

Journal Homepage: www.journalijar.com

INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED RESEARCH (IJAR)

Article DOI:10.21474/IJAR01/24421
DOI URL: <http://dx.doi.org/10.21474/IJAR01/24421>



RESEARCH ARTICLE

DETERMINATION DE LA BANDE DE FREQUENCE DYNAMIQUE (BFD) D'UN PANNEAU COMPOSITE BIOSOURCE BALLE DE RIZ-ARGILE THICKY

Mody Gaye, Youssou Traore, Djiby Coulibaly, Oumar Diallo and Mamadou Babacar Ndiaye

1. Laboratoire de Matériaux d'Energetique, d'Electricite et d'Economie (LM3E), Institut Universitaire de Technologie de Université Iba Der Thiam de Thiès, Senegal.

Manuscript Info

Manuscript History

Received: 14 August 2026

Final Accepted: 16 September 2026

Published: October 2026

Key words:-

Balle de riz-argile de thicky -
Température-densité de flux de chaleur-
bande de fréquence d'étude

Abstract

Cette étude examine le comportement thermique en modulation de fréquence d'un panneau composite fait à partir de balle de riz et d'argile de thicky. L'évolution de la température du matériau et de sa densité de flux chaleur en fonction de logarithme décimal de la pulsation excitatrice va permettre de définir une zone correspondant au régime dynamique et appelé Bande de Fréquence Dynamique (BFD). L'influence de la profondeur, des coefficients d'échange thermiques à la face avant et à la face arrière ont été proposés.

"© 2026 by the Author(s). Published by IJAR under CC BY 4.0. Unrestricted use allowed with credit to the author."

Introduction:-

Le secteur du bâtiment consomme près de 40 % de l'énergie utilisée à l'échelle mondiale [1]. Dans ce contexte, les matériaux issus de ressources naturelles animaux [2-4] ou végétales [5-7] offrent une solution écologique aux matériaux traditionnels. La balle de riz est un produit secondaire issu de l'agriculture qui a une mauvaise capacité à conduire la chaleur à cause de sa structure très poreuse [8-11]. Quand elle est mélangée à de l'argile, elle crée un matériau composite qui a de bonnes propriétés pour une isolation thermique des bâtiments [12-15]. Plusieurs recherches ont démontré que les matériaux issus de sources naturelles donnent un bon confort thermique des bâtiments [16-20]. L'impact des coefficients d'échange thermique à la face avant h_1 et à la face arrière h_2 , de la pulsation excitatrice permet de mettre en exergue son efficacité énergétique et d'optimiser le matériau utilisé.

Théorie:-

Présentation du modèle d'étude:-

Nous présentons pour cette étude, un panneau composite biosourcé en balle de riz-argile d'épaisseur L qui est soumise à des sollicitations climatiques extérieures en modulation de fréquence de températures en dynamique fréquentiel sur la face avant et arrière du matériau comme indiqué sur la figure ci-dessous (l'épaisseur $L=0,10m$). Les milieux ambiants extérieures ont une température de $T_a = 40^{\circ}C$ et la température initiale du matériau $T = 20^{\circ}C$.

Corresponding Author:- Mody Gaye

Address:- Laboratoire de Matériaux d'Energetique, d'Electricite et d'Economie (LM3E), Institut Universitaire de Technologie de l'Université de Thiès, Senegal.

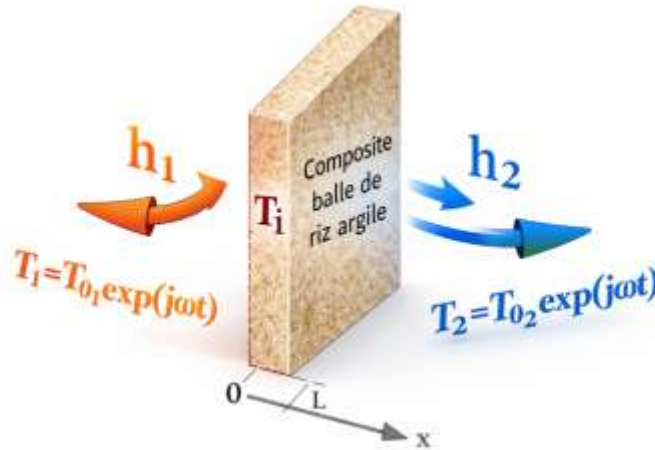


Figure 1:- Échantillon à étudier constituée d'un matériau composite biosourcé en balle de riz-argile, $L = 0.1\text{m}$,

