



Caractérisation d'un matériau de construction à base de fibres de Diss à matrice argileuse – Propriétés physico-mécaniques et thermiques

Salah FERTIKH¹, Abdenour DJERADA², Amar BENZAOUK^{2*}, Mouloud MERZOUZ¹,
Thierry LANGLET², Hassen BEJI²

¹ Laboratoire de Génie Civil, Université Badji Mokhtar Annaba BP 12, Annaba 23000 Algérie

² Laboratoire des Technologies Innovantes (EA 3899) - MEE / Université de Picardie Jules Verne,
IUT / département Génie Civil, Avenue des Facultés, 80025 - Amiens Cedex 01 – France

*redfertikh@yahoo.fr ; amar.benazzouk@u-picardie.fr ; merzoud_mouloud@yahoo.fr ;
thierry.langlet@u-picardie.fr ; hassen.beji@u-picardie.fr*

Résumé : Dans un contexte particulièrement soucieux de l'impact environnemental et économique, l'usage des matériaux composites concerne de plus en plus le secteur de la construction. En effet, les matériaux de construction, dont le renfort est constitué de fibres végétales, font l'objet d'un intérêt croissant dont la principale motivation est le gain de poids, allié à des caractéristiques mécaniques et thermiques élevées.

Cette étude est basée sur une approche globale des propriétés physico-mécaniques et thermiques d'un matériau argileux, renforcé par les fibres de diss. Il s'agit d'évaluer les performances de ce matériau en fonction de la formulation, pour un ratio volumique (Fibres de diss/Argile) de 0, 1, 2, 3 et 4. L'étude des propriétés mécaniques a mis en évidence une baisse de performances aussi bien en compression qu'en flexion, comparativement au matériau de référence, sans ajout de fibres (argile naturelle). On note que la baisse de la résistance en compression, en fonction du ratio volumique Argile/Fibres de diss, est nettement inférieure à celle en flexion. Cette différence serait liée à un effet de pontage, crée par les fibres, permettant de limiter la progression des fissures lors du chargement. Ce phénomène confère au matériau un comportement ductilité. L'examen de la conductivité thermique des matériaux, aux états sec et humide, a montré que l'augmentation du ratio volumique Argile/Fibres de diss, conduit à une diminution de la conductivité thermique. La présence des fibres de diss réduit considérablement la différence des performances thermiques entre l'état sec et celui humide.

Mots clés : Fibres Végétales de Diss, Valorisation, Matrice Argileuse, Compactage, Propriétés Physico-Mécaniques, Ductilité, Conductivité Thermique.

1. Introduction

Durant ces dernières années, le secteur du bâtiment a été marqué par une prise de conscience généralisée concernant la nécessité de limiter les impacts des matériaux utilisés sur l'environnement. Pour atteindre cet objectif, il faudrait tenir compte des contraintes, aussi bien économiques qu'environnementales, qui incitent à l'intégration du concept "développement durable" dans le choix des matériaux. Dans ce cadre, le secteur du bâtiment doit donc œuvrer à une conversion de ses pratiques constructives pour proposer des matériaux innovants qui répondent aux nouvelles exigences des utilisateurs et des législations en termes d'impact environnemental et sanitaire, et de confort. Dans ce contexte, les matériaux de construction, dont le renfort est constitué de fibres végétales, font actuellement l'objet d'un intérêt croissant dont la principale motivation est le gain de poids, allié à des caractéristiques mécaniques élevées. De part leur capacité à se substituer aux fibres synthétiques, les fibres végétales sont biodégradables, renouvelables et présentent des caractéristiques mécaniques très intéressantes. De par leur intérêt sur le plan développement durable, ces fibres sont susceptibles d'apporter des avantages supplémentaires tels que l'augmentation des résistances en traction, la limitation de la fissuration au jeune âge et enfin l'amélioration de la ductilité des matériaux. Outre

l'amélioration, à court terme, des propriétés mécaniques, l'incorporation de fibres végétales dans une matrice minérale (milieu alcalin) donne lieu à divers problèmes liés à la faible réactivité du liant cimentaire. Dans cet objectif, des composites à base de déchets lignocellulosiques ont fait l'objet de plusieurs travaux de recherche [1-4].

