



Journal Homepage: [-www.journalijar.com](http://www.journalijar.com)

INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED RESEARCH (IJAR)

Article DOI:10.21474/IJAR01/12207
DOI URL: <http://dx.doi.org/10.21474/IJAR01/12207>



RESEARCH ARTICLE

ETUDE D'UN PANNEAU PLAN À BASE DE TYPHA ET D'ARGILE EN RÉGIME TRANSITOIRE

Mamadou Babacar Ndiaye¹, Ahmadou Diop¹, Seydou Faye², Youssou Traore² and Gregoire Sissoko²

1. University Institute of Technology, University of Thiès, Sénégal.
2. Laboratory of Semiconductors and Solar Energy, Physics Department, Faculty of Science and Technology, University Cheikh Anta Diop, Dakar, Senegal.

Manuscript Info

Manuscript History

Received: 20 October 2020

Final Accepted: 24 November 2020

Published: December 2020

Key words:-

Comportement Thermique, Typha, Argile, Coefficient D'échange, Régime Transitoire

Abstract

Une étude du comportement thermique en régime transitoire du typha associé à de l'argile comme liant est réalisée. Les valeurs propres qui influencent la constante de temps de décroissance de la température sont déterminées à partir de l'équation transcendante, qui relie les coefficients d'échange thermique sur les deux surfaces ainsi que la densité volumique du typha. L'impact du coefficient d'échange thermique sur la température et de la densité de flux de chaleur en fonction de la profondeur dans le matériau est analysé.

Copy Right, IJAR, 2020,. All rights reserved.

Introduction:-

La demande énergétique pour assurer le confort thermique [1-4] dans les bâtiments (chauffage ou climatisation) représente une part importante de la consommation d'énergie finale. Une économie d'énergie passe donc par une isolation thermique des structures.[5-8]

Des chercheurs ont travaillé sur plusieurs matériaux locaux d'origine végétale[9-12], animale[13,14] ou synthétique [15-17] pour un confort thermique.

Parmi ces matériaux locaux d'origine végétale, nous avons le typha[18,19] qui est une plante fibreuse de la famille des typhacées. Elle se développe dans des zones humides où le taux de salinité des eaux est relativement bas (fleuves, lacs marécages...). Pour améliorer son comportement mécanique, nous avons l'associés avec de l'argile[20,21] comme liant.

Dans ce travail, nous étudions le transfert thermique en régime transitoire dans un panneau constitué de typha – argile. L'influence du coefficient d'échange thermique étudiée.

Théorie:

Présentation du modèle d'étude:

Dans notre étude nous avons un mur simple d'une épaisseur de 5cm. Ce mur est un matériau composé d'un mélange de typha-argile. Les milieux ambiants extérieures ont une température de $T_a = 30^{\circ}C$ et la température initiale du matériau $T_i = 10^{\circ}C$.

Corresponding Author:- Gregoire Sissoko

Address:- Laboratory of Semiconductors and Solar Energy, Physics Department, Faculty of Science and Technology, University Cheikh Anta Diop, Dakar, Senegal.

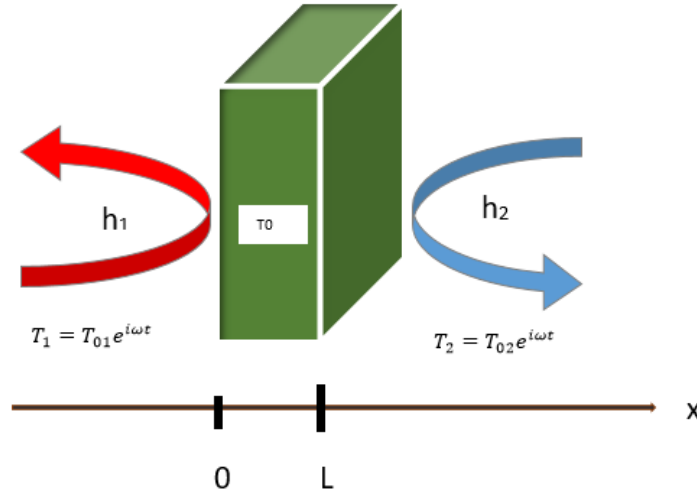


Figure 1:- Echantillon à étudier constituée de l'isolant thermique typha.

$L = 0.05\text{m}$, $T_a = 30^\circ\text{C}$ et $T_i = 10^\circ\text{C}$.

L: Longueur du mur (m)

h_1 : est le coefficient d'échange thermique à la face avant.

h_2 : est le coefficient d'échange thermique à la face arrière.