$T_a = 30^\circ\text{C}$ et $T_i = 20^\circ\text{C}$. L : Longueur du mur (m) Le matériau est supposé à une température initiale $T(x, h_1, h_2, t = 0) = T_i = 20^\circ\text{C}$. Les paramètres thermo physiques du panneau en matériau composite biosourcé en balle de riz-argile de thicky sont donnés en fonction de la masse volumique par les formulations Moule 1 (M1), Moule 2 (M2), Moule 3 (M3) et Moule 4 (M4) suivantes.

Tableau 1: paramètres des différents échantillons

	ARGILE (%)	BALLE DE RIZ(%)	Masse volumique (kg.m^{-3})	Conductivité thermique	Rm moyenne en MPa
M1	9.1	91.0	280	0.0977	0.65
M2	12.4	87.6	330	0.1165	0.95
M3	14.3	85.7	356,66	0.1272	1.20
M4	17.2	82.8	400	0.1437	1.65

Équation de diffusion de la chaleur:-

Lorsque le panneau en matériau composite biosourcé en balle de riz-argile est soumise à des sollicitations climatiques extérieures. Elles engendrent un phénomène de transfert de chaleur régit par l'équation (1) donnée par :

$$\rho c \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda \Delta T + P_p + \nabla \cdot (\lambda \nabla T). \quad (1)$$

Où

$\lambda (\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1})$ La conductivité thermique du matériau

$C (\text{J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1})$ La capacité spécifique du matériau

$P_p (\text{W})$ source interne de chaleur

$\rho (\text{kg.m}^{-3})$ La masse volumique du matériau

$T (^\circ\text{C})$ La température considérée en un point

En l'absence de sources et de puits de chaleur interne on a $P_p = 0$

L'équation de la chaleur devient :

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} - \frac{1}{\alpha} \frac{\partial T}{\partial t} = 0 \quad (2)$$

Avec $\alpha = \frac{\lambda}{\rho c}$ $\alpha (\text{m}^2.\text{s}^{-1})$ est le coefficient de diffusivité thermique

Les conditions aux limites du dispositif traduisant les différents échanges thermiques sont données par les expressions suivantes

$$\left. \lambda \frac{\partial T(x, t)}{\partial x} \right|_{x=0} = h_1 [T(0, t) - T_1] \quad (3)$$

$$\left. \lambda \frac{\partial T(x, t)}{\partial x} \right|_{x=L} = h_2 [T(L, t) - T_2] \quad (4)$$

En considérant que le matériau est à une température initiale T_i et $\bar{T}(x, t)$ la température d'ajout on a donc

$$T(x, t) = \bar{T}(x, t) + T_i \quad (5)$$

L'expression de l'équation de la chaleur devient :

$$\frac{\partial^2(\bar{T}+T_i)}{\partial x^2} - \frac{1}{\alpha} \frac{\partial(\bar{T}+T_i)}{\partial t} = 0 \quad (6)$$

Les nouvelles conditions aux limites deviennent :

$$\left\{ \lambda \frac{\partial T(x, t)}{\partial x} \right\}_{x=0} = h_1 [\bar{T}(0, t) + T_i - T_1] \quad (7)$$

$$\left\{ \lambda \frac{\partial T(x, t)}{\partial x} \right\}_{x=L} = h_2 [\bar{T}(L, t) + T_i - T_2] \quad (8)$$

Les conditions initiales étant :

T_i La température initiale du matériau

$T_1 = T_{01} e^{i\omega t}$ La température à la face extérieure

$T_2 = T_{02} e^{i\omega t}$ La température à la face intérieure

La résolution de l'équation (6) conduit à la solution suivante

$$\bar{T}(h_1, h_2, \alpha, \omega, x, t) = [A_1 \sinh(\gamma \cdot x) + A_2 \cosh(\gamma \cdot x)] e^{i\omega t} \quad (9)$$

$$\gamma = \sqrt{\frac{\omega}{2\alpha}} (1 + j) \quad (10)$$

$$\text{On pose ainsi } r^* = \frac{1}{\gamma} = \sqrt{\frac{\alpha}{2\omega}} (1 - j) \quad (11)$$

