

Influence de vitesse d'air sur la valeur tampon hygrique de matériaux de construction.

Sana KHALED, Florence COLLET, Sylvie PRETOT, Marjorie BART

Université de Rennes1, Laboratoire de Génie Civil et Génie Mécanique, Rennes, France.

RESUME Le transfert d'humidité dans les matériaux poreux joue un rôle essentiel dans la durabilité des constructions, ainsi que dans le confort et la santé des occupants. Une des caractéristiques hygriques en régime dynamique est la valeur tampon hygrique (Moisture Buffer Value : MBV) qui représente la capacité d'un matériau à échanger de l'humidité avec son environnement. Cette valeur est mesurée selon la méthode définie dans le projet NORDTEST qui liste différentes recommandations, dont la vitesse de l'air qui doit être égale $0,10 \pm 0,05$ m/s à proximité des surfaces d'échanges à l'intérieur de la chambre d'essai, ceci correspond à une vitesse d'air représentative d'ambiance intérieure. L'objectif de ce travail est d'étudier l'influence de la vitesse d'air sur la mesure de la valeur MBV et de vérifier si cet effet est identique quelle que soit l'hygroscopicité des matériaux. Dans cette étude, des essais sont réalisés pour trois vitesses d'air sur deux matériaux : le plâtre (GY), classé régulateur d'humidité modéré et le béton de chanvre (TH), classé excellent régulateur d'humidité. Les résultats montrent qu'une vitesse d'air élevée favorise les échanges en surface et conduit à surestimer les valeurs MBV pour les matériaux hygroscopiques.

Mots-clefs comportement hygrique, valeur tampon hygrique, vitesse d'air, plâtre, béton de chanvre

I. INTRODUCTION

La caractérisation hygrique des matériaux de construction est basée sur différentes grandeurs telles que la valeur tampon hygrique (Moisture Buffer Value : MBV). Cette valeur permet d'évaluer la capacité des matériaux à stocker et à libérer l'humidité de l'air ambiant. Sa mesure est définie par différents protocoles dont celui du projet NORDTEST (Rode et al., 2005). Différentes études sur des bétons de chanvre conduisent à des valeurs MBV comprises entre 1,9 et 2,4 g/(m².%HR) (Collet and Pretot, 2012), (Dubois et al., 2012), (Collet et al., 2013), (Lelievre et al., 2014). Toutefois, dans l'étude de (Latif et al., 2015), la valeur MBV du béton de chanvre de masse volumique apparente moyenne égale à 290 kg/m³ est de 3,47 g/(m².%HR). Les différents bétons de chanvre ayant des masses volumiques apparentes et des formulations comparables, l'écart sur la valeur MBV ne semble pas être expliqué par ces paramètres. Il peut être induit par d'autres paramètres tels que le pré-conditionnement, l'épaisseur de l'échantillon et la vitesse d'air. Cet article a pour objectif d'étudier l'effet de la vitesse d'air sur la mesure de la valeur MBV et d'analyser si l'effet est le même pour deux classes de matériaux différentes. Ainsi, l'essai est réalisé pour trois vitesses d'air distinctes :

une vitesse conforme aux recommandations du projet NORDTEST et deux vitesses supérieures, et sur deux matériaux (le plâtre, régulateur d'humidité modéré et le béton de chanvre, excellent régulateur d'humidité).

II. MATERIAUX

Dans cette étude, deux matériaux différents sont choisis : le plâtre (GY), régulateur d'humidité modéré et le béton de chanvre (TH), excellent régulateur d'humidité. Pour chaque matériau, trois échantillons sont considérés. Les échantillons GY cylindriques de 12 cm de diamètre et 5 cm de hauteur sont obtenus par carottage de blocs de plâtre commerciaux. Le béton de chanvre est réalisé avec le liant commercial Thermo® avec les proportions massiques, chanvre/liant = 0,5 et eau/liant = 0,8. Les échantillons TH cylindriques (12 cm de diamètre et 10 cm de hauteur) sont fabriqués par compactage à la presse à 0,1 MPa. Les différents échantillons de GY et TH présentent des masses volumiques apparentes respectives de $1004,4 \pm 0,01$ et $425,4 \pm 0,01$ kg/m³.

