
Performance hydrique de bétons de chanvre : effet de l'enduit sur leur capacité de régulateurs hydriques

Florence COLLET¹, Sylvie PRETOT², Christophe LANOS³

¹ Université européenne de Bretagne, Laboratoire de Génie Civil et Génie Mécanique, IUT Génie Civil, 3, rue du Clos Courtel BP90422 35704 Rennes Cedex 7 - florence.collet@univ-rennes1.fr

² sylvie.pretot@univ-rennes1.fr

³ christophe.lanos@univ-rennes1.fr

RÉSUMÉ. Cette étude traite de la caractérisation dynamique du comportement hydrique de béton de chanvre moulé. Dans un premier temps, l'étude est réalisée sur le matériau seul, puis sur le matériau enduit. Deux types d'enduit sont considérés : sable-chaux et chanvre-chaux. Les essais sont réalisés selon la méthode définie dans le Nordtest project. Les résultats montrent que le béton de chanvre moulé est un très bon régulateur hydrique ($MBV=1,94 \text{ g/(m}^2 \cdot \%HR)$). Une fois enduit, le béton de chanvre moulé reste bon régulateur hydrique avec un enduit fermé et très bon régulateur hydrique avec un enduit ouvert.

ABSTRACT. This study deals with dynamic characterization of hydric behaviour of moulded hemp concrete. In a first step, the study is held on the material itself. Then, the study considers systems made of coated moulded hemp concrete for two kinds of coating : sand-lime and hemp-lime. Results show that moulded hemp concrete has a very good moisture buffer capacity ($MBV=1.94 \text{ g/(m}^2 \cdot \%RH)$). Once coated, hemp concrete remains good hydric regulator (for concentrated coating) and very good hydric regulator (with open coating).

MOTS-CLÉS : matériau bio-sourcé, comportement hygrothermique, valeur tampon hydrique, enduit

KEYWORDS: bio-based material, hygrothermal behaviour, moisture buffer value, coating.

1. Introduction

A l'issue du Grenelle de l'environnement, l'un des objectifs est d'atteindre 10% de matériaux bio-sourcés dans le bâtiment, hors bois d'œuvre, d'ici à 2020. Le béton de chanvre peut contribuer à atteindre cet objectif : c'est un matériau composé de chènevottes et, en général, d'un liant à base de chaux. Il est utilisé pour l'enveloppe de bâtiment en tant que matériau de remplissage. Pour une même utilisation (mur), différentes formulations peuvent être rencontrées en lien avec le mode de mise en œuvre (moulé, banché, projeté). De plus, le béton de chanvre est systématiquement enduit côté extérieur du mur et peut, ou non, être enduit côté intérieur. Plusieurs types d'enduit sont compatibles avec le béton de chanvre comme les enduits chaux-sable, chaux-chanvre ou terre-sable.

D'autre part, le comportement hygrothermique des enveloppes de bâtiments doit permettre également de limiter les besoins énergétiques de ceux-ci tout en assurant un niveau de confort satisfaisant. Ce comportement est lié aux caractéristiques hydriques et thermiques des matériaux mis en œuvre. La caractérisation hydrique peut reposer sur l'exploitation de mesures en régime permanent : les isothermes de sorption et la perméabilité à la vapeur, ou sur des mesures en régime dynamique (telles que la mesure de la valeur tampon hydrique MBV - moisture buffer value).

Cette étude s'intéresse à la qualité de régulateur hydrique du béton de chanvre et à l'impact de l'enduit sur cette qualité. La valeur tampon hydrique est mesurée via des essais réalisés en régime dynamique sur des blocs préfabriqués par moulage de béton de chanvre puis sur les mêmes échantillons enduits. Deux types d'enduits sont alors considérés : un enduit sable-chaux et un enduit chanvre-chaux.

2. Méthode et matériaux

2.1. Méthode de caractérisation

La valeur tampon hydrique caractérise la capacité d'un matériau, ou d'un composant multi-couches, à modérer les variations d'humidité relative de l'air avoisinant. La définition de la valeur tampon hydrique d'un matériau (Moisture Buffer Value : MBV), ainsi qu'un protocole d'essai associé ont été proposés à l'issue du NORDTEST project [ROD 05]. Ainsi, la valeur tampon hydrique est définie par :

$$MBV = \frac{\Delta m}{A.(HR_{haute} - HR_{basse})} \quad [1]$$

Δm : variation de masse au cours de la phase d'absorption / de désorption (g)

A : Surface d'échange (m²)

HR_{haute} / HR_{basse} : humidités relatives haute et basse au cours du cycle (%)

