

Détermination des propriétés thermo-physique et mécanique du typha australis.

Marthe Tatiana DIATTA^{1*}, Salif GAYE¹, Ababacar THIAM¹, Dorothé AZILINON¹

¹Laboratoire d'Énergétique Appliquée, Ecole Supérieure Polytechnique - UCAD, Dakar-Sénégal
* (auteur correspondant : diattamarthe@yahoo.fr)

Résumé - Le typha australis est défini comme un genre de plantes monocotylédones communément appelées massettes ou quenouilles répandues dans les milieux aquatiques ou humides (fleuves, lacs, marigots, canaux, etc.). L'objectif de ce travail est d'identifier les propriétés thermique et mécanique du typha australis. Pour cela nous avons déterminé la conductivité thermique du typha australis seul, ensuite celle du typha mélangé avec d'autres matériaux (ciment, sable, eau) et enfin sa résistance mécanique à la compression simple.

Nomenclature

A	enceinte	<i>Symboles grecs</i>	
C	capacité thermique spécifique, $J.kg^{-1}.^{\circ}C^{-1}$		conductivité thermique, $W.m^{-1}.K^{-1}$
e	épaisseur de l'échantillon, m		masse volumique, $kg.m^{-3}$
F	force appliquée, N	<i>Indices et exposants</i>	
R_c	résistance mécanique, MPa	a	ambiante
R_{th}	résistance thermique, $m^2.K.W^{-1}$	B	boîte
R	résistance du film chauffant,	c	compression
S	surface d'échange, m^2	C	chaude
T	température, K	f	froide
T	variation de température, K		
V	tension aux bornes de la résistance, V		

1. Introduction

La prolifération du typha est devenue une contrainte majeure surtout pour l'exploitation des ressources du Fleuve Sénégal du fait des nombreux inconvénients qu'elle cause [1]. En effet, elle a des conséquences néfastes sur l'ensemble des activités socio-économiques (santé, qualité de l'eau, agriculture, la pêche, la biodiversité etc.). Face à ces problèmes, des tentatives d'élimination du typha ont été menées (méthodes mécaniques, chimiques, biologiques, etc.). Ces méthodes de lutte utilisées, n'ayant pas donné des résultats satisfaisants, ce travail tente de valoriser énergétiquement le typha par son intégration dans les matériaux locaux de construction. Des matériaux de construction à base de déchets agricoles (paille de riz) mélangés avec de l'argile sont utilisés dans ce sens par D. Sow et al [2]. Cet article conclut que la conductivité thermique des mélanges diminue en fonction du pourcentage de paille de riz ajouté. De même, il ressort que la paille à elle seule isole bien mais n'a aucune inertie thermique.

De même, Diagne et al. [3] ont déterminé la dureté et le module de rupture du typha australis seul ensuite du typha australis mélangé avec d'autres matériaux (pulpe de sisal, pulpe de polypropylène). Leurs résultats ont montré que les propriétés mécaniques du typha seul sont améliorées par l'ajout de la pulpe de sisal et des fibres de polypropylène.

Bederina et al. [4] ont travaillé sur l'effet des rasages de bois sur la conductivité thermique des bétons de sable. Il en résulte que la conductivité thermique des bétons utilisés est améliorée par les rasages de bois.

Meukam et al. [5] avaient pour objectif de déterminer l'effet de l'addition de pozzolan ou de la sciure de bois dans des briques de sol latérite. Les propriétés thermiques ont montré que l'incorporation de pozzolan ou de la sciure de bois entraîne une diminution de la conductivité thermique. En effet, la conductivité thermique reste sous l'influence de la teneur en eau contenue dans le matériau.

Enfin, S. GAYE a décrit en détail les méthodes de mesures des propriétés mécaniques, acoustiques et thermiques dans sa Thèse d'Etat au chapitre 3. [6]

Pendant, il est indispensable pour appréhender un matériau de le caractériser c'est-à-dire d'identifier certaines de ses propriétés thermo-physique et mécanique. Notre étude consiste à déterminer la conductivité thermique ainsi que la résistance mécanique à la compression simple du typha seul ou mélangé avec d'autres matériaux (ciment, sable, eau) en vue de sa valorisation énergétique par son intégration dans les matériaux de construction.

2. Méthodologie d'étude

2.1. Formulation des échantillons

Les échantillons sont réalisés à partir de matériaux locaux : le sable fin de dune de la localité de Tivaoune Peul, le sable 0/3 de Ngoudiane, le ciment de la Société de Commercialisation de Ciment, l'eau de la société Sénégalaise Des Eaux et le typha australis de Cambérène à Dakar. Tous les pourcentages du document sont des pourcentages massiques.