Le diss (*Ampelodesmos Mauritanicus*, famille des poacées) est une herbe très répandue dans l'Afrique du Nord et les régions sèches de la Grèce à l'Espagne. De nature très fibreuse, le diss renferme un pourcentage élevé de silice à l'état amorphe, qui lui confère une grande résistance à la traction. Toutefois, peu de travaux ont été réalisés sur l'utilisation de ces fibres dans les matériaux de construction, malgré leur abondance, et leur nature fibreuse qui les rend susceptibles d'offrir aux matériaux des performances mécaniques intéressantes. Les travaux sur les composites à base de fibres de diss ont montré que celles-ci doivent subir un traitement thermique pour éliminer les sucres et les composants hydrosolubles qui retardent la prise et le durcissement du matériau [5]. En effet, les problèmes souvent rencontrés dans l'élaboration de ce type de composites, sont essentiellement liés à la faible réactivité du ciment. La présence de composés hydrosolubles dans la matière lignocellulosique, exerce un effet d'inhibition sur la réaction d'hydratation du ciment. Ces effets inhibiteurs sont généralement attribués aux sucres, aux hémicelluloses, aux tanins, aux lignines et autres composés phénoliques contenus dans les composés hydrosolubles [6-8]. Pour pallier ce phénomène, des traitements physiques d'imprégnation ou d'enrobage superficiel des fibres, ont été étudiés [9,10]. De plus, ces matériaux présentent l'inconvénient d'être sensibles à la reprise d'eau, dont les échanges avec le milieu ambiant favoriseraient leur dégradation [11]. D'autres travaux concernant les composites à base de fibres de Diss, associées à des matrices de différentes natures, ont été réalisés [12,13]. Par ailleurs, l'utilisation de fibres végétales pour la stabilisation des sols a fait l'objet de plusieurs travaux [14]. Dans le même objectif, d'autres composites ont été formulés à base de fibres végétales et animales (laine de mouton) [15,16]. Cependant, la viabilité de l'utilisation des additions lignocellulosiques dans une matrice minérale, dépend du traitement approprié des fibres et/ou de la matrice, pour prévenir les composants et les mécanismes qui entravent les propriétés physico-mécaniques des matériaux.

Cette étude concerne l'examen de la faisabilité d'un matériau à base de fibres de diss. Ces matériaux s'inscrivent parfaitement dans un contexte de développement durable, ayant comme objectifs la valorisation des ressources naturelles renouvelables et la réduction de la consommation énergétique des bâtiments. Pour appréhender les problèmes d'incompatibilité chimique, observées dans les composites à matrice cimentaires, celle-ci a été totalement substituée par une matrice argileuse. De plus, la mise en œuvre du matériau a été réalisée par compactage afin de pallier la différence de propriétés mécaniques entre les deux liants (ciment et argile naturelle). Il s'agit, dans cette étude, d'évaluer les propriétés physico-mécaniques et thermiques d'un matériau, à matrice argileuse, contenant un volume de fibres de diss allant de 0 à 4, par rapport au volume d'argile (ratio volumique : Fibres de diss/Argile naturelle).

2. Matériaux et techniques expérimentales

2.1. Matériaux utilisés

Le diss (*Ampelodesmos Mauritanicus*, famille des poacées) est une herbe très répandue dans l'Afrique du Nord et les régions sèches de la Grèce à l'Espagne. Cette plante est utilisée dans la réalisation des habitations anciennes de ces régions en raison de ses performances mécaniques et hydriques. De nature très fibreuse, le diss renferme un pourcentage élevé de silice à l'état amorphe, qui lui confère une grande résistance à la traction. Les fibres, utilisées dans cette étude, ont été découpées mécaniquement à une longueur moyenne de 10 mm. Leurs aspects, naturel et broyé, sont illustrés par la figure 1. Les fibres de diss sont constituées d'environ 22% de cellulose, 60% d'hémicellulose type A, 16% de lipides et de substances solubles dans le méthanol et 1% de substances d'hydrosolubles. A l'état naturel, la plante renferme environ 62% de sucres [8]. Les propriétés de ces fibres sont données par le tableau 1.

L'argile naturelle, utilisée comme liant dans l'élaboration du matériau, a été fournie par un industriel. Ce liant est habituellement utilisé, comme matière première, dans la production de briques de terre crue compressée (BTC). Le matériau élaboré est un mélange argile naturelle-fibres de diss dans lequel, ces dernières ont été ajoutées à un volume allant de 0 (argile naturelle) à 4, correspondant au ratio de type volume de Fibres de diss/volume d'Argile naturelle.

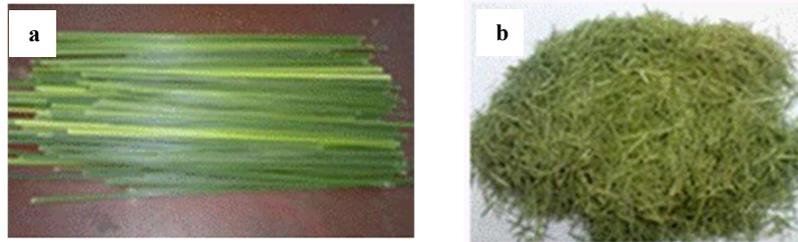
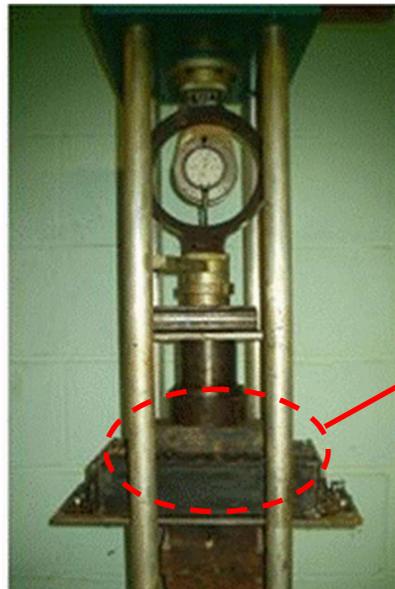