Le principe du protocole d'essai associé est de soumettre les échantillons à des cycles d'humidités relatives journaliers afin d'être représentatifs des cycles rencontrés dans les bâtiments. Plusieurs couples d'humidité relative peuvent être considérés, le couple de référence étant 75 % HR /33 % HR avec une durée d'exposition de 8 heures en absorption et de 16 heures en désorption. Le suivi massique des échantillons permet alors de déterminer la valeur tampon hydrique des matériaux. Ce protocole a été testé lors d'un round robin test impliquant plusieurs laboratoires européens, sur différents matériaux de génie civil : béton, briques, béton cellulaire, plâtre, bois... Une classification des matériaux a alors été proposée (figure 1).

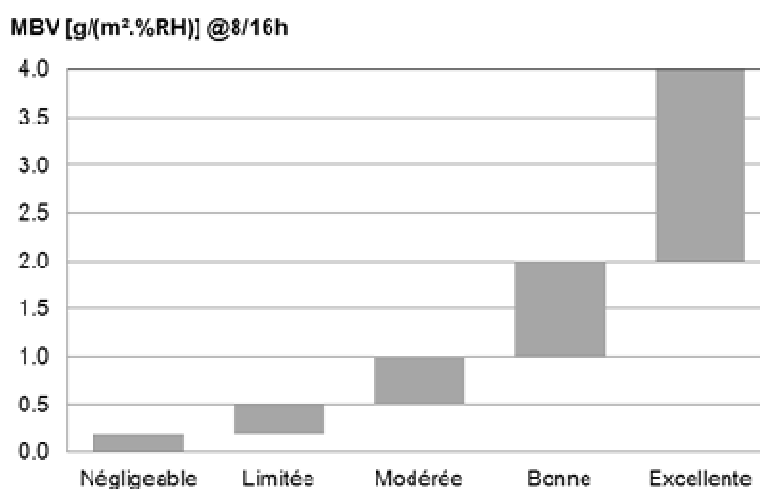


Figure 1. Classification des valeurs tampon hydrique (MBV) selon le Nordtest Project.

Le banc d'essai utilisé est constitué d'une armoire climatique Vötsch VC4060 au sein de laquelle la température peut être réglée entre 10 et 95 °C et l'humidité relative entre 10 et 98%. Les essais sont réalisés à 23°C. La consigne est changée manuellement au cours de l'essai selon le schéma 8/16 heures à 75/33 % HR. L'ambiance est enregistrée en continu avec des sondes sensirion SHT 75. La vitesse d'air est mesurée au voisinage des échantillons : les composantes verticales sont de 0,07 à 0,14 m/s alors que les composantes horizontales sont de 0,1 à 0,4 m/s.

Les échantillons sont préalablement stabilisés à 23°C, 50%. Le suivi massique des échantillons s'appuie sur 5 pesées durant les phases d'absorption et 8 pesées durant les phases de désorption. Les cycles sont répétés jusqu'à ce que l'écart entre les variations de masse mesurées pour les cycles soit inférieur à 5% sur les trois derniers cycles.

2.2. Matériaux et échantillons

L'étude est réalisée dans un premier temps sur du béton de chanvre moulé puis sur le même béton de chanvre enduit.

Le béton de chanvre est réalisé par moulage de blocs préfabriqués selon un process industriel. Sa composition est de 415 kg de chaux vive, 158 kg de chaux hydraulique et 3400 l de chanvre. Un mélangeur bi-vis contrarotatives assure le malaxage de la pâte de chaux avec les chènevottes. Le remplissage des moules est amélioré par l'utilisation d'une table vibrante. Une fois démoulés, les blocs sont séchés à l'air libre. Pour cette étude, des blocs de 30*30*16 cm³ ont été réalisés selon le process de l'industriel partenaire. Le séchage des blocs, réalisé dans une ambiance contrôlée à 23°C et 50%, a été suivi par pesées. Des échantillons représentatifs de ces blocs ont alors été extraits pour effectuer les mesures de valeur tampon hydrique. Six échantillons sont testés. La surface d'échange de chaque échantillon est de 15×15 cm² conduisant à une surface totale d'essai supérieure à celle préconisée dans le Nordtest project (300 cm²). L'épaisseur des échantillons est de 7 à 8 cm afin d'être supérieure à la profondeur de pénétration estimée. La masse volumique moyenne des échantillons à 23°C, 50%HR est de 478 kg.m⁻³.

