

Etude de la durabilité hygromécanique de panneaux isolants sous conditions tropicales par techniques de mesure de champs

MAHAMAT SALEH Atteib¹, DUPRE Jean-Christophe¹, BOSSU Julie²,
DOUMALIN Pascal¹

¹Equipe PEM, Institut PPRIME, UPR 3346, Université de Poitiers-CNRS

²UMR EcoFoG, INRA, CNRS, Cirad, AgroParisTech, Université des Antilles,
Université de Guyane

atteib.mahamat.saleh.cheikhadine@univ-poitiers.fr ; pascal.doumalin@univ-poitiers.fr ;
jean.christophe.dupre@univ-poitiers.fr ; julie.bossu@cnrs.fr

Mots clefs : Panneaux isolants ; fibres ; mesure optique ; comportement hygromécanique ; durabilité

Contexte et objectifs

Ce travail s'inscrit dans le projet de recherche ANR PANTHER²Guyane, visant à développer des bio-isolants pour le bâtiment, adaptés aux conditions extrêmes de la Guyane à partir des ressources bois résiduelles locales. En utilisant le feutrage des fibres de bois tropicaux, l'objectif est de produire des panneaux isolants semi-rigides, peu coûteux et performants thermiquement, mécaniquement, face au feu et aux attaques biologiques. Différentes variétés de bois seront étudiées. Ce travail se concentre sur l'évaluation du comportement hygromécanique des panneaux fibreux dans les conditions tropicales de la Guyane. En effet, il est essentiel de connaître et quantifier les variations géométriques d'un panneau (affaissement sous son propre poids, gonflement...) en conditions d'utilisation, pouvant entraîner une perte de performance d'isolation. Les études seront menées à différentes échelles : à l'échelle microscopique, afin d'établir le lien entre la microstructure et la résistance mécanique, à l'échelle mésoscopique sur des portions de panneaux pour établir le lien entre taux d'humidité et durabilité mécanique, et à l'échelle du panneau en conditions réelles dans des répliques d'habitation. La première étape de ce travail, présentée ici, correspond à l'étude mésoscopique, et plus particulièrement à la présentation du banc de mesure ainsi que des premiers résultats.

Matériels et méthodes

Un dispositif expérimental a été conçu pour étudier le comportement hygromécanique des panneaux en mesurant leurs variations géométriques et de masse liées aux cycles d'humidité et de température. Il est composé d'une enceinte climatique permettant de réguler la température et l'humidité, de balances pour suivre les évolutions des masses des échantillons, de deux caméras et d'un éclairage pour observer la géométrie des échantillons (Fig. 1). Les images enregistrées sont analysées par corrélation d'images afin d'obtenir les champs de déformations à la surface de la tranche. Le contraste naturel des fibres est utilisé comme marqueurs. Ces essais ont été menés en exposant des portions de panneau de 100x100mm² à des variations d'hygrométrie et de température représentatives des conditions rencontrées en Guyane durant une journée, allant de 30 à 95% d'humidité relative et de 25 à 50°C de température. Trois cycles ont été imposés afin de voir l'évolution sur plusieurs jours. 11 modalités de panneaux ont été testées, constituées de différentes fibres de bois tropicaux incorporant ou non des écorces et de pin maritime pour comparaison (Yayamadou avec et sans écorce, Grignon, Simarouba, Bois canon avec et sans écorce, Angélique, Bagasse avec et sans écorce, Maho, Pin). Les déformations globales de la tranche sont obtenues à partir des quatre zones de corrélation

carrées (de dimension 4mm) placés aux coins de la tranche de l'échantillon. Pour les déformations locales, une grille de 60x10 zones de corrélation de même taille ont été prises en compte. Les images sont acquises toutes les 5 minutes.