T_a : La température ambiante du matériau

T_i : La température initiale du matériau

Le matériau est supposé à une température initiale $T(x, h_1, h_2, t = 0) = T_i = 10^\circ\text{C}$

Les paramètres thermo physiques du typha-argile sont donnés en fonction de la masse volumique par les formulations 1, 2 et 3 suivantes.

Formulation 1:- Echantillons de référence sans typha (5 échantillons sont fabriqués).

Formulation	Proportion massique d'eau en %	Proportion terre en %	Masse volumique moyenne en kg.m^{-3}	Rm moyenne en MPa
A	26,1	73,9	2 032,28	1,08

Formulation 2:- Echantillons avec 4,48% en masse de typha (5 échantillons sont fabriqués).

Formulation	Proportion massique d'eau en %	Proportion terre en %	Proportion de typha en %	Masse volumique moyenne en kg.m^{-3}	Rm moyenne en MPa
B	23,88	71,63	4,48	1 448,84	0,89

Formulation 3:- Echantillons avec 10% en masse de typha (5 échantillons sont fabriqués).

Formulation	Proportion massique d'eau en %	Proportion terre en %	Proportion de typha en %	Masse volumique moyenne en kg.m^{-3}	Rm moyenne en MPa
C	20	70	10	0927,89	0,71

Equation de diffusion de la chaleur:

Lorsqu'on impose un flux unidirectionnel à un panneau, on note un transfert thermique régit par l'équation de la chaleur à une dimension donnée par la relation suivante :

$$\frac{\partial^2 T(x, h_1, h_2, t)}{\partial x^2} - \frac{1}{\alpha} \frac{\partial T(x, h_1, h_2, t)}{\partial t} = 0 \tag{1}$$

$$\alpha = \frac{\lambda}{\rho.c} \quad (2)$$

α est le coefficient de diffusivité thermique ($m^2.s^{-1}$)

λ est la conductivité thermique ($W.m^{-2}.^{\circ}C^{-1}$)

ρ est la masse volumique du matériau ($Kg.m^{-3}$)

$$\left\{ \begin{array}{l} \lambda \frac{\partial T(x, h_1, h_2, t)}{\partial x} \Big|_{x=0} = h_1 [T(0, h_1, h_2, t) - T_a] \\ \lambda \frac{\partial T(x, h_1, h_2, t)}{\partial x} \Big|_{x=L} = -h_2 [T(L, h_1, h_2, t) - T_a] \end{array} \right. \quad (3)$$

$$T(x, h_1, h_2, t=0) = T_i \quad (5)$$

En posant :

$$\theta(u, \tau) = \frac{T(x, h_1, h_2, t) - T_a}{T(x, h_1, h_2, t=0) - T_a} = \frac{T(x, h_1, h_2, t) - T_a}{T_i - T_a} \quad (6)$$

Après résolution de l'équation en tenant compte des conditions aux limites nous obtenons la l'expression de la température réduite :

$$\theta(u, \tau) = \sum_n [a_n \cos(\beta_n u) + b_n \sin(\beta_n u)] H(0) \cdot e^{-\frac{\tau}{\alpha}} \quad (7)$$

L'expression finale de la température est alors donnée par la relation :

$$T(x, h_1, h_2, t) = T_a + (T_i - T_a) \cdot \delta \theta_0 \cdot \sum_n a_n^2 \left[\cos\left(\frac{x}{L} \cdot \beta_n\right) + \frac{h_1 \cdot L}{\lambda \cdot \beta_n} \sin\left(\frac{x}{L} \cdot \beta_n\right) \right] [H_{1n}(0) + H_{2n}(0)] e^{-\frac{\alpha t}{L^2} [\beta_n^2]} \quad (8)$$

Nous utilisons la condition de normalisation pour trouver la constante a_n en posant:

$$\int_0^1 U(u)^2 du = 1 \quad (9)$$

$$H(0) = \int_0^1 U(u) \cdot \theta(u, 0) du \quad (10)$$

$$\text{avec } U(u) = a_n \cos(\beta_n u) + b_n \sin(\beta_n u) \quad (11)$$

$$H(0) = [H_{1n}(0) + H_{2n}(0)] \quad (12)$$

L'expression de la densité de flux de chaleur est donnée par la formule suivante :

$$\Phi(x, h_1, h_2, t) = -\lambda \frac{\partial T(x, h_1, h_2, t)}{\partial x} \quad (13)$$

