

## De la douglasaie aux propriétés mécaniques de poutres LVL

FRAYSSINHES Rémy, GIRARDON Stéphane, COLLET Robert, DENAUD Louis

Arts et Métiers, LaBoMaP (EA 3633), Rue Porte de Paris, 71250 Cluny, France  
[Remy.Frayssinhes@ensam.eu](mailto:Remy.Frayssinhes@ensam.eu)

**Mots clefs :** douglas ; déroulage ; modélisation mécanique ; poutres LVL

### Introduction et contexte

Cette étude, a pour but de proposer un modèle capable d'estimer quantitativement et qualitativement le potentiel d'une parcelle de douglas, dont on connaît certaines données sylvicoles, à produire des poutres LVL destinées au marché de la construction. Le modèle développé doit permettre d'intégrer l'effet de la croissance des arbres, et en particulier l'influence de la déviation de l'angle du fil au voisinage des nœuds, sur les propriétés mécaniques de produits constitués de placages déroulés.

### Méthode et modélisation

Nous avons recherché des placettes représentatives de la ressource et d'itinéraires sylvicoles « contrastés » dont la définition, en particulier de la branchaison, permet d'utiliser un modèle de déroulage virtuel. Les équipes de l'ONF et d'INRAE (UMR Silva) nous ont offert la possibilité de travailler sur des données d'arbres de la forêt du Grison (parcelle expérimentale de l'ONF) issue de la base de données « ModelFor » qui remplissaient ces caractéristiques.

*Modélisation de la position et de la taille des nœuds sur les placages ainsi que de leur impact sur l'orientation des fibres*

Un déroulage virtuel et une modélisation de l'orientation des fibres (Frayssinhes et al. 2020) permettent de prédire la cartographie d'orientation locale des fibres des placages.

Les arbres sont tronçonnés virtuellement en billon de longueur 2500 mm (dimension courante d'une dérouleuse industrielle) jusqu'à un diamètre de 200 mm (seuil de rentabilité du procédé de déroulage). Les placages sont ensuite massicotés à une largeur de 1250 mm (Fig. 1).

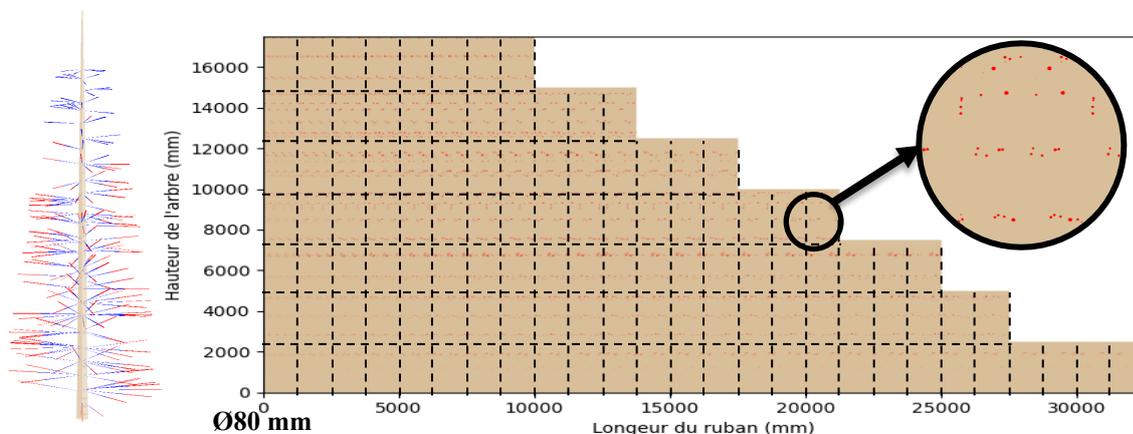


Fig. 1 : Déroulage virtuel d'un arbre modélisé, l'origine à gauche des rubans correspond au diamètre résiduel des noyaux de déroulage (80 mm) ; les cercles rouges, sur le placage, correspondent aux nœuds

### Modélisation de la masse volumique des placages

La masse volumique mesurée sur des rondelles extraites des arbres de la forêt domaniale du Grison, par les équipes de INRAE, a été comparée au modèle de Kimberley et al. (2017) (Fig. 2). Ce modèle semble pertinent et a été appliqué à tous les arbres de la base de données dans leur hauteur afin de déterminer une masse volumique associée aux placages déroulés.