2.1.1 Echantillons prismatiques

Premièrement nous avons élaboré des échantillons uniquement constitués de typha australis. Une fois cueilli, le typha a été séché au moins pendant sept jours au soleil pour s'assurer que l'eau contenue dans cette plante s'est parfaitement évaporée. Puis, le Typha est haché en petits morceaux nous permettant aussi de faire sa granulométrie. Ensuite, le typha haché est mis dans une boîte prismatique 27 cm × 27 cm × 5 cm (tableau 1), en variant la masse volumique nous avons pu chercher la conductivité thermique correspondante par la méthode des boîtes. Ces échantillons sont constitués à 100% de typha australis.

Echantillons	Masse volumique (kg/m^3)
E_0	$80,93 \pm 0,016$
E_1	$75,44 \pm 0,015$
E_2	$69,96 \pm 0,014$
E_3	$64,47 \pm 0,013$
E_4	$63,78 \pm 0,013$

Tableau 1 : Masse volumique des échantillons constitués uniquement de typha australis.

Deuxièmement, nous avons mélangé le typha avec d'autres matériaux (ciment + sable + eau). Un échantillon de référence a été constitué auquel un pourcentage variable de typha (de 0,5 % à 3 %) a été ajouté au détriment du sable. Le pourcentage de ciment est 15,8 % ; 8,05 % pour l'eau et 76,14 % pour le sable, soit 38,07 % de sable de dune et 38,07 % de sable 0/3.

2.1.2 Echantillons cylindriques

Pour les éprouvettes cylindriques normalisées, nous avons aussi constitué un échantillon de référence auquel les différents pourcentages de typha et les autres matériaux précédents ont été ajoutés. 24 heures après leur élaboration, les échantillons sont plongés dans l'eau et conservés dans une chambre climatisée maintenue à une température constante. Nous avons ensuite déterminé la résistance mécanique à la compression simple au 7^{ième} jour et 28^{ième} jour. Avant l'écrasement, les échantillons sont mis à l'air libre pendant un jour minimum.

2.2 Dispositif expérimental

2.2.1 Mesure thermique

Nous avons utilisé la cellule de mesure EI 700 qui permet de mesurer simultanément les caractéristiques thermiques sur deux échantillons différents [6].

Le principe de la mesure consiste à réaliser un flux de chaleur unidirectionnel connu, à travers l'échantillon à tester, en le plaçant entre une ambiance chaude et une ambiance froide, puis d'effectuer les mesures après obtention du régime permanent. Afin de minimiser les échanges thermiques entre la boîte et l'ambiance extérieure, on applique une tension de chauffe bien adaptée de sorte que la température de la boîte (T_B) soit la plus proche possible de la température de la salle d'expérimentation (T_a) tout en restant légèrement supérieure à celle-ci ($\Delta T < 1^\circ\text{C}$).

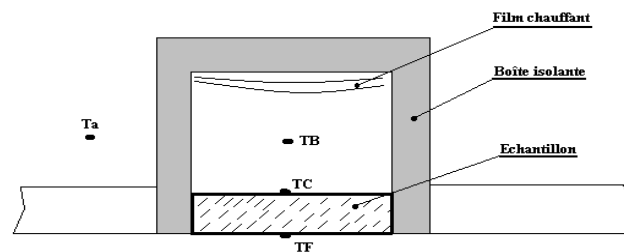


Figure 1 : Coupe transversale d'une boîte pour la mesure de la conductivité thermique

Un échangeur thermique alimenté par un cryostat permet de refroidir l'enceinte A en contact avec la face inférieure de l'échantillon créant ainsi un gradient de température entre la face chaude (T_C) et celle froide (T_f). Une tension est appliquée aux bornes du film chauffant une fois que l'échantillon est placé dans la boîte. En régime permanent, on détermine la valeur de la conductivité thermique λ à partir de la relation suivante :

$$\lambda = \frac{e}{S(T_C - T_f)} \left[\frac{V^2}{R} - C(T_B - T_a) \right] \quad (1)$$

2.2.2 Mesure mécanique

La résistance en compression se mesure par compression uni axiale de cylindres droits de révolution de section S et d'une hauteur double de leur diamètre [6].

Lors de cet essai, l'éprouvette cylindrique surfacée est placée entre les plateaux d'une presse et la force axiale est augmentée jusqu'à la rupture de l'éprouvette. La valeur maximale F de la force permet de calculer la résistance en compression axiale R_c du matériau selon la relation (2) :

$$R_c = \frac{F}{S} \quad (2)$$

3. Résultats expérimentaux

3.1 Résultats granulométriques

La granulométrie des sables et du typha a été déterminée par tamisage à sec. Les graphes de la figure 2 montrent que le typha est plus grossier suivi du sable 0/3 et enfin du sable fin.