L'expression de la densité de flux de chaleur se réécrit par:

$$\Phi(x, h_1, h_2, t) = \lambda \cdot (T_i - T_a) \cdot \delta \theta_0 \cdot \sum_n a_n^2 \left[\frac{\beta_n}{L} \sin\left(\frac{x}{L} \cdot \beta_n\right) - \frac{h_1}{\lambda} \cos\left(\frac{x}{L} \cdot \beta_n\right) \right] [H_{1n}(0) + H_{2n}(0)] e^{-\frac{\alpha t}{L^2} [\beta_n^2]} \quad (14)$$

Nous obtenons l'expression suivante de la variation de température :

$$\Delta T(x, h_1, h_2, t) = T(0, h_1, h_2, t) - T(x, h_1, h_2, t) \quad (15)$$

En appliquant la différence de température nous obtenons l'expression (16).

$$T(0, h_1, h_2, t) - T(x, h_1, h_2, t) = (T_i - T_a) \cdot \delta \theta_0 \cdot \sum_n a_n^2 [H_{1n}(0) + H_{2n}(0)] e^{-\frac{\alpha t}{L^2} [\beta_n^2]} \left\{ 1 - \left[\cos\left(\frac{x}{L} \cdot \beta_n\right) + \frac{h_1 \cdot L}{\lambda \cdot \beta_n} \sin\left(\frac{x}{L} \cdot \beta_n\right) \right] \right\} \quad (16)$$

Equation transcendante:

Les expressions 3, 4 et 16, nous permettent de trouver l'équation transcendante :

$$\tan(\beta_n) = \frac{\frac{h_2 L}{\lambda} \beta_n + \beta_n \frac{h_1 L}{\lambda}}{\beta_n^2 - \frac{h_1 \cdot h_2 \cdot L^2}{\lambda^2}} \quad (17)$$

Les valeurs propres β_n sont trouvées par de la méthode graphique à partir de l'expression l'équation transcendante est scindée en deux fonctions f_t et f_h :

-La fonction trigonométrique notée $f_t(\beta_n)$ et

$$f_t(\beta_n) = \tan(\beta_n) \quad (18)$$

-La fonction homogène notée $f_h(\beta_n)$

$$f_h(\beta_n) = \frac{\frac{h_2 L}{\lambda} \beta_n + \beta_n \frac{h_1 L}{\lambda}}{\beta_n^2 - \frac{h_1 \cdot h_2 \cdot L^2}{\lambda^2}} \quad (19)$$

En traçant sur le même graphe les fonctions $f_t(\beta_n)$ et $f_h(\beta_n)$ en fonction de β_n on obtient les courbes de la figure 2, pour des différentes valeurs du coefficient d'échanges à la face avant et à la face arrière et pour différentes valeurs de la densité du matériau typha-argile.

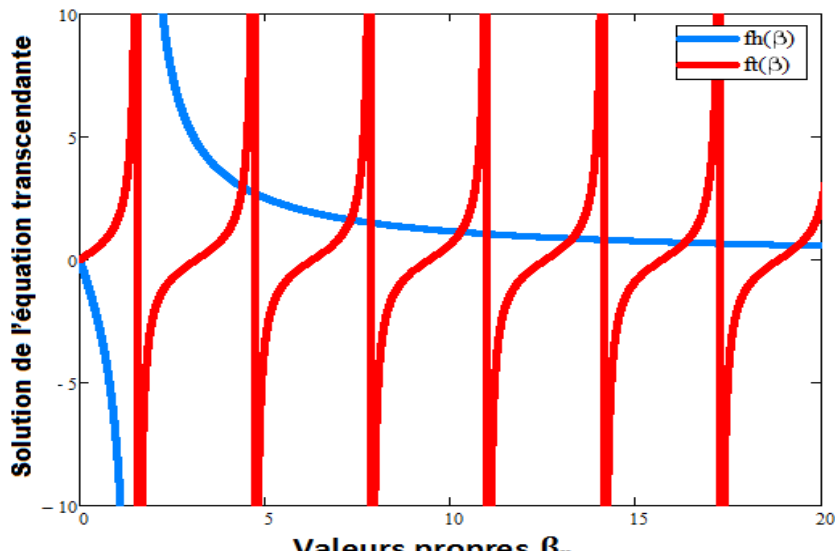


Figure 2:- Détermination graphique des valeurs propres (β_n) de l'équation transcendante.

Dans cette figure nous présentons l'évolution de $f_t(\beta_n)$ et $f_h(\beta_n)$ en fonction des valeurs propres de l'équation transcendante pour différentes valeurs des coefficients.