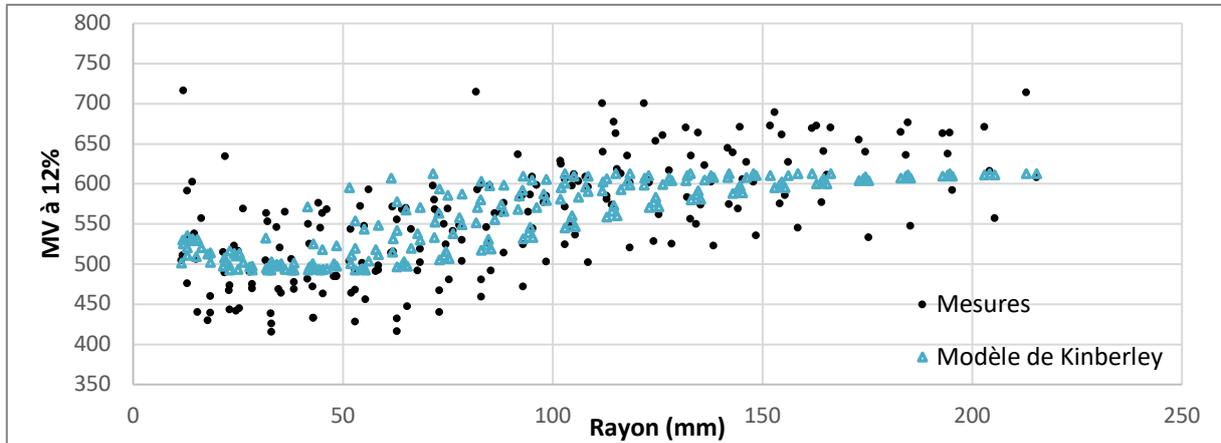


Fig. 2 : Comparaison de la masse volumique des arbres de la forêt domaniale du Grison mesurée sur les premières rondelles et modélisée

### Modélisation des propriétés mécaniques des placages et des poutres LVL

En connaissant la masse volumique et l'orientation des fibres de chaque placage, il est possible de déterminer les propriétés mécaniques suivant le modèle de Viguier et al. (2018). Le module d'élasticité moyen de chaque placage a pu être déterminé suivant sa position dans l'arbre (Fig. 3).

