

Caractérisation des Propriétés Mécaniques et Thermiques de matériaux à base de Ciment, de Typha Domingénis et d'Argile

Adama Gassama^{1,2}, Babacar Diouf^{1,3}, Elhadji Babacar Ly^{1,2,4*}, Moïse Manga^{1,2}, Diène Ndiaye^{1,2}

¹ Laboratoire d'Électronique, Informatique, Télécommunication et Énergie Renouvelables (LEITER)

² Département Physique appliquée, UFR SAT – UGB, BP 234 Saint-Louis

³ Département Génie Civil, IPSL – UGB, BP 234 Saint-Louis

⁴ Institut d'Innovation en EcoMatériaux, et EcoEnergies à base de Biomass (I²E³) – UQTR
3351 Boulevard des Forges, Trois-Rivières (Qc), G8Z 4M3 Canada

INFOS SUR L'ARTICLE

Historique de l'article:

Reçu le : 15 août 2022

Reçu en format révisé le : 23 septembre 2023

Accepté le : 25 novembre 2023

Mots-Clés : *Typha domingensis*, argile de Tchiky, Eco matériaux de construction

Keywords : *Typha domingensis*, Tchiky clay, building ecomaterial

Corresponding authors:
babacar.ly@ugb.edu.sn

RESUME

Depuis plusieurs années, un intérêt croissant pour les matériaux alternatifs dans les bâtiments a commencé à être développé afin d'obtenir des structures à faible impact environnemental et avec des propriétés multifonctionnelles. L'intérêt d'utilisation des matériaux légers est justifié par une prise de conscience environnementale, dans le but de contribuer à la valorisation du matériau argileux du Sénégal. Différentes formulations ont été réalisées dans cette expérimentation afin de développer à partir de la formule du mortier traditionnel, un nouveau matériau de construction composé de 50% Typha Australis, le reste complété d'argile et de ciment à différentes proportions dans le but d'optimiser les propriétés mécaniques et thermiques. Les meilleures propriétés mécaniques et thermiques ont été obtenues lorsque le ciment est majoritaire par rapport à l'argile. A certaines proportions (~ 25%), l'argile avec son indice de plasticité de presque 27% joue le même rôle que le ciment.

Introduction.

Au tournant du 21^e siècle, le développement d'une nouvelle génération de matériaux à base de ressources végétales renouvelables a vu le jour pour faire face aux problèmes environnementaux et au changement climatique. D'après le Système d'information Énergétique du Sénégal (Dieye et al., 2016) comme presque partout dans le monde, l'industrie du bâtiment est la principale consommatrice d'énergie environ soit 54,7% d'énergie consommée par an. Outre la consommation d'énergie, il est constaté que la part la plus importante de gaz carbonique (CO₂) émis provient des habitations 49% (Dieye et al., 2016). Ainsi, les enjeux de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) et des consommations d'énergie incitent un intérêt particulier pour les matériaux alternatifs dans le bâtiment afin d'obtenir des structures à faibles impacts environnementaux et avec des propriétés multifonctionnelles, efficaces d'un point de vue mécanique et thermique. Les travaux de (Glé, 2013) ont montré que les matériaux les plus performants au point de vue thermique et acoustique sont de nature poreuse d'une

part, car l'air est l'un des meilleurs isolants thermiques après le vide ; et d'autre part, car les pores dissipent les ondes acoustiques via des phénomènes visco-inertiels et thermiques. C'est l'une des raisons de l'utilisation des fibres de bois dans les matériaux en plus de la légèreté qu'elles peuvent procurer. Ces matériaux à base de fibre de bois sont qualifiés d'éco-matériaux à cause de leur origine naturelle, de leur caractère recyclable et renouvelable et aussi possèdent des propriétés acoustiques et thermiques très intéressantes