L'intersection des deux courbes $f_h(\beta_n)$ et $f_t(\beta_n)$ correspond à la solution.

Le tableau 1 résume les valeurs propres trouvées de β_n .

Tableau 1:-Les valeurs propres de β_n de l'équation avec $n=1,2,3$ pour chaque échantillon.

n	1	2	3	4	5
β_n	4,4	7,4	10,3	13,3	16,4

Résultats et Discussions:-

Température et densité de flux de chaleur en fonction de la profondeur pour différentes valeurs du coefficient d'échange à la face avant:

Les figures 3, 4 et 5 donnent la température et la densité de flux de chaleur des échantillons en fonction de la profondeur sous l'influence du coefficient d'échange thermique à la face avant.

Nous notons une décroissance de la température ainsi que de la densité de flux de chaleur. En fonction de la profondeur du mur constitué d'un matériau composite en typha-argile. Cette chute thermique en profondeur montre que ce mur est un bon isolant.

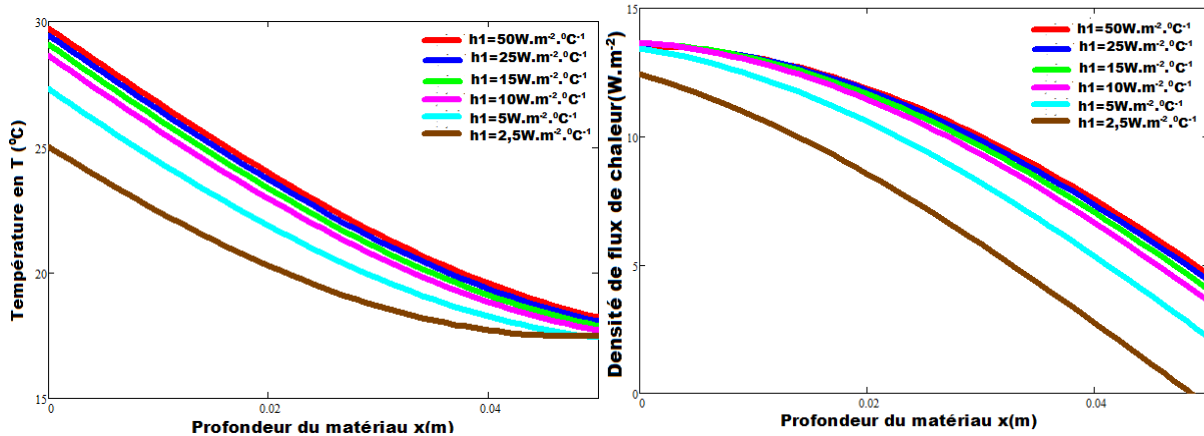


Figure 3:- Température et densité de flux de chaleur de l'échantillon A en fonction de la profondeur du matériau sous l'impact du coefficient d'échange thermique. $\alpha=1,8.10^{-5}$; $\lambda=0.045 \text{ W.m}^{-1}.\text{°C}^{-1}$; $T_a=30 \text{ °C}$; $T_i=10 \text{ °C}$; $h_2=0.005 \text{ W.m}^{-2}.\text{°C}^{-1}$; $t=10\text{s}$

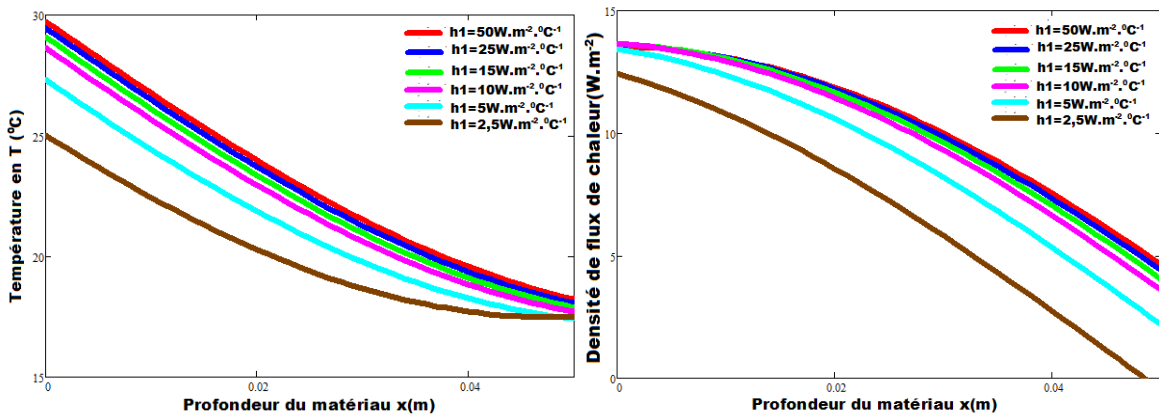


Figure 4:- Température et densité de flux de chaleur de l'échantillon B en fonction de la profondeur du matériau sous l'impact du coefficient d'échange thermique. $\alpha=1,8.10^{-5}$; $\lambda=0.045 \text{ W.m}^{-1}.\text{°C}^{-1}$; $T_a=30 \text{ °C}$; $T_i=10 \text{ °C}$; $h_2=0.005 \text{ W.m}^{-2}.\text{°C}^{-1}$; $t=10\text{s}$