Figure 1. Aspect du diss : (a) - Fibres sélectionnées ; (b) - Fibres séchées et découpées

Tableau 1. Propriétés des fibres de diss

Masse volumique apparente (kg/m ³)	Masse volumique réelle (kg/m ³)	Porosité (%)	Taux d'absorption d'eau (%)
47,5	1380,0	96,5	290

Lors de la fabrication des matériaux, une pâte d'argile naturelle (argile + eau) a été initialement préparée à laquelle, les fibres de diss ont été ajoutées à différents ratios volumiques. Après le malaxage et l'homogénéisation du matériau frais, celui-ci a été mis en place par compactage dans des moules de types prismatiques (40 x 40 x 160 mm), pour les essais de flexion, cylindriques (80 x 160 mm) pour les essais de compression, et parallélépipédiques (250 x 250 x 50 mm) pour les essais thermiques. Le compactage du matériau frais a été réalisé à l'aide d'une presse, avec une charge d'environ 1 MPa (figure 2), correspondant aux conditions de fabrication d'une brique de terre crue compressée (BTC). A l'issue de cette étape, les matériaux ont été conservés à température et hygrométrie contrôlées (20±2°C, HR=50%), afin d'éviter l'apparition prématurée de fissurations au cours du séchage.



Presse de compactage



Mise en en moule d'un échantillon de type(40 x 40 x 160 mm)

Figure 2. Dispositif expérimental de compactage des matériaux

2.2. Techniques expérimentales

Le comportement du matériau, à l'état durci, en fonction du taux de fibres de diss, a été étudié en évaluant la masse volumique sèche par pesée et mesures géométriques. Les essais mécaniques, en compression et en flexion, ont été conduits suivant la Norme EN 196-1 (17). Les essais de compression ont été réalisés sur des éprouvettes cylindriques (80 x 160 mm), à l'aide d'une presse électromécanique de type SHIMADZU AG-IC, ayant une capacité de chargement de 250 kN et une vitesse de déplacement de 3 mm/mn (Figure 3-a). Les tests de flexion ont été conduits

sur des éprouvettes prismatiques (40 x 40 x 160 mm), à l'aide de la même presse pour laquelle, un dispositif de flexion trois points a été adapté. La vitesse de chargement, choisie pour ces essais, est de 1 mm/mn (Figure 3-b).

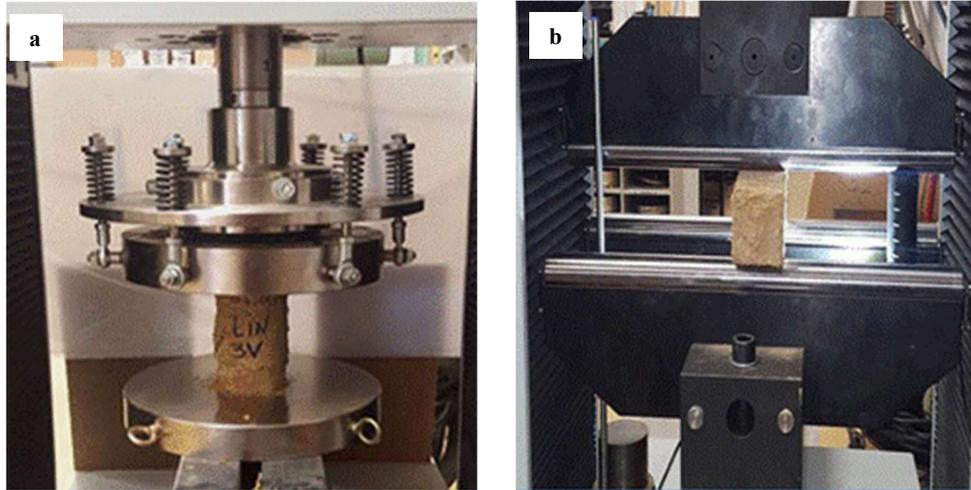
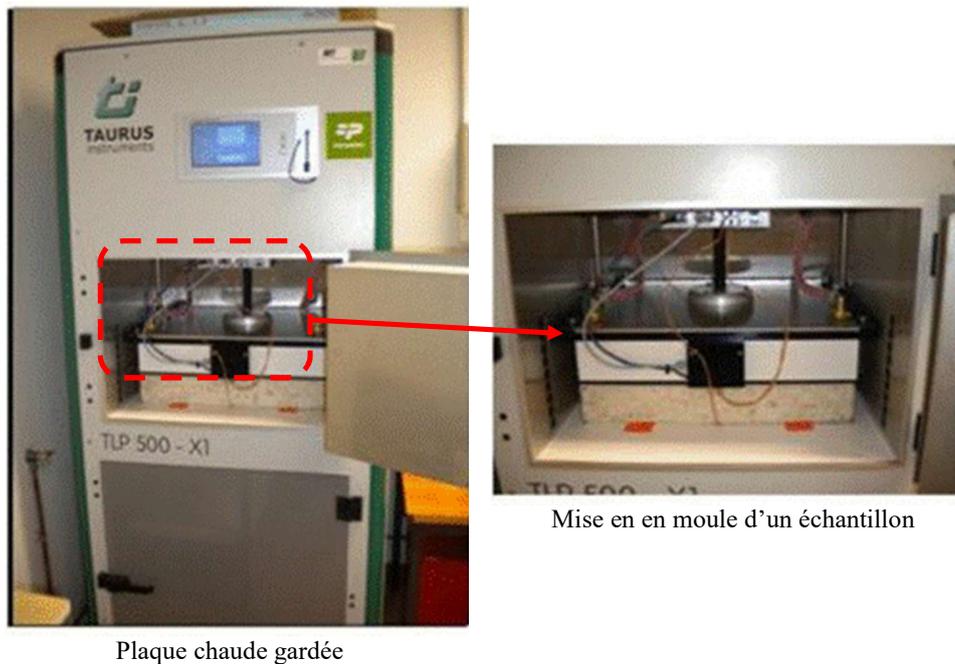