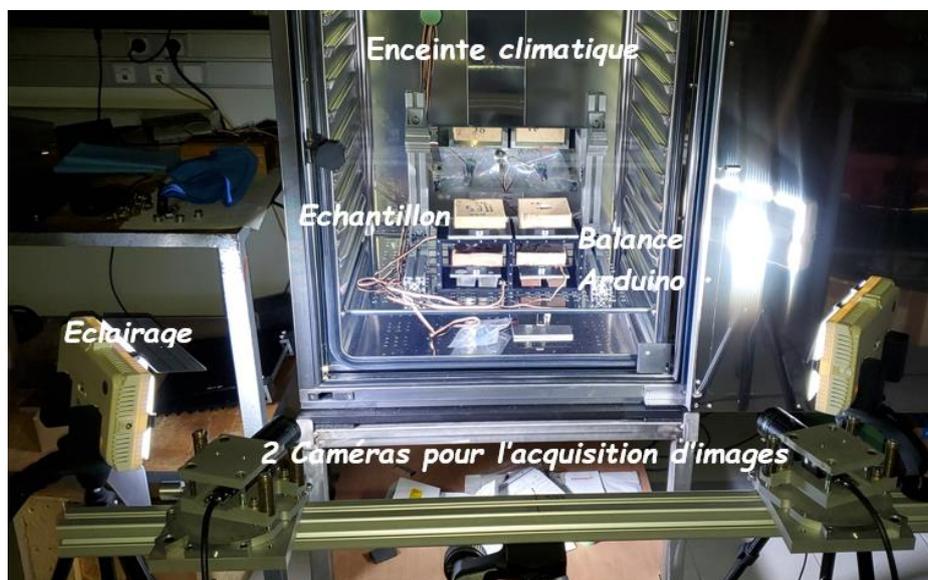


Fig. 1 : Dispositif expérimental

Premiers résultats

Exemple de comportement obtenu avec le Simarouba

Variations de masse

La Fig. 2 présente les résultats des variations de masse pour l'échantillon Simarouba (S5B). Les variations de masse observées suivent les évolutions du cycle hygrothermique : lorsque la température diminue et l'humidité relative augmente, la masse de l'échantillon augmente jusqu'à 2.4g pour le dernier cycle. Lors de l'augmentation de la température et de la baisse de l'humidité relative, on observe un comportement inverse. On peut noter un retard temporel, d'environ une heure, dans l'évolution de la masse par rapport à l'humidité relative et la température due au temps de diffusion de l'humidité dans le matériau ainsi qu'un léger accroissement de la masse de 0.2g durant les trois cycles.

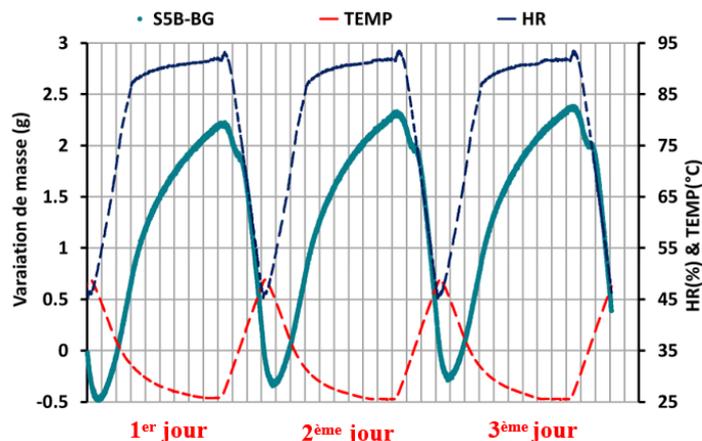


Fig. 2 : Variations de masse (courbe verte) pour l'échantillon Simarouba en fonction de l'humidité relative (courbe bleue) et la température (courbe rouge) pour 3 cycles de 24 heures

Déformations moyenne globale

La Fig. 3 présente l'évolution de la déformation globale verticale pour l'échantillon de Simarouba (S5B). Comme la masse, elle évolue en fonction du cycle hygrothermique : lorsque la température diminue et l'humidité relative augmente, le matériau gonfle avec une déformation verticale de l'ordre de 2.5% au maximum. En revanche, les déformations horizontales et de cisaillement sont négligeables. On observe un léger accroissement de la déformation de 0.1% entre les trois cycles.