Après détermination de la valeur tampon hydrique du béton de chanvre, les échantillons sont enduits avec des enduits compatibles avec le béton de chanvre. Trois échantillons sont réalisés avec un enduit sable-chaux, les trois autres avec un enduit chanvre-chaux. L'enduit sable-chaux présente un ratio massique sable/chaux de 1,17 et un ratio eau/chaux de 0,10. L'enduit chanvre-chaux présente un ratio massique chanvre/chaux de 0,11 et un ratio eau/chaux de 0,51. L'enduit est préparé au malaxeur. Les échantillons de béton de chanvre sont humidifiés afin d'assurer une bonne accroche de l'enduit. Celui-ci est ensuite appliqué à l'aide d'une taloche et d'un dispositif permettant d'assurer une épaisseur constante (1 cm) (figure 2). Les échantillons enduits sont stabilisés à 23°C, 50%HR avant de réaliser la mesure de la valeur MBV.



Figure 2. Mise en œuvre des enduits.

3. Résultats

3.1. Maîtrise de l'ambiance

Au cours de l'essai, la valeur moyenne d'humidité relative est légèrement inférieure à 75 % durant les phases d'absorption (environ 71,6 % pour le béton de chanvre nu et 72,6 % pour le béton de chanvre enduit) et légèrement supérieure à 33 % durant les phases de désorption (respectivement 33,7% et 34,7 %). Ceci est dû à l'ouverture régulière de la porte lors des pesées. D'autre part, lors des changements de consignes, le passage de 33 à 75% s'effectue en environ trente minutes, alors qu'il faut presque une heure pour passer de 75 à 33%. Selon la méthode du Nordtest project, le changement de consigne devrait idéalement s'opérer en moins de trente minutes, néanmoins Roels et Janssen [ROE 05] ont montré que la durée de montée/descente en humidité relative avait un effet limité sur la valeur de capacité tampon hydrique (inférieur à 5%) même lorsque cette durée atteignait une heure et demie.

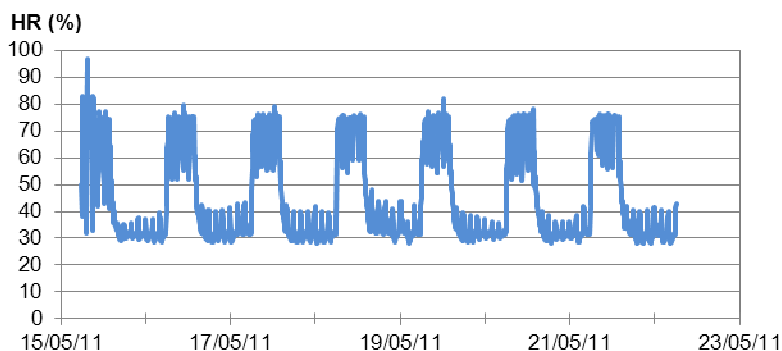


Figure 3. Ambiance lors de l'essai sur béton de chanvre seul.

3.2. Valeur tampon hydrique du béton de chanvre

Les échantillons de béton de chanvre étudiés, initialement stabilisés à 23°C 50% RH, sont d'abord soumis à une phase d'absorption. L'écart entre les variations de masse au cours des cycles devient inférieur à 5% entre les cycles 2 et 3 (Figure 4). Il n'apparaît pas de différence notable entre le comportement des différents échantillons. Pour chaque échantillon, la valeur tampon hydrique est calculée en absorption, en désorption et en moyenne au cours des cycles (Figure 5).

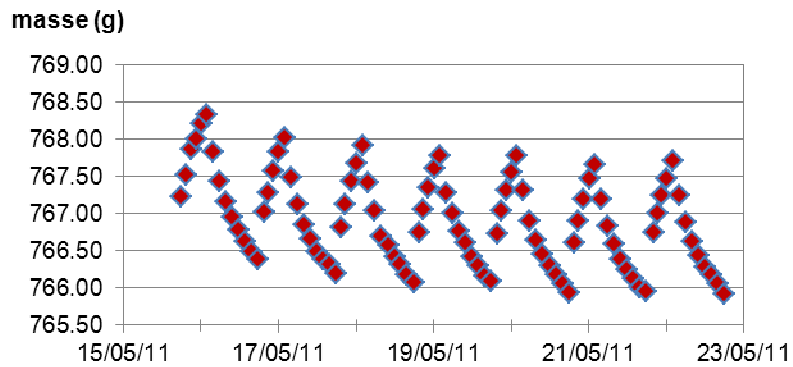


Figure 4. Cinétique de prise/perte de masse d'un échantillon de béton de chanvre (EASY-R 47.8)