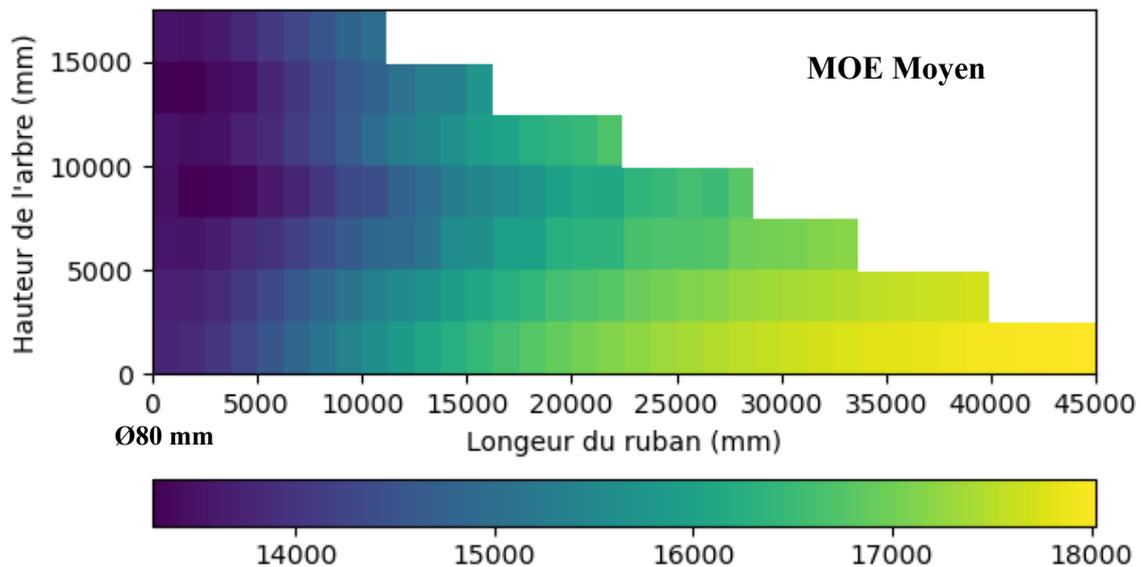


Fig. 3 : Module d'élasticité moyen modélisé pour les placages issus d'un arbre de la forêt du Grisons (MPa). L'origine à gauche des rubans correspond au diamètre résiduel des noyaux de déroulage (80 mm)

Le déroulage virtuel ayant permis de produire des placages d'une dimension de  $3 \times 1250 \times 2500 \text{ mm}^3$ , des panneaux virtuels ont été reconstitués en collant 15 placages pour réaliser un panneau de  $45 \times 1250 \times 2500 \text{ mm}^3$ . Ces panneaux ont ensuite été délégués en 10

poutres de 45x125x2500 mm et un essai de flexion virtuel (suivant la norme EN 408 (voir Fig. 4) a permis de déterminer les propriétés mécaniques de ces poutres.

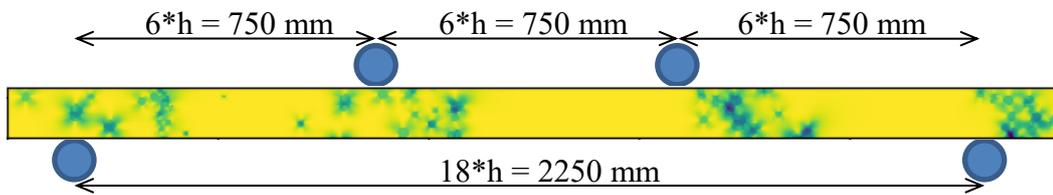


Fig. 4 : Spécification de l'essai de flexion virtuel suivant la norme EN 408

### Résultats et discussion

Le modèle complet a été utilisé afin d'estimer les propriétés mécaniques de poutres LVL de douglas produites à partir d'arbres issus de différents scénarios sylvicoles. Les poutres issues de 15 arbres (5 en sylviculture dynamique, 5 en intermédiaire et 5 en témoin) ont été modélisées. Les résultats (Fig.5) permettent d'apprécier le bénéfice d'un élagage à 20 ans. Des gains de 4% pour le MOE et de 7% pour le MOR sont observés pour les poutres constituées de placages d'aubier. Cependant des gains moins marqués de 1.7% pour le MOE et de 4.8% pour le MOR sont observés pour les poutres constituées de placages de duramen. Ceci semble cohérent du fait que l'élagage supprime les nœuds principalement dans l'aubier. A noter que les poutres constituées de placages d'aubier ont en moyenne des propriétés mécaniques supérieures (+7,58% en MOE et +8,47 MOR) à celles constituées de placages de duramen.