Ainsi, la recherche scientifique dans le domaine du génie civil est en pleine évolution et de nombreux travaux (Aymerich et al., 2012; Bouguerra et al., 2015; Cérézo, 2005; Dieye et al., 2016; Ouakarrouh et al., 2020; Phung, 2018; Röhlen Ulrich et al., 2013) réalisés sur les éco matériaux ont permis de souligner un comportement mécanique léger ainsi que des propriétés très intéressantes en isolation thermique et acoustique. Par contre ce domaine est assez conservateur et exigeant, car avant toute utilisation, ces matériaux devront en plus des propriétés mécaniques garantir des conditions de sécurité liée au développement d'agents pathogènes, mais aussi à une certaine durabilité à l'eau (Henri Van Damme and Houben, 2018; Ouedraogo et al., 2020; Walker and Stace, 1997)

pour convaincre de leur acceptabilité dans l'acte de construire qui touche généralement la sécurité des personnes et des biens.

Au-delà de toutes ces considérations, ces matériaux présentent l'avantage d'utiliser une matière première renouvelable, contrairement aux granulats de carrières dont les ressources s'épuisent et difficilement recyclables. Du point de vue mécanique, le composite de Typha se caractérise par un comportement élastoplastique ; sa résistance en compression varie entre 0 à 3,30 MPa, ce qui est assez compétitif par rapport aux matériaux généralement retrouvés dans la construction (Bouguerra et al., 2015; Ouedraogo et al., 2020; Phung, 2018; Röhlen Ulrich et al., 2013).

Par ailleurs, quelques travaux de sur l'effet de l'ajout de différentes teneurs de fibres de lin sur la résistance à la compression d'un sédiment fin stabilisé par un liant hydraulique, indiquent que le mélange de sédiments avec 7% de ciment, 0,4% de lin donne une bonne résistance en compression (Liang et al., 2014). Ce résultat fut confirmé avec des travaux réalisés sur des fibres de coco traitées avec de la potasse, une bonne amélioration de 13% sur les propriétés mécaniques a été notée sur des mortiers d'argile stabilisés avec 8% de ciment (Christine et al., 2018). D'autres travaux sur les renforcements de sol par du ciment et des fibres végétales de bagasses de canne à sucre sont menés avec des taux de ciment variant de 5 à 10% en masse et 5 à 15% en volume de fibre de bagasse (Kriker et al., 2005). Une amélioration de 10 à 20% du module de compression non confinée à 28 jours avec l'augmentation de taux de ciment a été notée. Ces bétons ne pourront jamais être utilisés comme élément de structure à cause des valeurs faibles de propriétés mécaniques très en deçà de la norme. Ces récents travaux sur les fibres alpha confirment davantage que peu importe l'amélioration qu'on peut obtenir si la propriété mécanique ne répond pas au critère de normalisation, il est impensable d'utiliser ce matériau dans la construction.

I. MATERIEL ET METHODES

1. Matériel :

L'argile utilisée est un sol argileux récupéré sous forme de granules dans la forêt de Thicky dans la région de Thiès (Sénégal), il sert de matrice et aussi comme liant. Il est ensuite broyé et tamisé à 250 µm.

Les propriétés géotechniques (la texture et la plasticité) du sol ont été déterminées et le Tableau 1 ci-dessous permet d'obtenir la classe à laquelle il appartient.

La norme AFNOR (NF P 94-051, 1993) décrit les méthodes de détermination des limites d'Atterberg (limite de liquidité et limite de plasticité) sur la fraction 0/400 µm d'un sol. Les limites d'Atterberg sont des paramètres géotechniques destinés à caractériser la nature argileuse d'un sol par détermination de l'indice de plasticité. Elles permettent également de déterminer l'état hydrique d'un sol fin en fonction de son indice de consistance.

Tableau 1 : Classification de l'état du sol en fonction de l'indice de plasticité

Indice de plasticité Ip	État du sol
0 – 5	Non plastique
5 – 15	Peu plastique
15 – 40	Plastique
> 40	Très plastique

Les fibres de Typha ont été récoltées aux abords de la vallée du fleuve Sénégal dans la région de Saint-Louis, coupées manuellement à l'aide d'une faucille puis séchées à l'air libre pendant plusieurs jours tout en veillant aux développements des moisissures. Les plantes de typha séchées sont broyées et toutes les fibres passant au tamis de 1mm ont été utilisées pour élaborer les matériaux. Tous les échantillons ont été préparés avec un taux 50% (w/w) de fibres de Typha.