III. METHODE EXPERIMENTALE

Le MBV caractérise la capacité d'un matériau à modérer les variations hygriques de l'air ambiant. Cette valeur, exprimée en g/(m².%HR), est une mesure directe de la quantité d'humidité absorbée et libérée par un matériau hygroscopique quand il est exposé à des cycles d'humidité relative pendant une période donnée, et à une température constante de 23°C. La valeur MBV est ainsi calculée selon l'équation suivante :

$$MBV = \frac{\Delta m}{A \cdot (HR_{haut} - HR_{bas})} \quad (1)$$

avec, MBV la valeur tampon hygrique (g/(m².%HR)), Δm la variation de masse (g) pendant les cycles d'absorption/désorption d'humidité, A la surface exposée (m²), $HR_{haut/bas}$: le niveau de l'humidité relative haut et bas.

Les recommandations du NORDTEST (Rode et al., 2005) sont les suivantes : (i) les échantillons doivent être étanchés sur toutes les surfaces sauf une ou deux surfaces d'échange, (ii) la surface d'échange doit être égale à 100 cm² par échantillon et 300 cm² au total, (iii) l'épaisseur de l'échantillon doit être supérieure à la profondeur de pénétration, (iv) les échantillons doivent être stabilisés à 23°C ;50%HR puis soumis à des paliers d'humidité de 8 heures à 75%HR et 16 heures à 33%HR et (v) la vitesse d'air doit être égale à $0,10 \pm 0,05$ m/s. La valeur MBV est la moyenne de trois derniers cycles stables avec un écart sur la variation de masse inférieure à 5%.

Dans cette étude, afin d'avoir un transfert de vapeur unidimensionnel sur la surface ouverte du côté supérieur des échantillons, ceux-ci sont scellés avec du scotch aluminium sur la surface inférieure et la surface latérale. Les épaisseurs des échantillons sont supérieures à la profondeur de pénétration définie à 3,3 cm pour du plâtre dans (Rode et al., 2005) et à 5,8 cm pour du béton de chanvre dans (Collet et al., 2013). Les échantillons de GY et TH sont séchés à l'étuve respectivement à 40°C et 60°C, puis sont stabilisés à 23°C ; 50%HR dans une armoire climatique Vötsch® VC4060 (figure 1). Le point de démarrage de l'essai MBV se situe donc sur la branche primaire d'adsorption. Une série de paliers d'humidité (8 heures à 75 % HR et 16 heures à 33 % HR ; 23°C) est ensuite appliquée. Un capteur Sensirion SHT75 est utilisé pour mesurer la température et l'humidité dans l'armoire climatique au cours de l'essai. Pendant l'essai, les échantillons sont pesés régulièrement : cinq fois pendant la phase d'absorption et deux fois pendant la phase de désorption. Les pesées sont réalisées avec une balance située à l'extérieur de la chambre, avec une précision de 0,001 g.

L'objectif étant de tester l'influence de la vitesse de l'air sur les résultats MBV, l'essai est réalisé pour trois vitesses d'air. La première vitesse cible les recommandations du protocole NORDTEST à $0,10 \pm 0,05$ m/s. Elle est atteinte en installant de grilles permettant de limiter et d'homogénéiser la vitesse de l'air dans l'enceinte climatique (figure 1). Pour atteindre des vitesses plus élevées, des ventilateurs sont utilisés (figure 1). La distribution de la vitesse d'air est alors moins uniforme. La vitesse de l'air est mesurée à 1 cm de la surface d'échange de l'échantillon à l'aide d'un anémomètre à boule chaude TSI 8475 connecté à un boîtier d'acquisition Multilogger M1300. Les essais sont effectués successivement pour les trois vitesses d'air avec deux cycles sans pesées intermédiaires entre chaque changement de vitesse.