Figure 3. Dispositifs de tests mécaniques : (a) - Essais de compression ; (b) – Essais de flexion

Les mesures de la conductivité thermique des matériaux, ont été réalisées à l'aide de la méthode de la plaque chaude gardée, selon la Norme EN-12667 [18]. Le dispositif expérimental, ainsi que le mode de mise en place de l'échantillon, sont illustrés par la figure 4. L'échantillon est pris en sandwich entre deux plaques (chaude et froide), maintenues à des températures différentes. Ce gradient de température permet d'établir un flux de chaleur unidirectionnel à travers l'échantillon. Les essais ont été réalisés sur des échantillons de dimensions 250 x 250 x 50 mm. Les échantillons ont été testés d'abord à l'état humide (état saturé), ensuite à l'état sec, après un séchage préalable dans une étuve à $70 \pm 2^\circ\text{C}$.



Plaque chaude gardée

Mise en en moule d'un échantillon

Figure 4. Dispositif de mesure de la conductivité thermique

3. Résultats expérimentaux et analyses

3.1. Allègement des matériaux

L'évolution de la masse volumique sèche du matériau, en fonction du volume de fibres de Diss, est illustrée par la figure 5. Compte tenu de la faible densité de ces fibres, par rapport à celle de l'argile, elle varie de 1950 kg/m^3 à 820 kg/m^3 , pour un volume de fibres allant de 0 (argile naturelle) à 4 ; Ce qui correspond à un allègement d'environ 58%, particulièrement utile dans les travaux de réhabilitation et d'allègement des structures. Par ailleurs, on constate que l'allègement est proportionnel au volume de fibres incorporées, en raison de l'absence d'air occlus dans la matrice. En effet, le compactage du matériau à l'état frais, permet d'évacuer les bulles d'air, entraînées lors du malaxage, qui contribueraient à l'allègement des matériaux. Le compactage du matériau frais entraîne systématiquement une augmentation de sa masse volumique (i.e. une diminution de la porosité totale). Ce dernier est donc plus dense, plus rigide et par conséquent plus résistant, comparativement au cas du matériau non compacté.

Si l'on compare le matériau de diss à ceux élaborés avec les fibres de lin et de chanvre, pour un ratio volumique de fibres égal à 3, on constate que ce dernier présente une masse volumique légèrement plus faible (Tableau 2). La différence observée entre les matériaux est probablement liée à la plus faible densité des particules de chanvres, comparativement aux autres fibres. De plus, la faible rigidité des copeaux de chanvre, entraînerait une augmentation de la porosité à l'interface fibres/matrice. Pour le matériau à base de chanvre, on note un allègement supplémentaire d'environ 32%, par rapport à celui contenant les fibres de diss. Cet allègement peut également être lié à une plus grande capacité d'absorption d'eau par les fibres de chanvre, qui entraînerait une forte porosité dans la matrice lors du séchage du matériau.

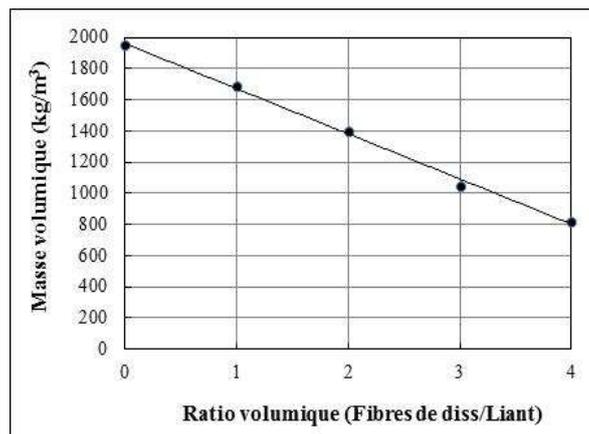


Figure 5. Allègement des matériaux en fonction du volume des fibres de diss

Tableau 2. Comparaison des masses volumiques, avec d'autres matériaux

Masse volumique sèche (kg/m^3) (ratio volumique fibres/Argile=3)		
Matériau à base de diss	Matériau à base de lin	Matériau à base de chanvre
1050	850	710