$r^* (m)$: est la longueur de diffusion thermique

Les termes A_1 et A_2 sont déterminés à partir des conditions aux limites et on obtient :

$$A_1 = \frac{h_1 (T_{01} - T_i e^{-i\omega t}) [\lambda \gamma \cosh(\gamma L) + h_2 \sinh(\gamma L)] + \lambda \gamma h_2 (T_{02} - T_i e^{-i\omega t})}{h_1 [h_2 \sinh(\gamma L) + \lambda \gamma \cosh(\gamma L)] + \lambda \gamma [h_1 \sinh(\gamma L) + h_2 \cosh(\gamma L)]} \quad (12)$$

$$A_2 = \frac{-h_1 (T_{01} - T_i e^{-i\omega t}) [\lambda \gamma \sinh(\gamma L) + h_2 \cosh(\gamma L)] + h_1 h_2 (T_{02} - T_i e^{-i\omega t})}{h_1 [h_2 \sinh(\gamma L) + \lambda \gamma \cosh(\gamma L)] + \lambda \gamma [h_1 \sinh(\gamma L) + h_2 \cosh(\gamma L)]} \quad (13)$$

L'expression de la densité de flux est donnée par l'équation ci-dessous

$$\phi(x, h_1, h_2, \omega, \alpha, t) = -\lambda \cdot \frac{\partial T(x, h_1, h_2, \omega, \alpha, t)}{\partial x} \quad (14)$$

Résultats et Discussions:-

Température et de la densité de flux du panneau composite balle de riz-argile en fonction de logarithme décimal de la pulsation excitatri Influence de la profondeur (m) du panneau L'étude de l'évolution de la température et de la densité de flux de chaleur du panneau d'isolation en balle de riz-argile de thicky en fonction de logarithme décimale de la pulsation excitatrice est proposée sous l'influence de sa profondeur.

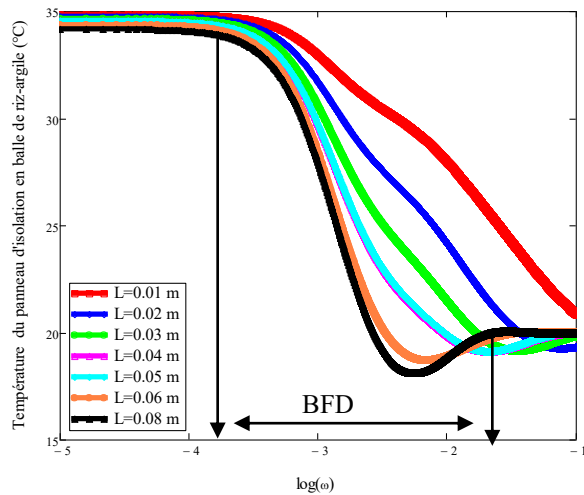


Figure 2: Température dans le panneau en balle de riz-argile en fonction de la fréquence excitatrice ; influence de la profondeur du panneau : $h_1=25\text{W.m}^{-2}.\text{°C}^{-1}$; $h_2=0,05$

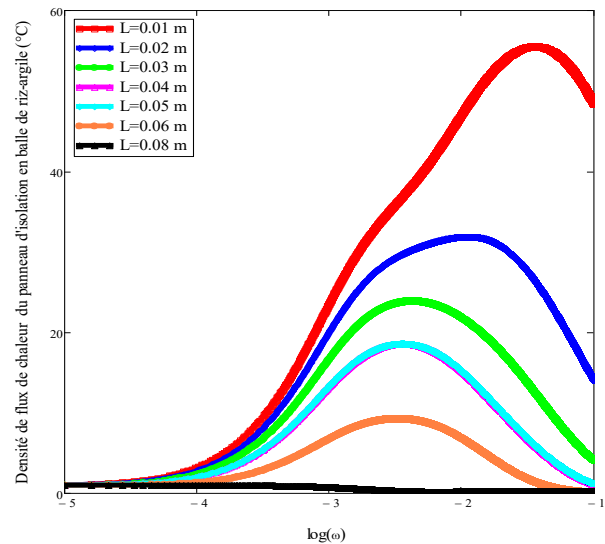


Figure 3: Densité de flux de chaleur dans le panneau en balle de riz-argile en fonction de la fréquence excitatrice ; influence de la profondeur du panneau : $h_1=25\text{W.m}^{-2}.\text{°C}^{-1}$; $h_2=0,05\text{W.m}^{-2}.\text{°C}^{-1}$