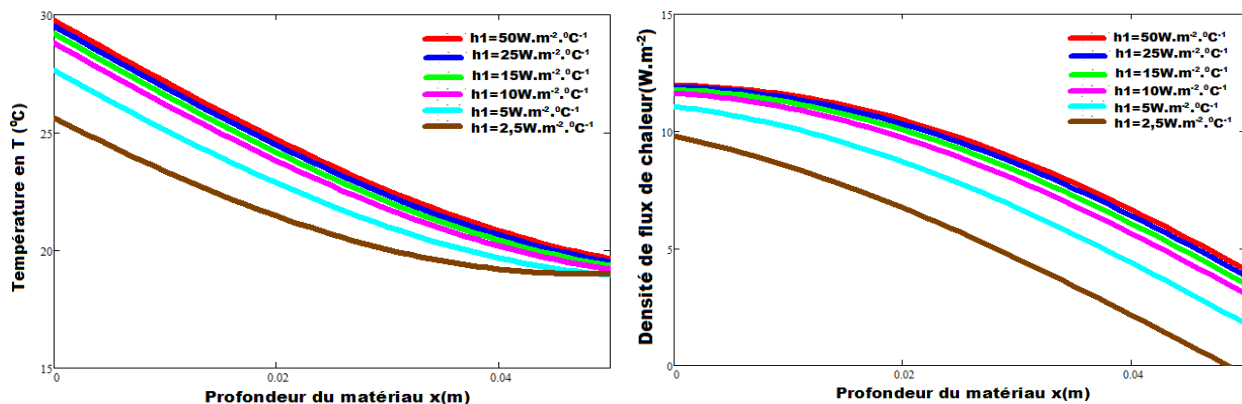


Figure 5:-Température et densité de flux de chaleur de l'échantillon C en fonction de la profondeur du matériau sous l'impact du coefficient d'échange thermique. $\alpha=1,8.10^{-5}$; $\lambda=0.045 \text{ W.m}^{-1}.\text{C}^{-1}$; $T_a=30 \text{ }^\circ\text{C}$; $T_i=10 \text{ }^\circ\text{C}$; $h_2=0.005 \text{ W.m}^{-2}.\text{C}^{-1}$; $t=10\text{s}$

Température et densité de flux de chaleur en fonction du temps pour différentes valeurs du coefficient d'échange à la face avant:

Les figures 6, 7 et 8 donnent la température et la densité de flux de chaleur des échantillons en fonction du temps sous l'influence du coefficient d'échange thermique à la face avant.

Ces figures montrent que le mur s'échauffe en fonction du temps traduisant un emmagasinement de d'énergie thermique. L'échange de température pour les différentes formulations est d'autant plus important que le coefficient thermique est élevé.

La quantité de chaleur par unite de surface diminue à l'intérieur du matériau. Cette diminution est dû à une perte de la chaleur dans le matériau typha-argile.