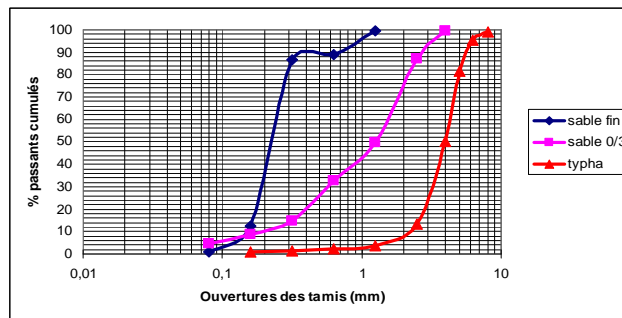


Figure 2 : Graphes granulométriques

3.2 Résultats d'études thermiques

3.2.1 Typha seul

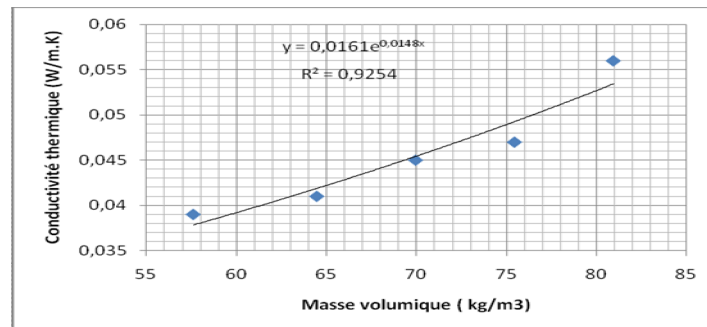


Figure 3 : Évolution de la conductivité thermique en fonction de la masse volumique

La figure 3 montre que la conductivité thermique diminue lorsque la masse volumique du typha décroît. Cette diminution est due à l'état dans lequel nous avons utilisé le typha (haché en petits morceaux). Car le typha est essentiellement constitué de pores qui constituent la structure interne de la plante, à cela s'ajoutent les trous d'air entre les petits morceaux de typha. Cependant un matériau est considéré comme isolant thermique lorsque sa conductivité reste inférieure à 0,065 W/m.K et sa résistance thermique lorsqu'il est mis en œuvre supérieure à 5 m²K/W [7]. Les conductivités thermiques trouvées sont inférieures à 0,06 W/m.K, ce qui confère au typha un bon pouvoir d'isolation thermique. Dans ce cas le typha peut être aggloméré et utilisé comme panneaux d'isolation thermique.

3.2.2 Béton à base de typha

Lorsque nous ajoutons 0,5 % de typha à notre échantillon de référence, nous observons une diminution rapide de la conductivité thermique selon la figure 4. En effet, quand nous ajoutons un matériau isolant dans un matériau conducteur, la conductivité thermique va subir une baisse. C'est ce qui explique la décroissance de la conductivité thermique toutes les fois où un pourcentage de typha est ajouté.

En outre, la conductivité thermique et la résistance thermique sont inversement proportionnelles. La résistance thermique en fonction du pourcentage de typha est donnée par la figure 4 :

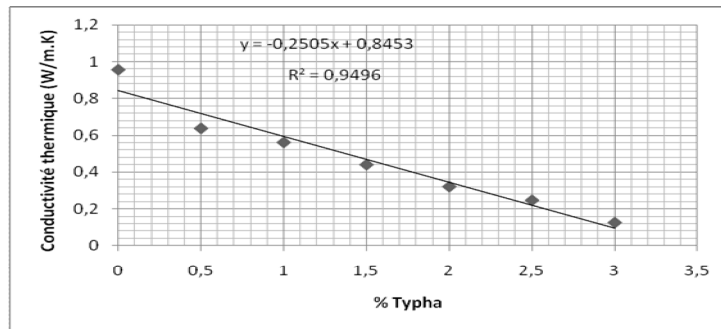


Figure 4 : Évolution de la conductivité thermique en fonction du pourcentage de typha

3.3 Résultats mécaniques

La figure 5 illustre les résultats mécaniques obtenus au bout du 7^{ième} jour et 28^{ième} jour.