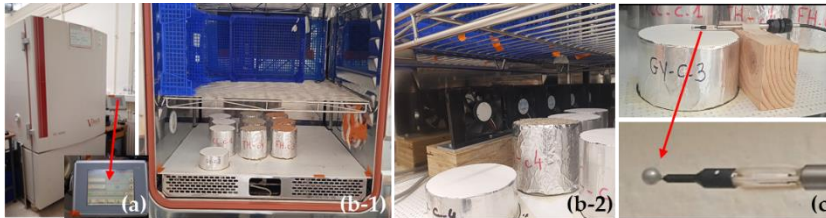


FIGURE 1. Mesure des valeurs MBV du GY et TH : a) armoire climatique, b) maîtrise de la vitesse d'air : b-1) faible vitesse (0,1m/s), b-2) vitesses plus élevées, c) anémomètre à boule chaude

IV. RESULTATS ET DISCUSSIONS

L'humidité relative (%) et la température (°C) de la chambre climatique durant les essais sont indiquées sur la figure 2. Pour chaque vitesse d'air, la valeur moyenne d'HR est inférieure à 75 % pendant l'absorption (environ 69%) et inférieure à 33% pendant la désorption (environ 28%) car la porte de l'armoire climatique est régulièrement ouverte pour peser les échantillons. De même, la température moyenne est de 21,85°C. Cette figure montre également les cycles d'absorption et de désorption d'humidité durant les essais pour différentes vitesses d'air. La valeur moyenne de MBV (en adsorption, en désorption) calculée sur les cycles 3 à 5 pour les deux matériaux est présentée sur la figure 3 en fonction des vitesses d'air, ainsi que la classification du NORDTEST.

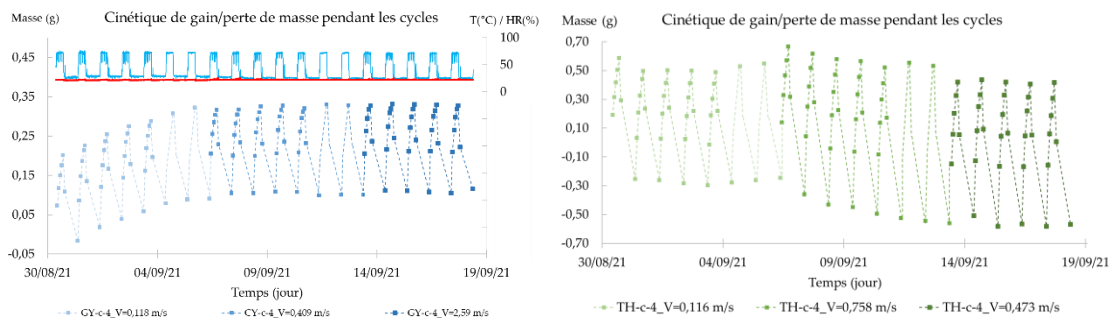


FIGURE 2. Masse d'un échantillon de GY (à gauche) et TH (à droite) à différentes vitesses d'air, humidité relative et température dans l'armoire climatique pendant l'essai.

Pour la première vitesse d'air, les vitesses mesurées sont de $0,103 \pm 0,02$ m/s pour le matériau GY et $0,106 \pm 0,011$ m/s pour le matériau TH. La valeur $MBV_{moyenne}$ de GY est de $0,53 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \%HR)$, ce qui le classe régulateur d'humidité modéré selon la classification du projet NORDTEST. Cette valeur est comparable à celles trouvées dans la littérature par (Rode et al., 2005), (Ramos et al., 2010). Le matériau TH est classé comme excellent régulateur d'humidité avec une valeur $MBV_{moyenne}$ de $2,19 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \%HR)$. Cette valeur est conforme à celles trouvées dans la littérature par (Collet and Pretot, 2012), (Dubois et al., 2012), (Collet et al., 2013), (Lelievre et al., 2014).