Le ciment utilisé est de type Portland au calcaire nommé CEM II/ B-LL 42,5R ; et est considéré comme le liant.

2. Méthodes

Les différents échantillons utilisés pour cette étude ont été préparés en utilisant les formulations présentées dans le Tableau 2, établies à partir de la formule du mortier traditionnel, un nouveau matériau de construction composé de 50% de fibres de *Typha Domingesis*, le reste complété d'argile et de ciment à différentes proportions.

Tableau 2 : Descriptifs des formulations

Échantillon	Argile (%)	Ciment (%)
AG05	33,33	16,67
AG14	28	22
AG15	22	28
AG13	16,67	33,33

Les composites sont moulés et démoulés le même jour sur place pour ensuite déterminer les propriétés mécaniques et thermiques. Les essais mécaniques et thermiques ont été déterminés respectivement à l'aide des éprouvettes 4x4x16 cm³ et 10x10x2 cm³. Les mesures de compressions sont faites aux échéances de 28 Jours et ont été réalisées à l'aide d'une presse hydraulique *Controlab* de modèle *E0160* d'une force maximale de 150 KN et la vitesse spécifique de la force d'application était de 2 KN/s. La résistance mécanique en compression est alors déterminée par l'équation 1.

$$R = \frac{F}{S} \quad (1)$$

Avec *R* : la résistance en compression MPa, *F* : la Force en N et *S* : la surface de compression du matériau en m².

Les mesures de la conductivité thermique ont été effectuées à l'aide de la méthode du plan chaud asymétrique qui permet d'estimer les valeurs de paramètres de l'effusivité thermique (*E*) et de la capacité thermique volumique (*ρ_c*) en minimisant la somme des

écarts quadratiques entre les courbes expérimentale et théorique. L'échantillon est posé sur un élément chauffant de même surface (100x100 mm²) un thermocouple de type K est installé au centre de la face inférieure de l'élément chauffant. Le dispositif est placé entre deux blocs de polystyrène ayant chacun une épaisseur de 50 mm. L'ensemble est ensuite placé entre deux blocs d'aluminium d'épaisseur 40 mm chacun Figure 1 : Un échelon de flux de chaleur est émis par l'élément chauffant et l'élévation de température T(t) au centre de l'échantillon est enregistrée.

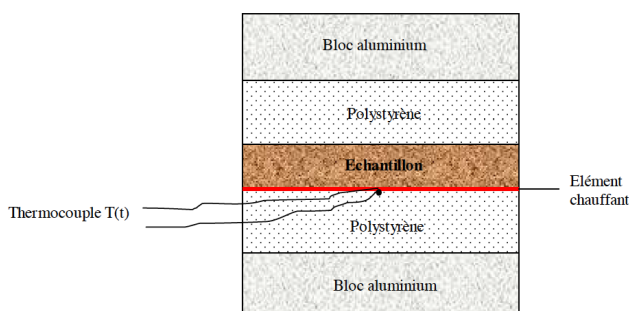


Figure 1 : Schéma dispositif expérimental (Bal et al., 2013)

Le système peut être modélisé avec l'hypothèse d'un transfert de chaleur unidirectionnel (1D) au centre de l'échantillon (Equations 1 à 6). Compte tenu de la faible valeur du flux de chaleur atteignant les blocs d'aluminium à travers le polystyrène et leurs grandes capacités thermiques, leurs températures sont supposées égales et constantes. En appliquant le formalisme des quadripôles, on peut écrire :

$$\begin{bmatrix} \theta \\ \Phi_{01} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ C_h p & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R_1 & \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A_i & B_i \\ C_i & D_i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ \Phi_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_1 & B_1 \\ C_1 & D_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ \Phi_1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$\begin{bmatrix} \theta \\ \Phi_{02} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_i & B_i \\ C_i & D_i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ \Phi_2 \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$\Phi_0 = \frac{\Phi}{p} = \Phi_{01} + \Phi_{02} \quad (4)$$

La transformée de Laplace de la densité de flux de chaleur dissipée par l'élément chauffant vers le polystyrène. Les termes Φ_0 , Φ_{01} et Φ_{02} représentent respectivement les transformées de Laplace des densités de flux de chaleur : totale produite par l'élément chauffant, du bas vers le haut et du haut vers le bas et C_h la capacité thermique de l'élément chauffant et p le paramètre de Laplace.

