

Vers la mise en place d'abaque d'équilibre hygroscopique des essences des feuillus tropicaux

ASSEKO ELLA Martian¹, MOUTOU PITTI Rostand^{1,2}, GIACOMO Goli³, GRIL Joseph^{1,4}

¹Université Clermont Auvergne, CNRS, Clermont Auvergne INP, Institut Pascal, F-63000
Clermont-Ferrand, France

²CENAREST, IRT, BP 14070, Libreville, Gabon

³University of Florence, DAGRI-Department of Agriculture, Food, Environment and
Forestry, 50145 Firenze, Italia

⁴Université Clermont Auvergne, INRAE, PIAF, F-63000 Clermont Ferrand, France

Mots clefs : Abaques ; Equilibre hygroscopique ; Isotherme de sorption ; Feuillus tropicaux

Contexte et problématique

Les matériaux hygroscopiques comme le bois ont un état hydrique fortement influencé par l'environnement (humidité et température) dans lequel ils évoluent. Il est connu par ailleurs que leurs propriétés mécaniques peuvent fortement varier avec ces conditions climatiques. Leur utilisation en structure nécessite donc une meilleure estimation de l'état hydrique pour une bonne mise en œuvre. C'est dans ce sens que des normes de calculs pour la construction telles que l'Eurocode 5 se sont basées sur des outils tels que des abaques d'équilibres hygroscopiques. Cependant il n'en n'existe qu'un seul abaque à ce jour, conçu pour répondre à une problématique de séchage de bois résineux (Keylwerth et Noack 1964). De ce fait son usage pour les feuillus n'est pas forcément approprié. L'intérêt grandissant pour les feuillus, notamment tropicaux, conduit inévitablement à la réactualisation de l'Eurocode 5 en proposant des études similaires à celles effectuées sur les résineux. C'est ainsi que dans le projet ANR EFEUR5 des abaques d'équilibre hygroscopique ont été proposées pour les feuillus tempérés (Varnier 2019). Une généralisation plus complète des règlements associés à l'Eurocode 5 passe inévitablement par une intégration des feuillus tropicaux en effectuant des études similaires à celles des résineux et feuillus tempérés. L'objectif de ce papier est de présenter une approche qui pourrait être adoptée pour établir des abaques d'équilibre hygroscopique des feuillus tropicaux.

Méthodologie envisagée

Isotherme de sorption et paramètres du modèle de Merakeb

Dans le cadre de ce projet deux possibilités sont envisageables : (i) la première consisterait à partir de la base de données des essences tropicales du CIRAD, en collaboration avec l'UR BioWooEB ; (ii) la deuxième à mesurer des points de l'isotherme de sorption. En se basant sur cet isotherme, on peut considérer le modèle semi empirique de Merakeb (2006) assimilant la pression de vapeur saturante à un potentiel chimique d'une espèce en équilibre dont l'expression dépend de la pression de vapeur. En se basant sur l'équation de Clapeyron, il a proposé une relation reliant la teneur en eau W et l'humidité relative (HR) sous la forme $\ln(W/W_s) = \phi \ln(HR) \cdot \exp(\alpha HR)$ où ϕ représente un paramètre thermodynamique, α une constante de calage dont les valeurs sont différenciées selon le cycle de sorption, W_s la teneur en eau de saturation à 100% d'humidité relative. La Fig. 1 présente les mesures des points des isothermes en adsorption issues de notre base de données (Asseko 2022) pour deux essences tropicales avec les 3 paramètres du modèle de Merakeb (2006) que nous avons déterminés.

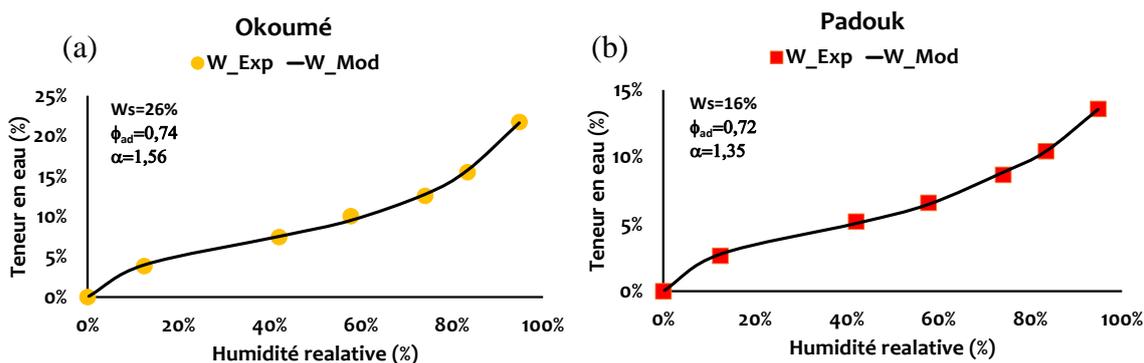


Fig.1 : Isotherme de sorption pour une phase d'humidification (ϕ_{ad} paramètre en adsorption) :
(a) Okoumé ; (b) Padouk.

Proposition d'abaques d'équilibres hygroscopiques

Il est admis aujourd'hui que l'équilibre hygroscopique est conditionné par la température du milieu. Ainsi Perré et May (2001) et Merakeb (2006) ont proposé une première correction touchant particulièrement le taux d'humidité d'équilibre W_s à 100% d'humidité relative, ou point de saturation des fibres (PSF). De même les travaux de Frandsen (2007), basés sur une approche des échanges thermodynamiques avec la température comme catalyseur selon le principe de Le Chatelier, ont permis de donner une forme analytique du PSF en fonction de la température :

$$w_s(T) = \left(w_s^0 + \frac{C_a}{C_e} \right) \cdot \exp\left(-\frac{C_e}{L} \cdot T\right) - \frac{C_a}{C_e}$$

Dans cette expression la température T est exprimée en $^{\circ}\text{C}$, w_s^0 désigne le PSF à 0°C , C_a et C_e représentent respectivement les capacités thermiques massiques du matériau anhydre et de l'eau, L est la chaleur latente de vaporisation de l'eau libre. A partir de là, nous pouvons déterminer la relation $W_s(T)$ pour chacune des essences souhaitées. Cela permet de déterminer les isothermes de sorption de chaque essence pour chaque température. En regroupant l'influence de la température sur la teneur en eau de saturation, il est possible de proposer des abaques d'équilibre pour chaque essence.

Références

- Asseko Ella, M. (2022). Effet de la mécanosorption et de l'hygroviscoélasticité sur la fissuration des feuillus gabonais et résineux européens. Thèse de doctorat. Université Clermont Auvergne.
- Frandsen H.L. (2007) Selected constitutive models for simulating the hygromechanical response of wood. Department of Civil Engineering, Aalborg University.
- Keylwerth R., Noack D. (1964) Bundesforschungsanstalt für Forst-und Holzwirtschaft, Reinbek Institut für Holzphysik und mechanische Holztechnologie. Holz als Roh-und Werkstoff 22, 29–36. <https://doi.org/10.1007/BF02627726>
- Merakeb S. (2006) Couplage hygromécanique dans le processus de diffusion dans le bois. Ph.D. thesis, Université de Limoges
- Perré P., May B.K. (2001) A Numerical drying model that accounts for the coupling between transfers and solid mechanics. Case of highly deformable products. Dry. Technol. 19, 1629–1643.
- Varnier M. (2019) Comportement thermo-hygro-mécanique différé des feuillus : des sciences du bois à l'ingénierie. Ph.D. thesis, Université de Limoges.