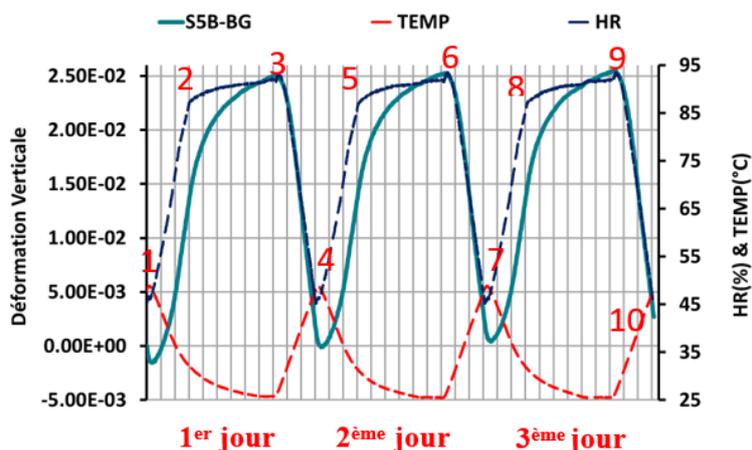


Fig. 3 : Déformation moyenne verticale (courbe verte) pour l'échantillon de Simarouba en fonction de l'humidité relative (courbe bleue) et la température (courbe rouge) pour 3 cycles de 24 heures

Déformations locales

Les déformations locales verticales sont représentées sur la Fig. 4 pour différents états hygrothermiques correspondants aux débuts ou fins de cycles (états 4, 7 et 10 sur la fig. 3), à la fin de la montée d'humidité relative (états 2, 5, 8 sur la fig. 3) et à la fin du palier à 95% (états 3, 6, 9 sur la fig. 3). On observe pour tous les états une hétérogénéité des déformations sur la tranche qui se conserve durant les cycles et entre les cycles. Le gonflement de l'échantillon est alors hétérogène, certainement dû à l'hétérogénéité microstructurale. Seules les valeurs extrêmes évoluent dans un cycle allant de 0.6% à 4%. On peut noter aussi une légère augmentation de ces extremums entre les cycles.

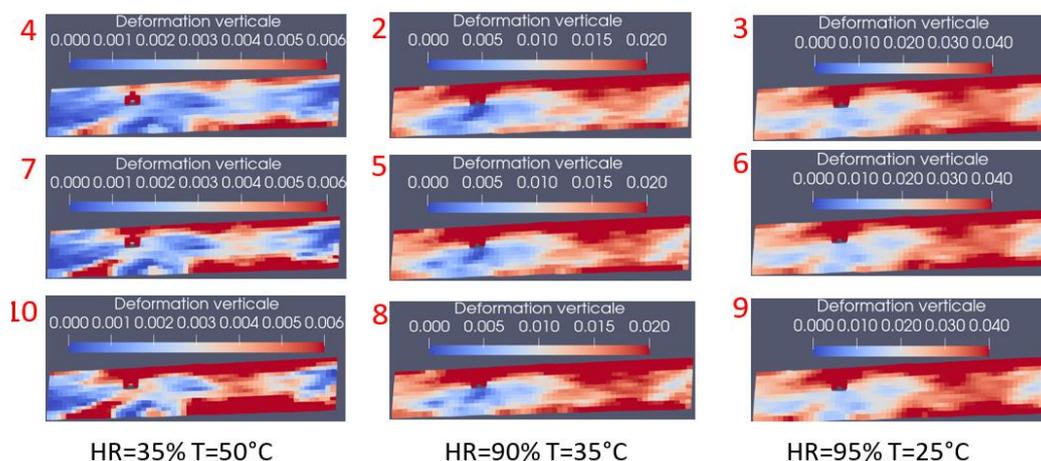


Fig 4 : Déformations locales verticales pour l'échantillon de Simarouba pour différents états hygrothermiques (Fig. 3) et pour 3 cycles de 24 heures