Avec :

$$A = D = \cosh\left(\frac{\rho c}{E} e \sqrt{p}\right); \quad B = \frac{\sinh\left(\frac{\rho c}{E} e \sqrt{p}\right)}{E \sqrt{p}};$$

$$C = E \sqrt{p} \sinh\left(\frac{\rho c}{E} e \sqrt{p}\right) \quad (5)$$

$$A_i = D_i = \cosh\left(\sqrt{\frac{p}{a_i}} e_i\right); \quad B_i = \frac{\sinh\left(\sqrt{\frac{p}{a_i}} e_i\right)}{\lambda_i \sqrt{\frac{p}{a_i}}};$$

$$C_i = \lambda_i \sqrt{\frac{p}{a_i}} \sinh\left(\sqrt{\frac{p}{a_i}} e_i\right) \quad (6)$$

E est l'effusivité thermique de l'échantillon $E = \sqrt{\lambda \rho c}$;
 ρc est la capacité thermique volumique de l'échantillon ;
 e est l'épaisseur de l'échantillon ;
 λ_i , a_i et e_i sont respectivement la conductivité thermique, la diffusivité thermique et l'épaisseur du polystyrène.

Plusieurs auteurs se sont intéressés à cette partie simulation et un développement plus large est effectué dans ces études (Bal et al., 2013; de Hoog et al., 1982; Jannot et al., 2005)

RÉSULTATS ET DISCUSSION :

1. Études géotechniques

L'étude de la texture du sol révélé que nous disposons d'une bonne argile avec de propriétés liantes. Ce résultat est confirmé par (Riveros Olmos A, 2016) qui stipule que ce sol est argileux et contient plus de 62% de particules de taille millimétrique. Les limites d'Atterberg sont des constantes physiques conventionnelles qui marquent les seuils entre : le passage d'un sol de l'état liquide à l'état plastique (Limite de liquidité : W_l) et le passage d'un sol de l'état plastique à l'état solide (limite de plasticité : W_p). Ces limites ont pour valeur la teneur en eau du sol à l'état de transition considéré, exprimée en pourcentage du poids du matériau sec.

La différence $I_p = W_l - W_p$ qui définit l'étendue du domaine plastique est particulièrement importante, c'est l'indice de plasticité. D'après les résultats du (Tableau 3) montrent que l'argile de Thicky à un indice de plasticité de 26,84 et selon la classification (Tableau 2), elle est considérée comme un sol plastique. Ce résultat est aussi confirmé par (Riveros Olmos A, 2016).

Tableau 3 : Indice de plasticité de l'argile de Tchiky

Limite de Liquidité (Wl)	Limite de plasticité (Wp)	Indice de plasticité (Ip)
45	20,16	26,84

2. Quelques caractéristiques physiques de la fibre de typha :

D'après les travaux (Véjélien, 2012), l'analyse des microstructures indique que les feuilles de Typha sont constituées de parties distinctes de parois poreuses finement subdivisées en zones plus petites, remplies d'un matériau finement poreux. Par contre (Diatta et al., 2018) stipule que plus le Typha est broyé en petits granulats fins et courts, plus leur empilement peut être compact et moins il existe de vides entre ses composants.