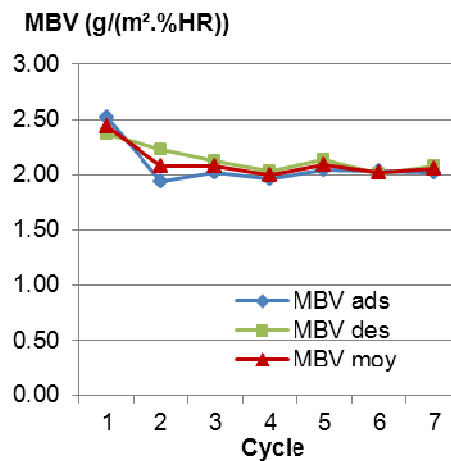


Figure 5. Evolution des valeurs tampon hydrique MBV au cours des cycles (EASY-R 47.8)

Tableau 1. Valeur tampon hydrique moyenne sur les cycles 2 à 7 du béton de chanvre non enduit

Echantillon	47.1	47.6	47.7	47.8	49.7	49.8	Moyenne	Ecart type
MBV _{moy ads}	1.89	1.84	1.99	2.01	1.91	1.72	1.89	0.10
MBV _{moy des}	2.00	1.94	2.09	2.11	2.02	1.81	2.00	0.10
MBV _{moy}	1.95	1.89	2.04	2.06	1.96	1.77	1.94	0.10

Les valeurs de MBV obtenues en désorption sont systématiquement légèrement supérieures à celles obtenues en absorption (figure 5, tableau 1) et se traduisent en pratique par une tendance décroissante de la courbe de prise/perte de masse avant stabilisation (Figure 4). A terme, les prises et pertes de masse sont identiques au cours de cycles successifs et se traduisent par des valeurs de MBV identiques en adsorption et en désorption convergeant vers la valeur moyenne obtenue lors des cycles stables.

Pour chaque échantillon, la valeur tampon hydrique moyenne (MBV) est obtenue à partir des valeurs issues de l'ensemble des cycles stables (tableau 1). Les résultats obtenus pour les différents échantillons ne présentent pas d'écarts significatifs à l'exception de l'échantillon 49.8 qui révèle des performances un peu moindres que les autres échantillons. Extrait du même bloc que l'échantillon 49.7, de masse volumique comparable à l'échantillon 47.8 (473 kg/m^3), sa porosité ouverte en surface semble inférieure à celle des autres échantillons (figure 6).



Figure 6. Etat de surface des échantillons EASY-R 47.8 (gauche) et 49.8 (droite)

Finalement, une valeur moyenne de MBV est obtenue pour l'ensemble des échantillons (tableau 1). Ainsi, pour le béton de chanvre moulé, le MBV déterminé dans cette étude est de $1.94 \text{ g/m}^2\%RH$ à $8/16h$ $33/75\% RH$ ce qui le place dans la catégorie des bons, presque excellent, régulateurs hydriques selon la classification du Nordtest Project (figure 1). Cette valeur est légèrement inférieure à celle obtenue pour du béton de chanvre projeté ayant une composition différente ($2,15 \text{ g/(m}^2\%HR)$) [COL 12]. Par comparaison avec les valeurs de MBV données dans le Nordtest project, le béton de chanvre est meilleur régulateur hydrique que le béton cellulaire ($MBV = 1,04 \text{ g/(m}^2\%HR)$), le plâtre ($MBV = 0,64 \text{ g/(m}^2\%HR)$) ou le béton ($MBV = 0,38 \text{ g/(m}^2\%HR)$).

3.3. Valeur tampon hydrique du béton de chanvre enduit

Les échantillons de béton de chanvre enduits, initialement stabilisés à $23^\circ C$ $50\% RH$, sont d'abord soumis à une phase d'absorption. L'écart entre les variations de masse au cours des cycles devient inférieur à 5% entre les cycles 3 et 4. Pour chaque échantillon, la valeur tampon hydrique est calculée en absorption, en désorption au cours des cycles et la valeur moyenne est présentée dans le tableau 2.

Tableau 2. Valeur tampon hydrique moyenne sur les cycles 3 à 7 du béton de chanvre avec enduit

Echantillon	47.1	47.6	47.7	Moy.	Ec. Type	47.8	49.7	49.8	Moy.	Ec. Type
Enduit	Sable-chaux					Chanvre-chaux				
MBV _{moy}	1.01	0.98	1.02	1	0.02	1.76	1.88	1.74	1.79	0.08

Les valeurs MBV mesurées avec enduit présentent une très bonne homogénéité entre les différents échantillons ayant le même enduit. De façon générale, le béton de chanvre enduit présente une valeur MBV inférieure à celle du béton de chanvre seul.