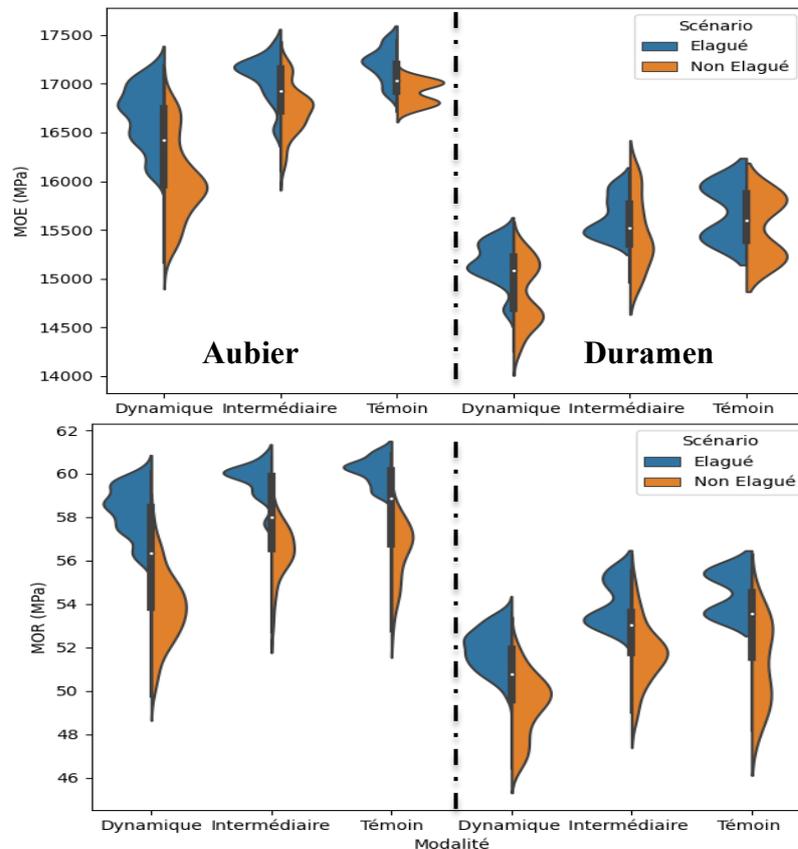


Fig. 5 : Comparaison des propriétés mécaniques entre les poutres LVL constituées d'arbres élagués et les poutres LVL constituées d'arbres non élagués

### **Conclusion et perspective**

Le modèle développé au cours de ces travaux permet d'estimer les propriétés mécaniques de poutres LVL de douglas, à partir de données (géométrie du tronc, branchaison) observables à l'extérieur des arbres issus d'une parcelle.

Ce modèle constitue un outil d'aide à la décision pour la conduite des peuplements forestiers, mais aussi pour les acheteurs qui pourront estimer le potentiel d'une parcelle destinée au déroulage. Dans ce cas il sera nécessaire de modéliser chaque arbre (forme, branchaison...) afin de prédire les qualités mécaniques de poutres LVL ou de panneaux de contreplaqué. L'utilisation du LIDAR, dans un avenir proche, permettra de modéliser la géométrie des tiges et ainsi permettre une estimation du potentiel mécanique de la parcelle scannée.

### **Remerciements**

Les auteurs tiennent à remercier la Région Bourgogne-Franche-Comté et la DRAAF de Bourgogne-Franche-Comté sous l'égide du Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, les principaux financeurs des travaux de thèse dans laquelle s'inscrit cette étude.

Ces travaux n'auraient pu être réalisés sans l'accompagnement des équipes de l'INRAE (UMR Silva), de l'ONF et sans les données du réseau groupe DOUGLAS du GIS Coopérative de données qui nous ont fourni les données de la forêt domaniale du Grison.

### **Références**

Frayssinhes R, Girardon S, Denaud L, Collet R (2020) Modeling the Influence of Knots on Douglas-Fir Veneer Fiber Orientation. *Fibers* 8:54. <https://doi.org/10.3390/fib8090054>

Kimberley MO, McKinley RB, Cown DJ, Moore JR (2017) Modelling the variation in wood density of New Zealand-grown Douglas-fir. *New Zealand Journal of Forestry Science* 47:. <https://doi.org/10.1186/s40490-017-0096-0>

Viguié J, Bourgeay C, Rohumaa A, et al (2018) An innovative method based on grain angle measurement to sort veneer and predict mechanical properties of beech laminated veneer lumber. *Construction and Building Materials* 181:146–155. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.06.050>