Le caractère isolant du Typha a été prouvé par plusieurs études dont celle de (Diatta et al., 2018), la conductivité moyenne du Typha est de 0,045 W/m. K correspondant à une masse volumique moyenne de 69,68 +/- 0,014 kg /m³, tandis que (G. Georgiev, W. Theuerkorn, M. Krus, R. Kilian, T. Grosskinsky, 2014) souligne une masse volumique d'environ 30 Kg/m³ et une conductivité

thermique encore plus faible 0,032 W/m. K. Ces résultats confèrent au Typha un bon pouvoir d'isolant thermique et confirme son choix pour le traitement thermique des bâtiments

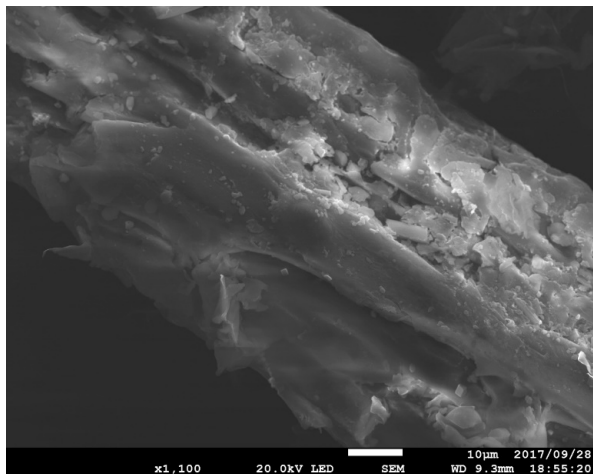


Figure 2 : Micrograph MEB du typha domingensis (Ly et al., 2019)

L'analyse morphologique montre une fibre sous forme tubulaire d'environ 60 µm de diamètre avec une surface avec beaucoup d'aspérités et écaillée (Ly et al., 2019) : voir **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

3. Propriétés mécaniques

La figure 2 présente les résultats des résistances en compression réalisées sur les éprouvettes. Les résultats de la **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** montrent que la diminution de la teneur en argile 33,33 % à 16,67 % (augmentation de la teneur en ciment) comme on pouvait s'y attendre entraîne une augmentation de la résistance en compression. Cette augmentation de résistance s'explique par la présence de la réaction sol-ciment entraînant la formation d'hydrates de manière homogène dans la matrice argile-ciment favorable à une augmentation de la résistance de la compression. Ces résultats sont cohérents avec l'étude de (Boffoue, 2015) qui ont montré que l'augmentation du ciment entraîne une augmentation de la résistance à la compression sur des blocs d'argile comprimée et stabilisée. Ces résultats sont également confirmés par les études de (Ouedraogo et al., 2020) et (Henri Van Damme and Houben, 2018) qui ont montré dans leurs études que la présence du ciment accompagnée d'une cure humide entraîne une augmentation de la résistance.

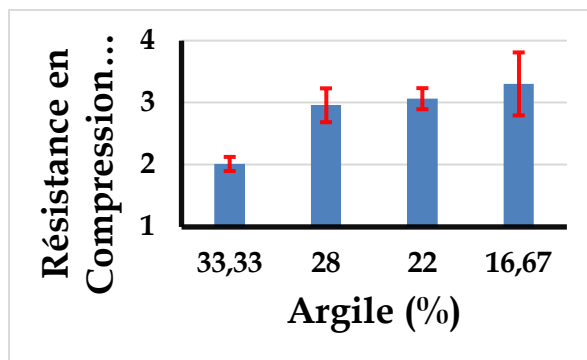


Figure 3 : Résistance en compression en fonction du taux d'argile

Cependant, la baisse de résistance pour des taux de ciment très faibles s'explique par la formation d'amas d'argile plus poreux que les amas argile-ciment ou une hydratation incomplète des liants due à l'absorption d'une partie de l'eau nécessaire à l'hydratation du ciment par les fibres et/ou un déficit d'adhésion entre les liants (argile-ciment) et les fibres végétales (Boffoue, 2015).

4. Propriétés thermiques

Une étude des transferts de chaleur par la méthode du plan chaud menée et a permis de déterminer la conductivité et l'effusivité thermiques des composites de typha dont les évolutions en fonction du taux d'argile sont représentées dans la **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** ci-après. Ces deux propriétés thermiques des matériaux varient respectivement 0,098 à 0,573 W.m⁻¹.k⁻¹ et 533,427 à 1027 J.k⁻¹.m².s^{-(1/2)}.