3.2. Propriétés mécaniques des matériaux

3.2.1. Résistances mécaniques en compression

L'évolution des résistances en compression des matériaux, à différents volumes de fibres de diss, est illustrée par la figure 6. On constate que l'ajout de fibres réduit la résistance à la compression de 4,1 MPa à 1,0 MPa, pour un ratio volumique de fibres allant de 0 à 4 ; Ce qui correspond à une diminution de l'ordre de 75%. Si l'on compare les matériaux entre eux, on constate que la baisse de la résistance n'est pas proportionnelle au volume de fibres. Ce comportement est lié d'une part à la diminution de l'adhérence fibres/matrice et d'autre part, à l'accroissement de la porosité inter-fibres, avec l'augmentation du ratio volumique en fibres. Cependant, l'homogénéisation du mélange

étant plus difficile (i.e. les fibres ne sont plus toutes liées à la matrice), on observe donc une baisse des résistances mécaniques. En effet, le report de contraintes se produisant essentiellement à l'interface fibre/matrice lors du chargement, la faible rigidité des fibres, favorise la rupture du matériau. De plus, la diminution de la compacité, pour des volumes importants en fibres de diss, induit une porosité supplémentaire. La figure 7, illustre l'état des matériaux après la rupture en compression. Contrairement au matériau sans renfort (argile naturelle) qui se désintègre, on constate un maintien de la structure pour celui à base de diss. Cet état est caractéristique d'un comportement ductile, pour ce dernier, et fragile pour le matériau de référence.

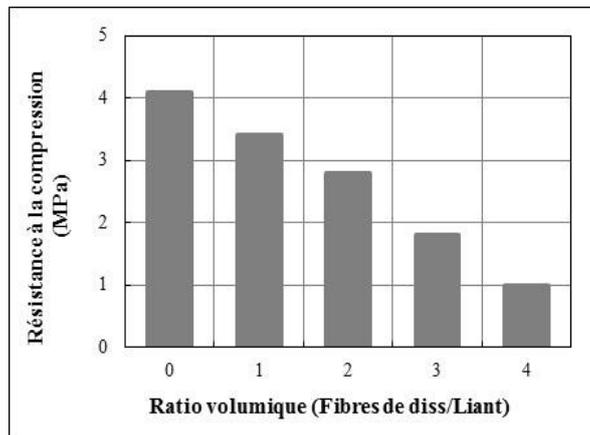


Figure 6. Résistance à la compression des matériaux, à différents volumes de diss

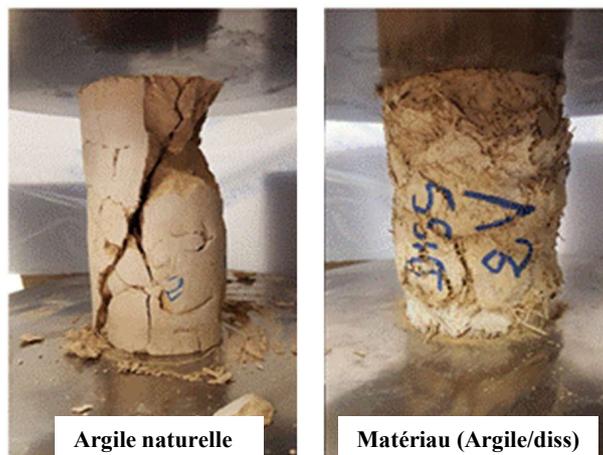


Figure 7. Photographies de l'état du matériau, après la rupture

3.2.2. Résistances mécaniques en flexion

L'influence des fibres de diss sur le comportement mécanique du matériau, en flexion, est illustrée par la figure 8. On constate que la baisse de la résistance à la compression est plus importante que celle à la flexion. Pour un faible volume de fibres, la perte de résistance est négligeable. Elle varie de 1,8 MPa à 1,4 MPa, pour un ratio volumique allant de 0 à 2. Au-delà, la différence s'accroît avec une diminution très rapide. Pour un ratio volumique en fibres égal à 4, la baisse de la résistance est d'environ 55%. Ces résultats mettent en évidence l'existence d'un ratio optimal pour lequel, les fibres contribuent au maintien des performances mécaniques en flexion, en raison de leur ancrage dans la matrice argileuse. Au vu de ces résultats, l'adhérence fibres/matrice constitue vraisemblablement le paramètre prépondérant qui explique les différences observées. Au-delà d'un certain dosage, des amas de fibres ont tendance à se former, rendant ainsi leur dispersion plus difficile. Ce qui provoque, par conséquent, une perte de leurs performances lors d'une sollicitation mécanique en flexion. Ceci est lié à l'état de surface de la fibre, avec une rugosité notable qui

jouerait le rôle de points d'accroche. On note également la présence d'une structure épineuse orientée qui favorise l'adhérence à la matrice, notamment pour de faibles ratios volumiques. Ce qui permet au matériau de supporter une charge non négligeable, après la rupture du liant. Ce phénomène de pontage, permet d'une part, de retarder la propagation des fissures et d'autre part, de conférer au matériau un caractère ductile. La figure 10 montre une photographie du matériau après la rupture en flexion. Contrairement au cas sans fibres (argile naturelle), le matériau renforcé conserve sa structure et les lèvres de la fissure restent liées "cousues" par les fibres. Ces dernières permettent de contrôler la propagation des fissures et retardent ainsi la phase de rupture.