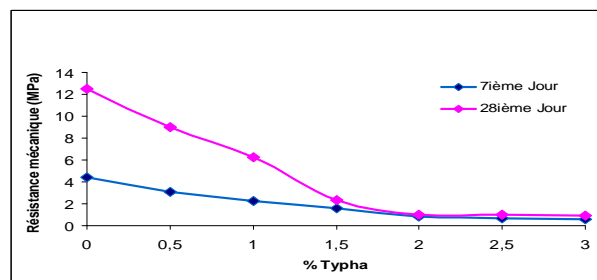


Figure 5 : Évolution de la résistance mécanique en fonction du pourcentage de typha

La résistance mécanique pendant le 7^{ième} jour et celle du 28^{ième} jour diffèrent considérablement lorsque le pourcentage de typha reste inférieur à 1,5 %. Cet écart peut être lié au mûrissement du ciment au 28^{ième} jour. Au-delà, les deux résistances sont presque les mêmes dû à l'accroissement du volume de typha lorsque son pourcentage augmente facilitant ainsi la rupture de l'échantillon à l'écrasement.

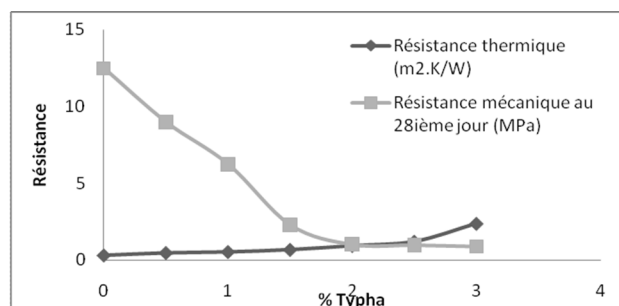


Figure 6 : Évolution des résistances thermique et mécanique en fonction du pourcentage de typha.

4. Conclusion

Notre étude avait pour objectif principal de déterminer les propriétés thermique et mécanique du typha australis.

Après la granulométrie des matériaux utilisés, nous avons déterminé la conductivité thermique du typha seul à différentes masses volumiques. La conductivité moyenne du typha est 0,045 W/m.K correspondant à une masse volumique moyenne de $69,68 \pm 0,014 \text{ kg/m}^3$.

En outre, Nous avons aussi déterminé la conductivité thermique du béton à base de typha ainsi que la résistance mécanique correspondant à chaque échantillon. La meilleure conductivité thermique obtenue est 0,126 W/m.K pour un pourcentage de 3 % de typha. La résistance mécanique correspondante au 28^{ième} jour est 0,89 MPa.

Nous observons que plus les propriétés thermiques s'améliorent, plus les propriétés mécaniques s'affaiblissent. Néanmoins, le typha seul isole mieux et n'a pas d'inertie thermique. Il est alors plus avantageux de l'agglomérer afin de l'utiliser comme panneaux d'isolation thermique.

Par contre, il serait intéressant d'étudier l'évolution de la température d'un mur isolé par le typha et d'un mur classique ainsi que l'impact de l'utilisation du typha dans l'habitat social sur la consommation énergétique.

Références

- [1] Nd, L. SARR, Aspects socioéconomiques du typha, *Mémoire DEA*, ISE/FST/UCAD-Sénégal, 2003, 1-49.
- [2] D. SOW, S. GAYE, M. ADJ and D. AZILINON, Valorization of Agricultural Wastes by their Integration in Construction Materials: Application to Rice Straw, *Proceeding of AMSE International Conference MS09*, Trivandrum, India, 1- 3 December 2009, pp 314 -347 - ISBN: 978-84-8384-050-4, Legal Deposit: PM 993-2008
- [3] M. Diagne , G.H.D. Tonoli, S. Jr. Holmer, A. C. Beye, and S. Wole, Synthetic and vegetable plant fibres as hybrid reinforcement for cement based matrix, *Inter American Conference on Non-Conventional Materials and Technologies in Ecological and Sustainable Constuction, IAC-NOCMAT 2005*, Rio de Janeiro-Brazil, November 11 ó 15th, 617-624.
- [4] BEDERINA, M., MARMORET, L, MEZREB, K., KHENFER, M.M., BALI, A., et QUENEUDEC, M., Effect of the addition of wood shavings on thermal conductivity of sand concretes: Experimental study and modeling, *Int. Journal Construction and Building Materials*, Alger, Algeria, February 2006, 662-668.
- [5] P. MEUKAM, Y. JANNOT, A. NOUMOWE and T.C. KOFANE, Thermo physical characteristics of economical building materials, *Int. Journal Construction and Building Materials* 18 (2004), 437-443.
- [6] S. GAYE, Caractérisation des propriétés mécanique, acoustiques et thermiques de matériaux locaux de construction, *Thèse d'Etat Energétique*, FST/UCAD-Sénégal, 2001, 41-79.
- [7] G. MENGUY et S. GAYE, Transmission de chaleur: cours et problèmes. *Édition CUT*, Liban , 2008.