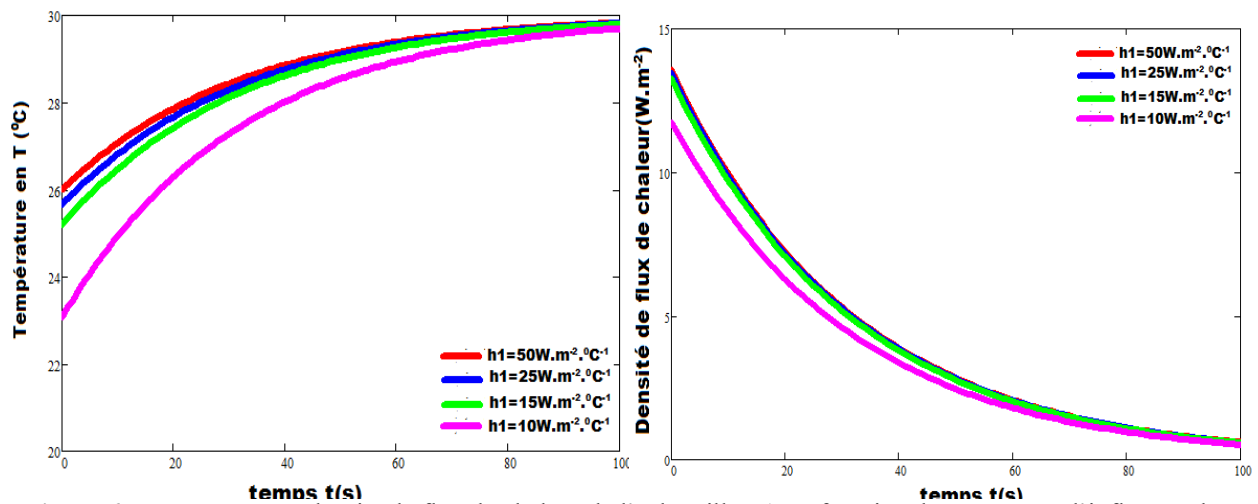


Figure 6:-Température et densité de flux de chaleur de l'échantillon A en fonction du temps sous l'influence du coefficient d'échange thermique à la face avant. $\alpha=1,8.10^{-5}$; $\lambda=0.045 \text{ W.m}^{-1}.\text{C}^{-1}$; $T_a=30 \text{ }^\circ\text{C}$; $T_i=10 \text{ }^\circ\text{C}$; $x=0.01\text{m}$; $h_2=0.05 \text{ W.m}^{-2}.\text{C}^{-1}$

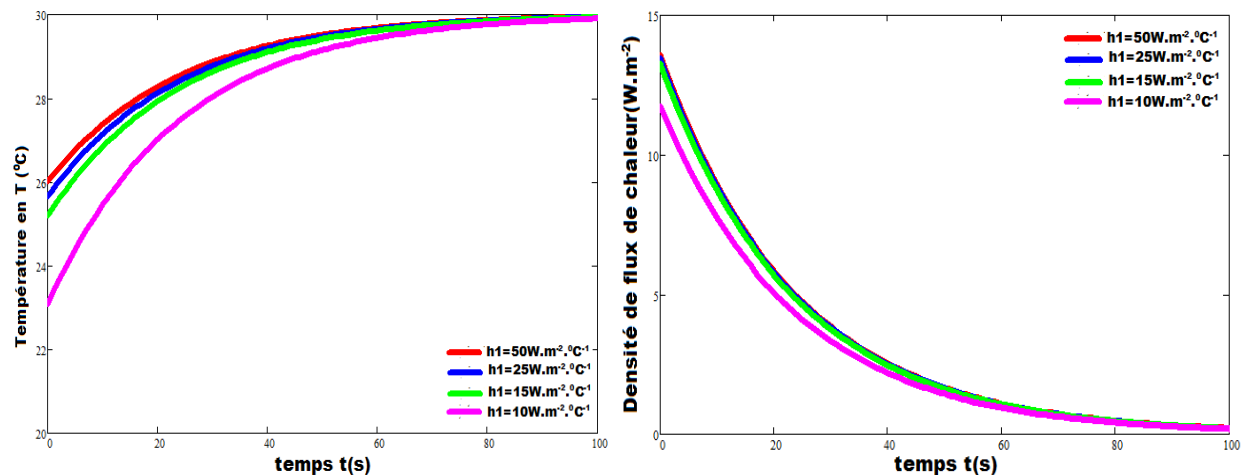


Figure 7:-Température et densité de flux de chaleur de l'échantillon B en fonction du temps sous l'influence du coefficient d'échange thermique à la face avant. $\alpha=1,8.10^{-5}$; $\lambda=0.045 \text{ W.m}^{-1}.\text{C}^{-1}$; $T_a=30 \text{ }^\circ\text{C}$; $T_i=10 \text{ }^\circ\text{C}$; $x=0.01\text{m}$; $h_2=0.05 \text{ W.m}^{-2}.\text{C}^{-1}$