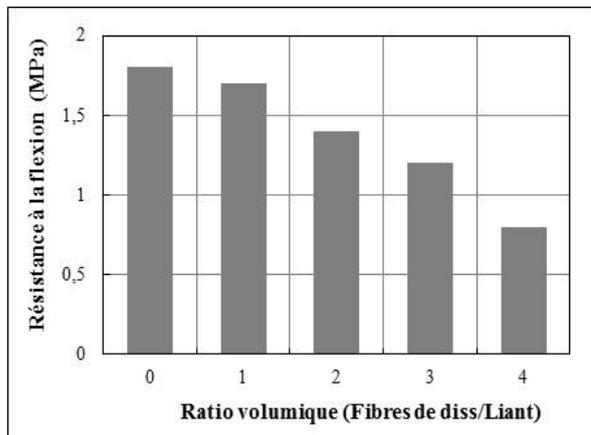


Figure 8. Résistances à la flexion des matériaux, à différents ratios volumiques Fibres de diss/Argile

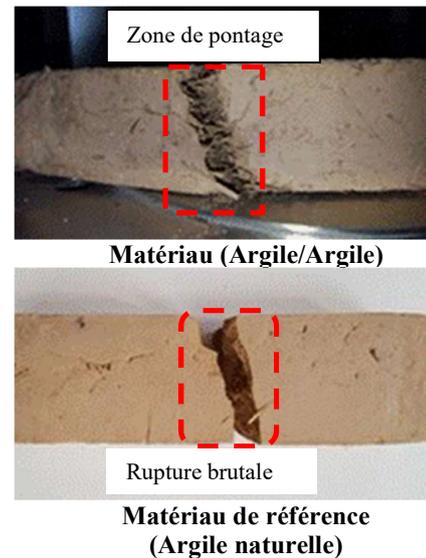


Figure 9. Photographie de l'état des matériaux, après la rupture

3.3. Propriétés Thermiques des matériaux – Mesure de la conductivité thermique

Les mesures de la conductivité thermique ont été réalisées pour deux états du matériau, correspondants à ceux sec et complètement saturé en humidité. La température des plaques chaude et froide sont choisies afin d'obtenir une température moyenne de l'échantillon de 20°C. L'écart de température entre les faces supérieure et inférieure (gradient) est maintenu à 10°C pour tous les essais.

Les résultats obtenus pour les matériaux, à différents ratios volumiques fibres/argile, aux états sec et humide, sont illustrés par la figure 10. On constate que celle-ci diminue lorsque le volume de fibres augmente. L'accroissement des performances thermiques est lié au caractère isolant des fibres de diss. Pour un ratio volumique de 4, la conductivité thermique varie de 0,72 à 0,22 W/m.K et de 0,87 à 0,24 W/m.K, pour l'état sec et celui humide, respectivement ; Ce qui correspond à des gains respectifs de performances de l'ordre de 69% et 72%. Par ailleurs, la saturation en humidité entraîne une légère augmentation de la conductivité thermique, quel que soit la nature du matériau. Pour un ratio volumique de 4, la conductivité thermique varie de 0,22 à 0,24 W/m.K ; Soit une perte de performances de l'ordre de 8%. Quant au matériau de référence (Argile naturelle sans ajout de fibres), la perte de performance est de l'ordre de 17%, correspondant à une variation de la conductivité thermique de 0,72 à 0,86 W/m.K. Les différences observées, entre le comportement des matériaux à l'état sec et celui humide, sont probablement liées à la nature des fibres et leur morphologie, qui présentent une structure poreuse plutôt superficielle et non pas interne. En effet, des observations au MEB ont mis en évidence cette porosité de surface, limitant ainsi l'infiltration d'eau en phase liquide et/ou vapeur dans le corps interne de la fibre (Figure 11).