-Pour les basses fréquences ($\log(\omega) \leq -4$), la température est importante et reste proche de celle du milieu extérieur (35°C) correspondant à la densité de flux de chaleur presque nulle.

Ce qui signifie que pour ces fréquences, la profondeur de pénétration thermique est largement supérieure à l'épaisseur du panneau. Ce dernier se comporte comme un système quasi-stationnaire, permettant à la chaleur de traverser toute l'épaisseur sans atténuation notable.

-Pour le domaine de transition thermique ($-4 < \log(\omega) < -2$), une diminution rapide de la température est observée. Donc plus l'épaisseur L du panneau d'isolation est grande, plus la chute de température est précoce avec une atténuation thermique importante. Ce domaine correspond à des fréquences dynamiques traduisant une variation de la température et de la densité de flux de chaleur. L'augmentation de l'épaisseur du panneau accroît la résistance thermique équivalente, augmente l'inertie thermique [21,22] et réduit l'amplitude des oscillations thermiques transmises. Le matériau agit alors comme un filtre passe-bas thermique.

-Pour des hautes fréquences ($\log(\omega) \geq -2$) la température minimale est atteinte pour les grandes épaisseurs du panneau ($L = 0,06-0,08\text{ m}$), une atténuation thermique maximale est constatée et une légère remontée ou stabilisation due aux conditions limites est notée. À haute fréquence les ondes thermiques sont fortement amorties dans les couches superficielles, la chaleur ne pénètre plus efficacement dans le matériaux. Le panneau épais joue un rôle de barrière thermique dynamique. L'augmentation de l'épaisseur du panneau composite en balle de riz-argile renforce son inertie thermique et sa capacité d'atténuation des sollicitations thermiques périodiques. Le tableau suivant propose la densité de flux maximale en fonction de la pulsation et de la profondeur du panneau.

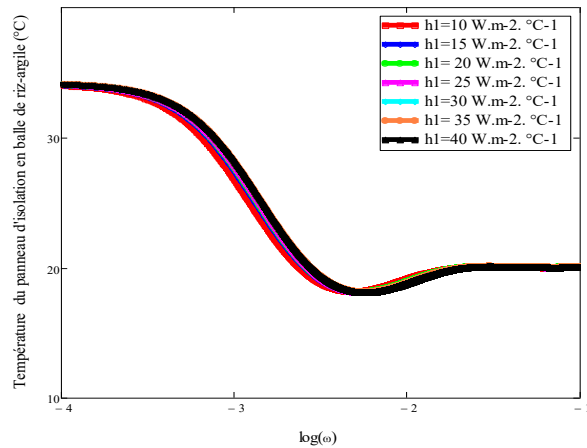
Tableau 2: Valeurs de densité de flux maximale et de la pulsation correspondante en fonction de la profondeur

$x(\text{m})$	0,01	0,02	0,03	0,04	0,50	0,06	0,08
$\omega(\text{rad.s}^{-1})$	$10^{-1,44}$	$10^{-1,96}$	$10^{-2,38}$	$10^{-2,4}$	$10^{-2,48}$	$10^{-2,46}$	$10^{-3,06}$
$\Phi_{\text{max}}(\text{W.m}^{-2})$	55,50	31,87	23,83	18,57	18,55	9,23	0,76

Les résultats présentés dans le tableau 2 montrent une décroissance significative de la densité de flux thermique maximale avec la profondeur. Cette atténuation s'accompagne d'une diminution progressive de la pulsation associée, traduisant la forte absorption des hautes fréquences thermiques par le matériau, en accord avec la théorie de la diffusion thermique.