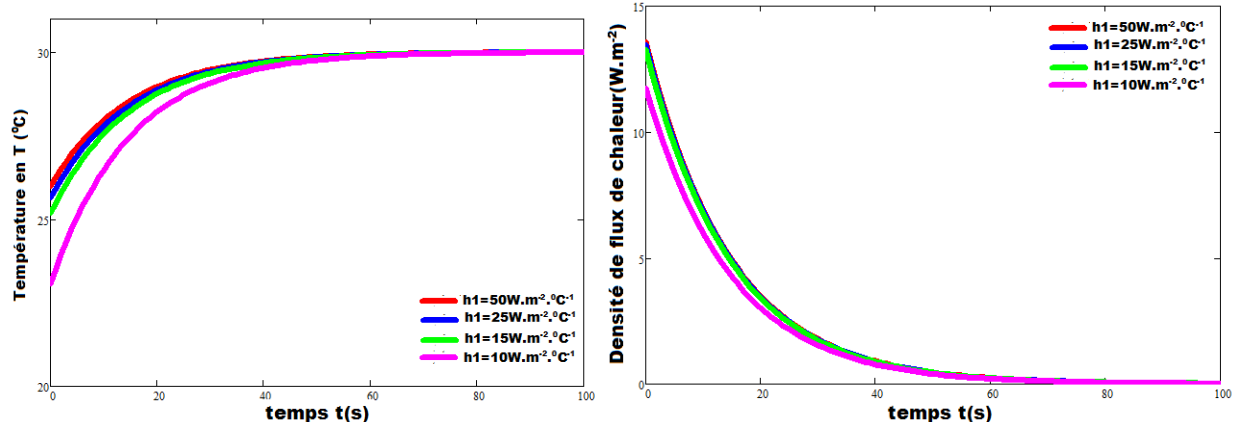


Figure 8:-Température et densité de flux de chaleur de l'échantillon B en fonction du temps sous l'influence du coefficient d'échange thermique à la face avant. $\alpha=1,8.10^{-5}$; $\lambda=0,045 \text{ W.m}^{-1}.\text{C}^{-1}$; $T_a=30 \text{ }^\circ\text{C}$; $T_i=10 \text{ }^\circ\text{C}$; $x=0,01\text{m}$; $h_2=0,05\text{W.m}^{-2}.\text{C}^{-1}$

Conclusion:-

L'étude du comportement thermique du matériau isolant thermique typha-argile à travers une modélisation de la température et de la densité de flux de chaleur a permis de mettre en exergue la qualité du matériau en isolant thermique. L'influence du coefficient d'échange thermique surfacique et de la densité volumique du mur en typha-argile, est donnée à travers la constante de temps rattachée aux valeurs propres, pour lesquelles, les courbes de régime transitoire de la température et du flux thermique sont représentées et analysées pour une profondeur donnée.

Références:-

1. Amr Sayed Hassan Abdallah, (2015), Analysis of Thermal Comfort and Energy Consumption in Long Time Large Educational Halls (Studios), 9th International Symposium on Heating, Ventilation and Air Conditioning (ISHVAC) and the 3rd International Conference on Building Energy and Environment (COBEE), Procedia Engineering 121, pp. 1674 – 1681
2. M.J. Mendell, A. Mirer, (2009), Indoor Thermal Factors and Symptoms in Office Workers: Findings from the U.S. EPA BASE Study, Indoor Air. 19(4),pp. 291-302.
3. Y. H. Yau, B.T. Chew, A. Saifullah, (2011), Thermal comfort in lecture halls in the tropics, Proceedings: ISHVAC, pp. 309-317
4. Cheong KWD, Djunaedy E, Chua YL, Tham KW, Sekhar SC, Wong NH, Ullah MB., (2003), Thermal comfort study of an air-conditioned lecture theatre in the tropics, Building and Environment. 38(1): 63-73.
5. Sookchaiya T, Monyakul V, Thepa S., (2010), Assessment of the thermal environment effects on human comfort and health for the development of novel air conditioning system in tropical regions, Energy and Buildings. 42: 1692-1702.
6. Yamtraipat N, Khedari J, Hirunlabh J., (2005), Thermal comfort standards for air conditioned buildings in hot and Humid Thailand considering additional factors of acclimatization and education level, Solar Energy. 78: 504-517
7. Abotutu, A. and Ojeh, A. (2013), Structural Properties of Dwelling and Thermal Comfort in Tropical Cities: Evidence from Warri, Nigeria, International Journal of Science and Technology Bahir Dar, Ethiopia, 2, 67-98.
8. Legrand O., Vignon J.M., Point R. Et Brun M. (1995), Etude des transferts thermiques locaux et instantanés dans la chambre de combustion d'un moteur diesel en régime transitoire, Revue Générale de Thermique, tome 34-n°405, p. 557-565
9. M. F. Thiam, I. Ly, I. Diagne, C. Thiam, Y. Traore et G. Sissoko, (2017), Transitory regime heat transfer study in a short hollow cylinder rolls up with a thermal insulating material Linen: thermal exchange coefficient influence, Journal of Scientific and Engineering Research, Vol.4(12), pp: 149-155.
10. M.L.Voumbo, A.Wereme and G.Sissoko, (2010), Characterization of Locals Insulators: Sawdust and Wool of Kapok, Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology Vol. 2(2), pp: 138-142.
11. Ablaye Fame, Mamadou Babacar Ndiaye, Youssou Traore, Seydou Faye, Dame Diao, Pape Touty Traore, Imam Katim Toure and Gregoire Sissoko, (2019), Caractérisation des phénomènes de transfert thermique à travers une résistance thermique de contact à l'interface interne d'un mur entre une dalle plane en béton et un panneau de paille de riz, International Journal of Innovation and Applied Studies, Vol. 27 No. 3, pp. 848-853.