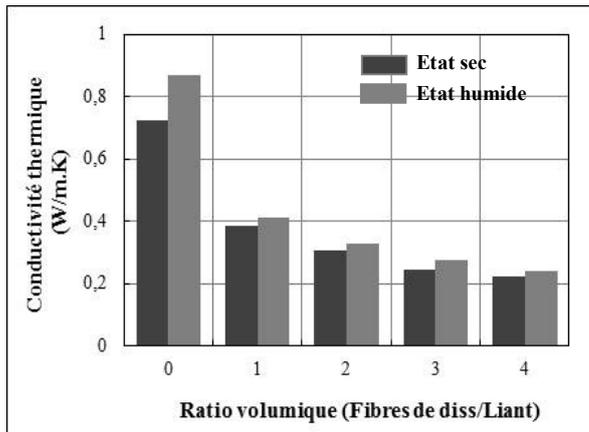


Figure 10. Conductivité thermique des matériaux, aux états sec et humide

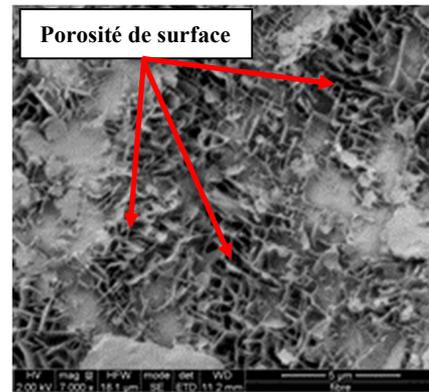


Figure 11. Vue au MEB de l'état de surface des fibres de diss

La conductivité thermique, à l'état sec, est liée à la masse volumique par la relation : $\lambda = 0,0916 \exp(0,001 \cdot \rho)$, avec un coefficient de corrélation $R^2 = 0,95$. Cette évolution, donnée par la figure 12, est similaire à celles obtenues par d'autres auteurs concernant les bétons légers isolants [19,20]. La conductivité thermique, du matériau contenant un ratio volumique en fibres égal 4, correspondant à une masse volumique de 820 kg/m^3 , est inférieure à celle du béton cellulaire autoclavé ($\lambda = 0,33 \text{ W/m.K}$), ayant une masse volumique similaire (800 kg/m^3) [21].

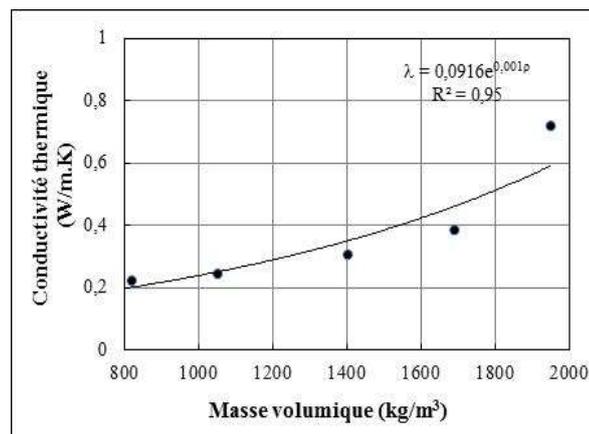


Figure 12. Relation conductivité thermique à l'état sec / masse volumique des matériaux élaborés

4. Conclusion

Les travaux présentés concernent la formulation et la caractérisation physico-mécanique et thermique d'un matériau à base de fibres de diss, à matrice argileuse, en vue de son utilisation dans le domaine d'application des bétons légers. Les résultats de cette étude ont mis en évidence la faisabilité de ce matériau, sans avoir recours à des traitements particuliers permettant de pallier les effets inhibiteurs, comme nous avons pu le constater dans le cas d'une matrice cimentaire. Ce matériau présente un comportement qui dépend du dosage en fibres de diss, avec un allègement pouvant atteindre 58%. Bien qu'il possède des résistances modestes, par rapport aux matériaux de construction de la même famille (béton de bois), c'est un matériau hétérogène, au comportement ductile.

L'étude des caractéristiques mécaniques a montré que la présence de fibres de diss, réduit considérablement la résistance à la compression. On note une perte de performances de l'ordre de 75%, pour un ratio volumique en fibres égal à 4. Les résultats des essais en flexion ont mis en évidence l'existence d'un dosage optimal en fibres. Pour un volume de fibres inférieur à 2, la diminution de la résistance à la flexion est négligeable. Dans ce cas, les fibres permettent de limiter la progression des fissures et retardent ainsi la phase de rupture. Ce phénomène de pontage, qui confère au matériau une certaine ductilité, est lié à l'orientation mono-directionnelle des fibres, due au compactage du

matériau, qui favorise leur ancrage dans la matrice grâce à leur structure épineuse en surface. Par ailleurs, des mesures de la ténacité sont utiles, afin de confirmer cette tendance.

Les résultats des mesures de la conductivité thermique des matériaux, aux états sec et humide, ont montré que celle-ci diminue considérablement avec l'incorporation de fibres de diss. L'accroissement des performances thermiques est lié au caractère isolant des fibres de diss. Par ailleurs, la saturation en humidité entraîne une légère augmentation de la conductivité thermique, quel que soit la nature du matériau. Pour ratio volumique de 4, on note des gains de performances de l'ordre de 69% et 72%, pour le cas sec et celui humide, respectivement. Cette différence de comportement est probablement liées à la nature des fibres et leur morphologie.