La cinétique de gain/perte de masse de GY est similaire quelle que soit la vitesse d'air, la valeur MBV de GY reste la même indépendamment de la vitesse de l'air. Pour TH, la cinétique de gain/perte de masse augmente de manière significative avec la vitesse d'air. Entre 0,1m/s et 1m/s, la valeur MBV est quasiment doublée. Ainsi, une augmentation de la vitesse d'air favorise les échanges en surface et augmente le gain/la perte de masse de l'échantillon, conduisant à une surestimation de la valeur MBV.

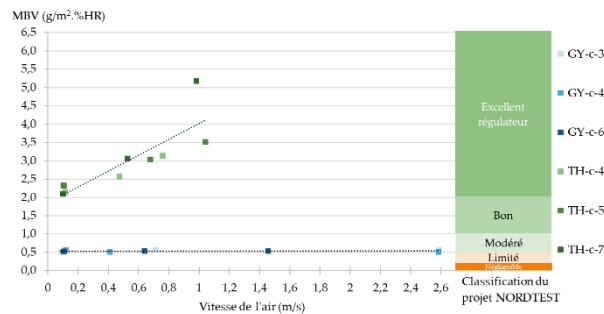


FIGURE 3. MBV ($\text{g}/\text{m}^2.\% \text{HR}$) pour chaque formulation en fonction de vitesses d'air mesurées, et classification du projet NORDTEST (Rode et al., 2005).

V. CONCLUSION

L'étude de l'effet de la vitesse d'air lors de la mesure de la valeur MBV montre que pour des matériaux ayant de faibles capacités de régulation hygrique, la vitesse d'air n'influe pas les résultats alors que pour des matériaux classés excellents régulateurs hygriques, l'effet est important. En effet, ceux-ci échangeant plus, ils sont plus sensibles aux effets de vitesse d'air. Pour que la valeur MBV soit représentative des matériaux, il est important de contrôler la vitesse d'air au voisinage des matériaux et de s'assurer qu'elle est de 0,1m/s.

REFERENCES

- Collet, F., Chamoin, J., Pretot, S., Lanos, C., 2013. Comparison of the hygric behaviour of three hemp concretes. *Energy and Buildings* 62, 294–303. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.03.010>
- Collet, F., Pretot, S., 2012. Experimental investigation of moisture buffering capacity of sprayed hemp concrete. *Construction and Building Materials* 36, 58–65. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.04.139>
- Dubois, S., Evrard, A., Lebeau, F., 2012. Hygrothermal modelling of Lime-Hemp concrete used as building material and indoor climate buffering characterization, in: *International Conference of Agricultural Engineering*. Presented at the International Conference of Agricultural Engineering, Valence, Espagne.
- Latif, E., Ciupala, M.A., Wijeyesekera, D.C., 2015. Experimental and numerical study of application of hemp in building envelopes with special reference to its hygrothermal properties 10.
- Lelievre, D., Colinart, T., Glouannec, P., 2014. Hygrothermal behavior of bio-based building materials including hysteresis effects: Experimental and numerical analyses. *Energy and Buildings* 84, 617–627. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.09.013>
- Ramos, N.M.M., Delgado, J.M.P.Q., de Freitas, V.P., 2010. Influence of finishing coatings on hygroscopic moisture buffering in building elements. *Construction and Building Materials* 24, 2590–2597. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2010.05.017>
- Rode, C., Peuhkuri, R.H., Mortensen, L.H., Hansen, K.K., Time, B., Gustavsen, A., Ojanen, T., Ahonen, J., Svennberg, K., Arfvidsson, J., 2005. Moisture buffering of building materials - BYG-DTU R-126.