Comparaison des différents échantillons

Pour comparer les différentes modalités entre elles, une analyse associant les déformations globales, les quartiles et médianes calculés sur les champs de déformations locales a été menée

pour l'état hygrothermique correspondant à la température minimale (25°C) et l'humidité relative maximale (95%) (état 9 sur la Fig. 3). Cette analyse a permis de comparer le niveau d'hétérogénéité de déformation des 11 modalités (Fig. 5). Plus la différence entre les quartiles est élevée, plus l'échantillon a un comportement hétérogène. Ces premiers essais montrent que le Simarouba et le Yayamadou sont ceux qui ont un comportement le plus hétérogène à l'inverse du Grignon et de l'Angélique. En comparant les valeurs maximales des variations de masse et de déformations globales (état 9 sur la Fig. 3), on constate Fig. 6 qu'il n'y a pas de corrélation entre ces deux grandeurs pour ces premiers essais.

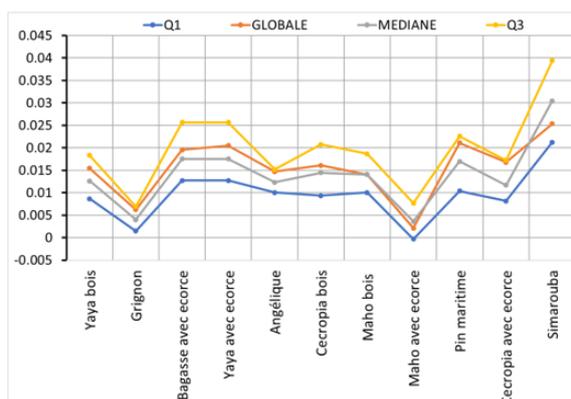


Fig 5 : Analyse statistique des déformations

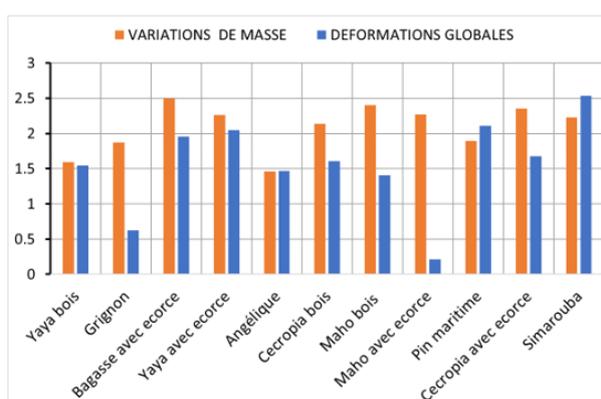


Fig 6 : Comparaison variations de masses/déformations

Conclusions et perspectives

Un banc d'essai a été développé pour analyser le comportement hygromécanique des panneaux isolants à base de fibres de bois tropicaux en recréant des cycles climatiques de 24 heures similaires à ceux rencontrés en Guyane. Les variations de masse et les déformations ont été mesurées au cours du temps et suivent logiquement les variations d'humidité relative et de température. Les valeurs maximales sont atteintes lors des pics d'humidité relative avec une température faible. Les déformations sur la longueur et de cisaillement sont négligeables. Une hétérogénéité des déformations sur les tranches des échantillons a été relevée, de l'ordre de 4%. Aucune corrélation n'a été trouvée entre l'amplitude des variations de masse et celle des déformations. Pour valider ces premiers résultats, de nouveaux essais similaires sont en cours. Par ailleurs, une campagne d'essais pour mesurer les déformations de la surface supérieure des échantillons sera menée pour observer plus globalement le gonflement des échantillons.

Remerciements

Les auteurs remercient l'ANR (Agence nationale de la recherche) pour son soutien financier au projet PANTHER2 n° ANR-22-CE43-0019.