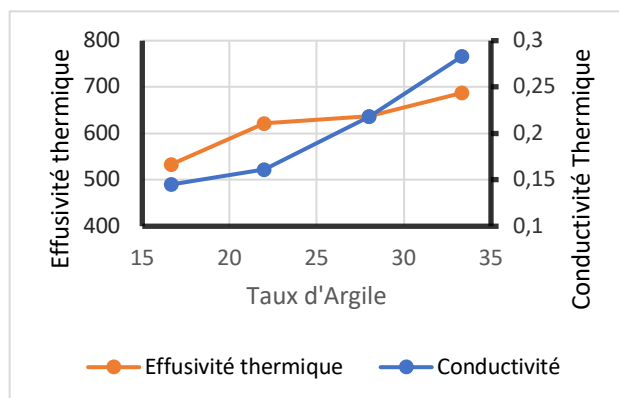


Figure 4 : Effusivité et la conductivité thermique en fonction du taux d'argile

Les résultats de la figure 3 montrent qu'il existe une corrélation entre les propriétés mécaniques et thermiques en fonction de la teneur en argile. Des meilleures propriétés thermiques sont obtenues pour des faibles teneurs en argile. Par contre les propriétés mécaniques et thermiques sont mauvaises pour des taux d'argile élevés. Ces résultats peuvent être expliqués par une quantité insuffisante du taux de ciment quand le taux d'argile est

élevé qui favorise la formation des amas d'argile moins compacts qui sont des zones de faiblesses par lesquelles la fissuration se propage due à l'application de la force de compression.

Conclusion :

Ces travaux ont porté sur la caractérisation mécanique et thermique des composites à base d'argile et de typha pour une utilisation dans la construction durable. Les résultats montrent une argile possédant de bonnes propriétés liantes avec un indice de plasticité de 26,84%. Les faibles valeurs de la conductivité thermique ($< 1,5 \text{ W.m}^{-1}\text{.K}$ valeur référence des parpaings) et de l'effusivité thermique obtenues dans cette étude prouvent que les différentes formulations testées dans ce travail de recherche peuvent être utilisées pour élaborer des matériaux d'isolation. Avec une amélioration sur les propriétés mécaniques, ils pourront être de bons matériaux alternatifs pour la construction dans des zones arides et chaudes pour minimiser les impacts environnementaux comme les vagues de chaleur sur les populations.

Ce travail montre que l'argile de Tchiky combiné à des fibres végétales (Typha) permet d'avoir des matériaux isolants thermiques qui peuvent contribuer à lutter contre la pollution et les impacts des changements climatiques ; mais aussi une voie de valorisation de ressources naturelles du pays.

REFERENCES

Aymerich, F., Fenu, L., Meloni, P., 2012. Effect of reinforcing wool fibres on fracture and energy absorption properties of an earthen material. *Construction and Building Materials* 27, 66–72. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.08.008>

Bal, H., Jannot, Y., Gaye, S., Demeurie, F., 2013. Measurement and modelisation of the thermal conductivity of a wet composite porous medium: Laterite based bricks with millet waste additive. *Construction and Building Materials* 41, 586–593. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.12.032>

Boffoue, M.O., 2015. Influence de la teneur en ciment sur les propriétés thermomécaniques des blocs d'argile comprimée et stabilisée. *Afrique Science, Afrique Science* 11, 35.

Bouguerra, A., Ledhem, A., Roodenbeke, A., Quéneudec, M., 2015. Incorporation de déchets argileux dans les bétons de bois Propriétés mécaniques et thermiques. *Déchets, sciences et techniques*. <https://doi.org/10.4267/dechets-sciences-techniques.692>

Cérézo, V., 2005. Propriétés mécaniques, thermiques et acoustiques d'un matériau à base de particules végétales : approche expérimentale et modélisation théorique.

