Étape de dépollution et qualification du bois
Avant toute valorisation, une étape de **dépollution jusqu'alors faite manuellement (Interreg 2023)** est appliquée : retrait des éléments métalliques, plastiques ou polluants incrustés.

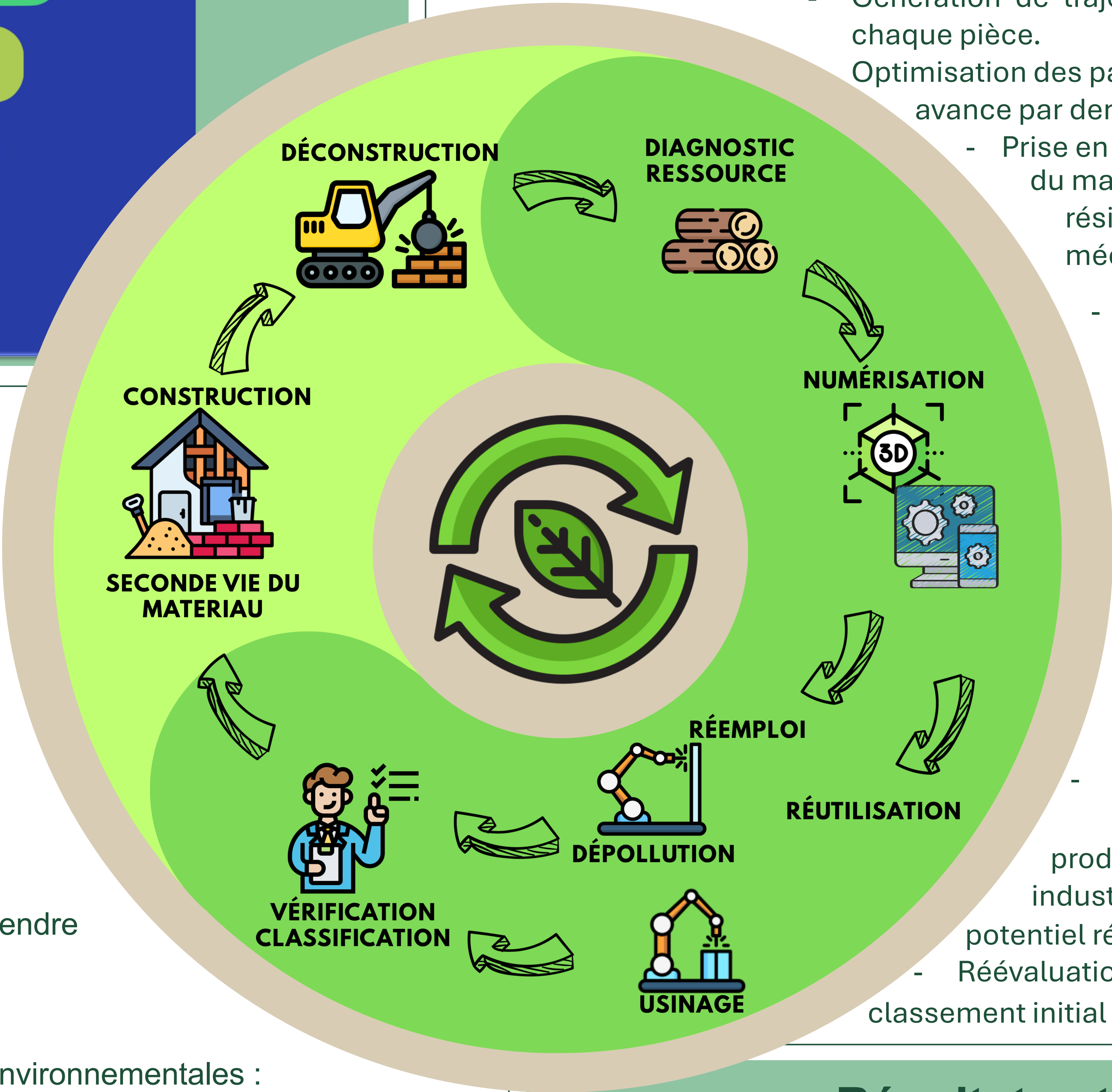
Si, après dépollution, le bois est conforme à son usage initial → réemploi direct.

Si le bois présente trop d'opérations d'usinage ou des géométries incompatibles avec un usage immédiat → passage à la phase **réutilisation par usinage**.(1)(2)

Une comparaison entre bois vieilli et bois neuf sera anticipée afin de définir les contraintes d'usinage.

Méthodologie en cas de réutilisation par usinage
Lorsque le bois ne peut pas être réemployé directement, le protocole suit trois étapes principales:

- a) Acquisition et modélisation par imagerie 3D**
- Utilisation de scanners laser et de la photogrammétrie multi-angle.
 - Production d'un modèle numérique haute résolution.
 - Détection automatique des défauts (nœuds, fissures, déformations, zones contaminées).
 - Evaluation des volumes exploitables.
- b) Planification et simulation de l'usinage**
- Génération de trajectoires d'usinage robotisé adaptées à chaque pièce.
 - Optimisation des paramètres de coupe : vitesse de rotation, avance par dent, profondeur de passe, angle de coupe.
 - Prise en compte des paramètres physique du matériau: densité du bois, humidité résiduelle, état de surface, contraintes mécaniques.
 - **Objectif** : Caractériser le produit obtenu, en optimisant les rendement matière et la productivité.
- c) Usinage robotisé et validation expérimentale**
- Réalisation d'essais sur bras robotisé 6 axes équipé d'outils spécialisés et de capteurs d'efforts.
 - Validation des trajectoires et ajustement des modèles prédictifs pour passer à une échelle industrielle.
 - **Résultats attendus** : réduction du taux de perte matière, meilleure flexibilité de production, fiabilité accrue du bois réutilisé, industrialisation du modèle, augmentation du potentiel réemployé.
 - Réévaluation du classement par rapport au classement initial après opérations d'usinage.



Résultats attendus

1. **Détection fine des défauts** (jusqu'à 0,5 mm) par imagerie 3D.
2. **Reduction des pertes** par segmentation automatique en comparaison a une découpe manuelle.
3. **Optimisation** des temps et adaptabilité des **trajectoires aux spécificités de chaque pièce** par l'usinage robotique.
4. L'intégration de toute la chaîne (dépollution → analyse → usinage → sortie produit) devrait **favoriser la traçabilité, la compétitivité et l'industrialisation du réemploi**.

Références

(1) EYMA F Caractérisation des efforts de coupe de différentes essences de bois à l'aide de leurs paramètres mécaniques. Thèse de l'Université Henri Poincaré, Nancy 2002.

(2) BOUCHER J Caractérisation de la coupe rotative du bois Thèse de l'Université Henri Poincaré, Nancy 2007.

(INTERREG 2023) Projet Interreg « le réemploi en pratique : de la déconstruction à la mise en œuvre », NWE, FCRBE (Septembre 2023).

(ENVIRONNEMENT 2021) Article L541-1-1 Code de l'environnement France

(3) O. LEMAITRE, C. SIMON, P-J. MEAUSOONE, Study of the process of Structural Wood Reuse in a Deconstruction/Reconstruction Operation, International Conference on Cleaner Production and Circular Economy 5september 23-25,2024 | Prague, Czech Republic