Nomenclature

λ : Conductivité thermique (W/m.K)

ρ : Masse volumique (kg/m^3) ;

HR : Humidité relative (%)

Références

- [1] Jr. H. Savastano, P.G. Warden, R.S.P. Coutts, Brazilian waste fibres as reinforcement for cement-based composites. *Cement. Conc. Comp.*, 2000, Vol. 22, N° 5, p. 379-384.
- [2] J. Khedari, B. Suttisonk, V Pratinthong, J. Hirunlabh, New lightweight composite construction materials with low thermal conductivity. *Cem. Concr. Comp.*, 2001, Vol. 23, p. 65-70.
- [3] R.R. Almeida, C.H.S. Del Menezzi, D.E. Teixeira, Utilisation of the coconut shell of babaçu (*Orbignya sp.*) to produce cement-bonded particleboard, *Bioress. Technol.*, 2002, Vol. 85, p. 159-163.
- [4] P. Coatenlem, R. Jauberthie, F. Rendell, Lightweight wood chipping concrete durability. *Constr. Build. Mater.*, 2006, Vol. 20, N° 9, p. 776-781.
- [5] M. Merzoud, M.F. Habita, Elaboration and characterization of cementitious composites with diss fibres as masonry units, *Asian Journal-Building and Housing*, ISSN 1563-0854, August 2008, Vol. 9, N°4, p. 367-377.
- [6] R.P. Blankenhorn, B.D. Blankenhorn, M.R. Silsbee, M. Dicola, Effect of fiber surface treatments on mechanical properties of wood fiber-cement composites, *Cem. Conc. Resea.*, 2001, Vol. 31, p. 1049-1055.
- [7] E. Marius, M. Ovidiu, M. Marcel, Influence of the wood waste characteristics and its chemical treatment on the composites properties, *NOCMAT/3 Vietnam International Conference*, 2002, p. 245-249.
- [8] M. Merzoud, M.F. Habita, Optimisation of Lignocellulosic Composite formulated with a local resources: The Diss (*Ampelodesma mauritanica*), *Proceeding of the 7th International Congress*, 8-10 July 2008, Dundee Scoltand, U.K, Edition IHS BRE presse, ISBN-13: 978-1-84806-037-1, p. 651-660.
- [9] J.L. Pehanich, P.R. Blankenhorn, M.R. Sisbee, Wood fiber surface treatment level effects on selected mechanical properties of wood fiber-cement composites. *Cem. Conc. Res.*, 2004; Vol. 34, 59-65.
- [10] Y.A.E. Okino, M.R. Souza, M.A.E. Santana, M.V.S. Alves, M.E. Sousa, D.E. Teixeira, Cement-bonded wood particleboard with a mixture of eucalypt and rubberwood, *Cem. Conc. Comp.*, 2004, Vol. 26, p.729-734.
- [11] D. Romildo, T. Filho, K. Ghavami, G.L. England, K. Scrivener, Development of vegetable fibre-mortar composites of improved durability. *Cem. Conc. Comp.*, 2003, Vol. 25, N° 2, p.185-196.
- [12] M. Vilà, F. Loret, E. Ogheri, J. Terradas, Positive fire-grass feedback in Mediterranean Basin woodlands, *Forest Ecology and Management*, 2001, Vol. 147, p.3-14.
- [13] M. Merzoud, S. Fertikh, M.F. Habita, A. Gousamia, Influence des absorptions par immersion et par capillarité sur les propriétés physico-mécaniques des composites à base de fibres naturelles locales (le diss), *actes du Séminaire International Innovations & Valorisation en Génie Civil & matériaux de Construction INVACO2*, Rabat-Maroc, 23-25 novembre 2011, p.26-32.
- [14] C. Galán-Marin, C. Rivera-Gómez, J. Petric, Clay-based composite stabilized with natural polymer and fibres, *Const. & buil. Mat.*, 2010, Vol. 24, p.1462-1468.

- [15] M.C. Garci-Juenger, H.M. Jennings, New insights into the effects of sugar on the hydration and microstructure of cement pastes, *Cem. Con. Res.*, 2002, Vol. 32, p.393–399.
- [16] M. Ali, A. Liu, H. Sou, N. Chouw, Mechanical and dynamic properties of coconut fibre reinforced concrete, *Const. & buil. Mat.*, 2012, Vol. 30, p.814-825.
- [17] EN 196-1 Afnor. Méthodes d'essais des ciments, Partie 1 : Détermination des résistances mécaniques. 1995.
- [18] EN 12667, Performance thermique des matériaux et produits pour le bâtiment - Détermination de la résistance thermique par la méthode de la plaque chaude gardée et la méthode fluxmétrique - Produits de haute et moyenne résistance thermique.
- [19] E. Aamr-Daya, T. Langlet, A. Benazzouk, M. Quédneudec. Propriétés d'un composite cimentaire cellulaire à base de déchets de lin textile. XIIIème Colloque National de la Recherche des IUT CNRIUT, 29-30 Mai 2008, IUTA Université Lyon 1–Villeurbanne – France.
- [20] T.Y. Lo, W.C. Tang, H.Z. Cui, The effects of aggregate properties on lightweight concrete. *Building and Environment*. 2007;42(8):3025-3029.
- [21] R. Demurboga, R. Gül, The effects of expanded perlite aggregate, silica fume and fly ash on the thermal conductivity of lightweight concrete. *Cement and Concrete Research*. 2003;33:723-727.