Influence du coefficient d'échange thermique face avant h_1 ($\text{W.m}^{-2}.\text{°C}^{-1}$) :-

Les figures 4 et 5 présentent l'évolution de la température et de la densité du flux de chaleur du panneau d'isolation en balle de riz-argile de thicky en fonction de logarithme décimale de la pulsation excitation, pour différentes valeurs du coefficient d'échange thermique convectif h_1 , comprises entre $10\text{W.m}^{-2}.\text{°C}^{-1}$ et $40\text{W.m}^{-2}.\text{°C}^{-1}$.



4

5

À basses fréquences d'excitation ($\log \omega \leq -3$), la température du panneau reste relativement élevée et varie faiblement avec la fréquence. Ce comportement traduit un régime quasi-stationnaire. Dans cette zone, l'augmentation du coefficient d'échange thermique h_1 entraîne une légère diminution de la température, traduisant un renforcement des échanges convectifs avec le milieu extérieur.

Lorsque la fréquence augmente, une diminution marquée de la température est observée, conduisant à l'apparition d'un minimum situé autour de $\log \omega \approx -2,7$. Ce phénomène met en évidence la capacité du matériau à atténuer les sollicitations thermiques dynamiques.

À hautes fréquences d'excitation ($\log \omega \geq -2,5$), la température tend à augmenter légèrement puis à se stabiliser, tandis que les courbes associées aux différentes valeurs de h_1 se confondent progressivement. Ce comportement indique que, dans ce domaine fréquentiel, l'influence des conditions de convection externe devient négligeable, le transfert thermique étant principalement gouverné par les propriétés thermo physiques intrinsèques du matériau.

Tableau 3 : Valeurs de densité de flux maximale et de la pulsation correspondante en fonction de h_1

h_1 ($\text{W.m}^{-2}.\text{C}^{-1}$)	10	15	20	25	30	35	40
$\omega(\text{rad.s}^{-1})$	$1,6 \times 10^{-3}$	$1,8 \times 10^{-3}$	$2,0 \times 10^{-3}$	$2,2 \times 10^{-3}$	$2,4 \times 10^{-3}$	$2,6 \times 10^{-3}$	$2,8 \times 10^{-3}$
$\Phi_{\min}$ (W.m^{-2})	0,980	0,99	1,00	1,01	1,02	1,03	1,04

Le tableau II.2 met en évidence que la pulsation caractéristique associée au flux thermique minimal varie avec le coefficient d'échange thermique h_1 . Lorsque h_1 augmente, la pulsation correspondante se déplace légèrement vers les hautes fréquences, traduisant un renforcement des échanges convectifs à la surface du panneau. En revanche, la variation de la densité de flux maximale demeure modérée, ce qui confirme que le comportement thermique global est principalement gouverné par les propriétés thermo physiques internes du panneau.

Influence du coefficient d'échange thermique à la face arrière h_2 ($\text{W.m}^{-2}.\text{C}^{-1}$) :-

Dans cette partie, la variation de la température et de la densité de flux, toujours en fonction du logarithme de la pulsation, sous influence du coefficient h_2 au niveau de la paroi interne va être faite.

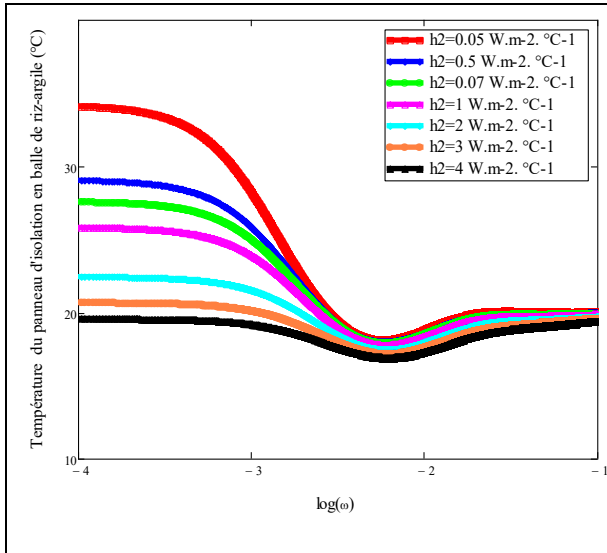


Figure 6 : Température dans le panneau en balle de riz-argile en fonction du logarithme décimal de la pulsation excitatrice : Influence du coefficient d'échange à la face arrière h_2 , $x=0,25m$, $h_1=150 W.m^{-2}.°C^{-1}$, $T_0=20°C$

