

Avis de soutenance de thèse

Compréhension des mécanismes de transferts d'eau dans le bois

Présentée par

Meng ZHOU

Soutenance prévue 09 novembre à 14h00, Amphi Cauchy

Lieu : Ecole des Ponts (Champs-sur-Marne)

Composition du jury :

GRIL Joseph, Directeur de recherche, Institut Pascal -	Rapporteur
MARMOTTANT Philippe, Directeur de recherche, Laboratoire LIPhy, Univ Grenoble Alpes	Rapporteur
ALMEIDA PERRE Giana, Maître de conférences, AgroParisTech -	Examinatrice
BORNERT Michel, ICPEF, Laboratoire Navier -	Examineur
FORTERRE Yoël, Directeur de recherche, Laboratoire IUSTI, Univ Aix-Marseille	Examineur
COUSSOT Philippe, IGPEF, IFSTTAR	Directeur de thèse
CARE Sabine, Directeur de recherche, IFSTTAR	Co-directrice de thèse
COURTIER-MURIAS Denis, Chargé de recherche, IFSTTAR	Co-encadrant de thèse

Résumé :

Le bois possède des propriétés physiques remarquables mais qui dépendent étroitement du taux d'humidité dans le matériau. Du fait de sa structure multi-échelle et des différents états de l'eau dans le bois, les mécanismes de transferts d'eau dans le bois sont encore mal appréhendés. Nous étudions les phénomènes physiques essentiels à l'origine des propriétés d'imbibition et de séchage du bois de feuillu. On montre d'abord par des expériences macroscopiques classiques, que la dynamique d'imbibition d'eau dans le bois est significativement ralentie (plusieurs ordres de grandeur) par rapport aux prédictions du modèle de Washburn utilisant la perméabilité et la mouillabilité du bois mesurées indépendamment. Les distributions d'eau liée et d'eau libre obtenues par IRM au cours de l'imbibition montrent que l'eau liée adsorbée dans les parois cellulaires progresse en fait (par diffusion) plus vite que l'eau libre dans les pores. Il faut attendre que les parois soient saturées en eau liée pour que l'eau libre avance à son tour dans les lumens du bois. L'analyse des images tomographiques aux rayons X suggèrent que le ralentissement de la pénétration d'eau liquide dans le bois est dû à la modification des conditions de mouillage par la teneur en eau liée dans les parois. Les expériences d'imbibition avec un « bois artificiel » à base d'hydrogel confirment cette hypothèse. Finalement, l'étude du séchage du bois par IRM montre également différentes dynamiques de séchage pour l'eau liée et l'eau libre. Le séchage du bois est contrôlé par l'évaporation d'eau libre à partir d'un front sec à des teneurs en eau élevées. L'évaporation d'eau liée ne devient significative qu'à partir de la disparition totale de l'eau libre.

Mots clés : transferts d'eau, bois, milieu poreux, imbibition, séchage, IRM, tomographie aux rayons X

Wood has excellent physical properties which however depend closely on the moisture content in the material. Because of its multi-scale structure and different states of water existing in the material, the mechanisms of water transfers in wood are still poorly understood. The essential phenomena at the origin of imbibition/drying properties of hardwood are studied in this thesis. We first show with classical macroscopic measurements that, water imbibition in wood is significantly damped compared to Washburn's law which predicts the dynamic of capillary imbibition in the porous medium. The bound water and free water distributions obtained by MRI during imbibition show that, the bound water adsorbed in cell walls diffuses more quickly than the free water located in the pores. Free water cannot penetrate in the pores unless the cell walls have been saturated with bound water. The tomographic image analysis reveals that the damped dynamic of liquid water penetration in wood is due to the modification of wetting conditions by bound water content in the cell walls. Imbibition Tests with a hydrogel-

based “artificial wood” confirm our hypothesis. Finally, the observations of wood drying by MRI show also different drying dynamics for bound and free water. At high moisture content, wood drying is controlled by the evaporation of free water from a dry front. Bound water starts to evaporate significantly only after the total disappearance of free water.

Key words: water transfers, wood, porous medium, imbibition, drying, MRI, X-ray tomography