L'enduit sable-chaux réduit fortement cette valeur : avec 1 cm d'enduit, la valeur MBV est de 1 g/m².%HR, soit 49 % inférieure à celle du béton de chanvre nu. Dans ce cas, la valeur MBV du béton de chanvre enduit est classée à la limite entre les catégories « modérée » et « bonne » selon la classification du Nordtest project.

L'effet de l'enduit chanvre-chaux est moins marqué : avec 1 cm d'enduit, la valeur MBV est de 1,79 g/m².%HR, soit 8 % inférieure à celle du béton de chanvre nu. Dans ce cas, la valeur MBV du béton de chanvre enduit est classée « bonne » selon la classification du Nordtest project.

Fort logiquement, plus l'enduit présente une porosité fermée, plus son effet sur la réduction de la valeur MBV est marqué.

3.4. Synthèse

La figure 7 présente les valeurs MBV de matériaux usuels et du béton de chanvre nu et enduit. Le béton de chanvre est largement meilleur régulateur hydrique que les matériaux usuels. Une fois couvert avec un enduit chanvre-chaux, il reste bon régulateur hydrique. Une fois couvert avec un enduit sable-chaux, les performances restent comparables à celle d'un béton cellulaire et supérieures à celles d'un plâtre ou du béton.

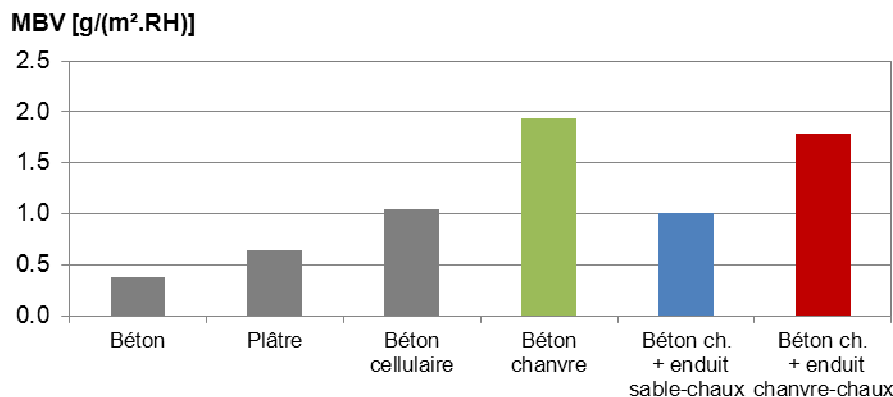


Figure 7. Valeur tampon hydrique (MBV) de matériaux usuels et du béton de chanvre moulé nu et enduit.

4. Conclusion

La valeur tampon hydrique mesurée sur le béton de chanvre moulé, selon la méthode du Nordtest project, montre que ce matériau est un très bon régulateur hydrique. Cette caractéristique est plus ou moins réduite selon le type d'enduit utilisé. Pour un enduit fermé de type sable-chaux d'un centimètre d'épaisseur, la valeur tampon hydrique est divisée par deux. Pour un enduit plus ouvert de type chanvre-chaux, cette valeur est moins affectée. On observe alors une réduction de 8% seulement. Le choix de la nature de l'enduit et son épaisseur peuvent donc rapidement constituer des facteurs clés influençant la capacité hydrique d'une paroi et conditionnant directement le confort ressenti par l'utilisateur.

Pour caractériser le comportement hydrique des matériaux et des composants multi-couches en régime dynamique, la méthode MBV s'avère très pertinente. En outre, les cinétiques mesurées peuvent permettre de valider des modèles numériques prenant en compte les spécificités de comportement thermo hydrique du béton de chanvre.

5. Bibliographie

[COL 12] COLLET F.(*), PRETOT S., Experimental investigation of moisture buffering capacity of sprayed hemp concrete., *Construction and Building Materials*, 36, pp 58-65, 2012.

[ROD 05] Rode C., Moisture buffering of Building Materials, Report BYG•DTU R-126, ISSN 1601 – 2917, ISBN 87-7877-195, 2005.

[ROE 05] Roels S. and Janssen H., ,Is the moisture buffer value a reliable material property to characterize the hygric buffering capacities of building materials? *Working paper A41-T2-B-05-7 for IEA Annex 41 project, Whole Building Heat, Air and Moisture Response*, Trondheim,2005.