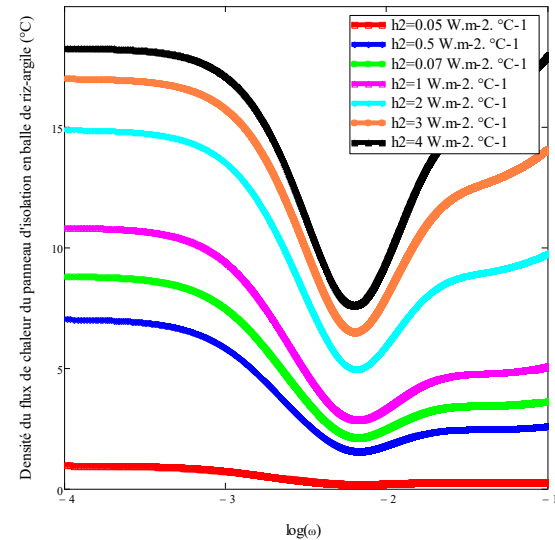


Figure 7 : Densité de flux dans le panneau en balle de riz-argile en fonction du logarithme décimal de la pulsation excitatrice : Influence du coefficient d'échange à la face arrière h_2 , $x=0,25m$, $h_1=150 W.m^{-2}.°C^{-1}$, $T_0=20°C$

L'analyse des figures 7 et 8 montre trois modes différents du comportement thermique du panneau d'isolation en balle de riz-moussier, selon la pulsation excitatrice et le coefficient d'échange thermique à la face arrière h_2 .

À faible pulsation ($\log \omega \lesssim -3$), le système agit comme s'il était presque stable. La température à l'intérieur du panneau baisse quand h_2 augmente, tandis que le flux de chaleur augmente beaucoup. Ce comportement montre que les échanges de chaleur à la face arrière deviennent plus intenses, ce qui permet de mieux évacuer la chaleur et diminue l'efficacité d'isolation du matériau. Dans ce mode, le transfert de chaleur dépend surtout des conditions aux limites. Dans la zone intermédiaire ($-3 \lesssim \log \omega \lesssim -2$), les courbes de température et de flux montrent un minimum marqué. La position de ce minimum n'est pas très influencée par h_2 , mais son amplitude varie beaucoup avec ce paramètre. Ce minimum correspond à une pulsation caractéristique du système, liée à l'équilibre entre la diffusion thermique à l'intérieur et les échanges à la surface. Il traduit un déphasage maximum entre l'excitation thermique et la réponse du matériau. À forte pulsation ($\log \omega \gtrsim -2$), l'influence de h_2 devient négligeable. La chaleur est limitée aux couches proches de la surface excitée, car la profondeur à laquelle la chaleur pénètre diminue. Le comportement du panneau est alors principalement déterminé par ses propriétés thermiques naturelles, et les échanges à la face arrière n'affectent plus vraiment la température ou le flux à l'intérieur.

Tableau 4 : Valeurs de densité de flux et de la pulsation correspondante en fonction de h_2

$h_2 (W.m^{-2}.°C^{-1})$	0,05	0,07	0,5	1	2	3	4
$\omega_{op}(rad.s^{-1})$	$2,25.10^{-3}$	$2,25.10^{-3}$	$2,25.10^{-3}$	$2,25.10^{-3}$	$2,25.10^{-3}$	$2,25.10^{-3}$	$2,25.10^{-3}$
$\Phi_{min} (W.m^{-2})$	0,16	1,57	2,11	2,90	4,95	6,47	7,62