Christine, D., Séraphin, D., Olivier, B., Edjikémé, E., 2018. Effet de l'addition de fibres de coco traitées à la potasse sur les propriétés mécaniques des matériaux de construction à base d'argile – ciment. *European Scientific*

Journal ESJ 14. <https://doi.org/10.19044/esj.2018.v14n36p104>

de Hoog, F.R., Knight, J.H., Stokes, A.N., 1982. An Improved Method for Numerical Inversion of Laplace Transforms. *SIAM Journal on Scientific and Statistical Computing* 3, 357–366. <https://doi.org/10.1137/0903022>

Diatta, M., Gaye, S., Thiam, A., Azilinson, D., 2018. Détermination des propriétés thermo-physique et mécanique du typha australis.

Dieye, Y., Sambou, V., Faye, M., Thiam, A., Adj, M., Azilinson, D., 2016. Thermo-mechanical characterization of a building material based on Typha Australis. *Journal of Building Engineering* 9. <https://doi.org/10.1016/j.job.2016.12.007>

G. Georgiev, W. Theuerkorn, M. Krus, R. Kilian, T. Grosskinsky, 2014. The potential role of cattail-reinforced clay plaster in sustainable building.

Glé, P., 2013. acoustique des matériaux du bâtiment à base de fibres et particules végétales – outils de caractérisation, modélisation et optimisation. *Acoustique (Physics.class-ph) INSA de Lyon*.

Henri Van Damme, Houben, H., 2018. Earth concrete. Stabilization revisited. *Cement and Concrete Research* 114.

Jannot, Y., Acem, Z., Kanmogne, A., 2005. Transient hot plate method with two temperature measurements for thermal characterization of metals. *Measurement Science and Technology* 17, 69. <https://doi.org/10.1088/0957-0233/17/1/012>

Kriker, A., Debicki, G., Bali, A., Khenfer, M.M., Chabannet, M., 2005. Mechanical properties of date palm fibres and concrete reinforced with date palm fibres in hot-dry climate. *Cement and Concrete Composites* 27, 554–564. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2004.09.015>

Liang, Y., Levacher, D., Razakamanantsoa, A., Deneele, D., 2014. Sédiments fins renforcés par une matrice ciment-fibre : recherche d'une formulation optimale. <https://doi.org/10.5150/jngcgc.2014.113>

Ly, E.B., Lette, M.J., Diallo, A.K., Gassama, A., Takasaki, A., Ndiaye, D., 2019. Effect of Reinforcing Fillers and Fibres Treatment on Morphological and Mechanical Properties of Typha-Phenolic Resin Composites. *Fibers and Polymers* 20, 1046–1053. <https://doi.org/10.1007/s12221-019-1087-y>

Ouakarrouch, M., El Azhary, K., Mansour, M., Laaroussi, N., Garoum, M., 2020. Thermal study of clay bricks reinforced by sisal-fibers used in construction in south of Morocco. *Energy Reports* 6, 81–88. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2019.11.045>

Ouedraogo, K.A.J., Aubert, J.-E., Tribout, C., Escadeillas, G., 2020. Is stabilization of earth bricks using low cement or lime contents relevant? *Construction and Building Materials* 236, 117578. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117578>

Phung, T. anh, 2018. Formulation et caractérisation d'un composite terre-fibres végétales : la bauge.

Riveros Olmos A, 2016. Essais d'identification de la matiere premiere.

Röhlen Ulrich, Mochel Anne, Doat Patrice, 2013.

Construire en terre crue : construction, rénovation, finitions / Ulrich Röhlen, Christof Ziegert ; traduit par Anne Mochel ; [conception graphique et réalisation de l'ouvrage : Catherine Lattuca] ; [préface prof. Dr Ulrich Röhlen, Christof Ziegert, Anne Mochel,...] ; [avant-propos Patrice Doat,...]. Editions Le Moniteur, Paris.

Vèjeliènè, J., 2012. Processed straw as effective thermal insulation for building envelope constructions. *Engineering Structures and Technologies* 4, 96–103. <https://doi.org/10.3846/2029882X.2012.730286>

Walker, P., Stace, T., 1997. Properties of some cement stabilised compressed earth blocks and mortars. *Materials and Structures* 30, 545–551. <https://doi.org/10.1007/BF02486398>