13. Amadou Gueye, Khatry Ould Cheikh, Issa Diagne, Youssou TRAORE, SeydouFaye, Cheikh Thiam, Pape Touty Traore, Sokhna Khadidiatou Ben Thiam, Ablaye Fame, El Hadj Bamba Diaw, Gregoire Sissoko, (2020), Study of the Heat Exchange Coefficients in Frequency Modulation for the Determination of Minimum Thickness of Thermal Insulation with Rice Husk Panel, *Journal of Scientific and Engineering Research*, 7(5):323-331, <http://jsaer.com/download/vol-7-iss-5-2020/JSAER2020-7-5-323-331.pdf>
14. Osváth, G., Daubner, T., Dyke, G., Fuisz, T. I., Nord, A., Péntzes, J., Pap, P. L. (2017). How feathered are birds? Environment predicts both the mass and density of body feathers. *Functional Ecology*, 32(3), 701–712. doi:10.1111/1365-2435.13019
15. Williams, C. L., Hagelin, J. C., & Kooyman, G. L. (2015), Hidden keys to survival: the type, density, pattern and functional role of emperor penguin body feathers, *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 282(1817), 2015-2033. doi:10.1098/rspb.2015.2033.
16. Zhang, W.M., Zhou, J.T., Li, T., Yang, B.L. and Huang, H. (2015), Reutilization of Expanded Polystyrene Waste, *Journal of Ningbo University of Technology*, 27, 11-14.
17. Yao, M., Ning, T.M., Peng, T.K. and Jiang, Z.G. (2017), Recycling of Waste Expanded Polystyrene (EPS) by Graft Polymerization. *Journal of Beijing University of Chemical Technology*, 44, 28-33.
18. Huo, S.-P., Nie, M.-C., Kong, Z.-W., Wu, G.-M. and Chen, J. (2012), Crosslinking Kinetics of the Formation of Lignin-Aminated Polyol-Based Polyurethane Foam, *Journal of Applied Polymer Science*, 125, 152-157, <https://doi.org/10.1002/app.35401>
19. A. S. Diaw, D. Sow, M. B. Ndiaye, A. O. Abdelakh, M. Wade, S. Gaye, (2016), Valorization of Typha Australis by its Integration in Building Construction Materials, *IJETAE*, Vol. 6 (1), 2016
20. Sokhna Khadidiatou Ben Thiam, Alassane Ba, Mamadou Babacar Ndiaye, Issa Diagne, Youssou Traore, Seydou Faye, Cheikh Thiam, Pape Touty Traore, Ablaye Fame, Gregoire Sissoko, (2020), One-Dimensional Study of Thermal Behavior of Typha Panel: Spectroscopy Characterization of Heat Exchange Coefficient on Front Face, *Journal of Sustainable Bioenergy Systems*, 10, 52-61, <https://www.scirp.org/journal/jsbs>
21. Cheikh Thiam, Alassane Diene, Youssou Traore, M. S. Ould Brahim, Aliou Diouf, Ould Mohamed Bah, Issa Diagne, Gregoire Sissoko, (2017), Heat distribution in a multilayer in dynamic frequency modulation: influence of the exciting pulse, and the thermal exchange coefficients, *Journal of Scientific and Engineering Research*, 4(9):498-505, <https://jsaer.com/archive/volume-4-issue-9-2017/>
22. Makinta Boukar, Mamadou Ababacar Ndiaye, Alassane Diene, Issa Diagne, Paul Demba, Fala Paye, Mohamed Sidya Ould Brahim And Grégoire Sissoko, (2014), Study of thermo-physical and mechanical properties of clay from the quarry of BANGA BANA. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology (RJASET)* 8(20): 2126-2134, ISSN: 2040-7459; e-ISSN: 2040- 7467. www.maxwellsci.com.