L'analyse du tableau met en évidence une influence significative du coefficient d'échange thermique à la face arrière h_2 sur le flux thermique minimal Φ_{min} du panneau composite balle de riz-argile de thicky. À pulsation optimale constante $\omega_{op} = 2,25 \times 10^{-3} rad.s^{-1}$, l'augmentation de h_2 de 0,05 à $4 W.m^{-2}.°C^{-1}$ entraîne une augmentation de Φ_{min} de 0,16 à $7,62 W.m^{-2}$. Cette évolution traduit une intensification du transfert thermique lorsque les échanges convectifs à la face arrière deviennent plus importants. Toutefois, la réponse n'est pas linéaire sur l'ensemble du domaine étudié : l'accroissement du flux est particulièrement marqué pour les faibles valeurs de h_2 , puis tend progressivement vers une évolution moins prononcée aux valeurs élevées. Ces résultats montrent ainsi que h_2 constitue un paramètre déterminant de la réponse thermique dynamique du panneau et doit être pris en compte dans la détermination de sa bande de fonctionnement fréquentiel et dans l'optimisation de ses performances d'isolation.

Conclusion:-

Cette étude a permis d'étudier en modulation de fréquence, le phénomène de transfert thermique et emmagasinement de chaleur de la balle de riz-argile. Les résultats montrent bien que lorsque l'épaisseur du panneau augmente, sa capacité à résister aux variations de chaleur et à atténuer les effets des chocs thermiques devient plus forte. Nous avons proposé une bande de fréquence dynamique traduisant une variation significative de la température et de la densité de flux de chaleur.

References :-

1. International Energy Agency, Energy Efficiency 2019, Paris, France: IEA Publications, 2019.
2. Ouahiba Mrajji, Mohamed El Wazna, Yahia Boussoualem, Abdeslam El Bouari, and Omar Cherkaoui, (2021) Feather waste as a thermal insulation solution : Treatment, elaboration and characterization, Journal of Industrial Textiles Volume 50, Issue 10, Pages 1674-1697, <https://doi.org/10.1177/1528083719869393>
3. Tesfaye T, Sithole B, Ramjugernath D, et al. (2018), Valorisation of chicken feathers: characterisation of thermal, mechanical and electrical properties. Sustain Chem Pharm; 9: 27–34. Crossref. Web of Science.
4. Jagadeeshgouda KB, Ravinder Reddy P, Ishwaraprasad K. (2014), Experimental study of behaviour of poultry feather fiber – a reinforcing material for composites. Int J Res Eng Technol; 3: 362–366. Crossref.
5. Serge Pierre Quenum, Yvette S. Tankpinou Kiki, Judicaël Koffi Agbelele, Crespine Prudence Yabi, Edmond Codjo Adjovi, (2023), Influence of Some Plant Fibers on the Mechanical Performance of Composite Materials, Open Journal of Civil Engineering, 2023, 13, 814-826 DOI: 10.4236/ojce.2023.134053
6. da Cruz Demosthenes, L.C., et al. (2019) Thermal and Structural Characterization of Buriti Fibers and Their Relevance in Fabric Reinforced Composites. Journal of Materials Research and Technology, 9, 115-123. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.10.036>
7. Gounni A, Mabrouk MT, El Wazna M, et al. Thermal and economic evaluation of new insulation materials for building envelope based on textile waste. Appl Therm Eng 2019; 149: 475–483, DOI:10.1016/j.applthermaleng.2018.12.057
8. Zhang, et al. (2020). Experimental research on a feasible rice husk/geopolymer foam building insulation material. Energy and Buildings, 226, 110358. doi: 10.1016/j.enbuild.2020.110358.
9. Solís, L. C., et al. (2024). Rice Husk-Based Insulators: Manufacturing Process and Thermal Potential Assessment. Materials, 17(11), 2589. doi: 10.3390/ma17112589.
10. Cuce E, Cuce PM, Wood CJ, et al. (2014), Toward aerogel based thermal superinsulation in buildings: a comprehensive review. Renewable Sustainable Energy Rev; 34: 273–299 doi: 10.1016/j.rser.2014.03.017.
11. G. M. H. Mehta and P. J. M. Monteiro(2014), Concrete: Microstructure, Properties, and Materials, 4th ed. New York, NY, USA: McGraw-Hill Education, 2014.
12. Mohsen, M, S.; et Akash, B, A., 2001, Quelques perspectives d'économies d'énergie dans les bâtiments, Journal : Energy Conversion and Management, Vol. 42, No.11, pp 1307-1315. [https://doi.org/10.1016/S0196-8904\(00\)00140-0](https://doi.org/10.1016/S0196-8904(00)00140-0)
13. Yiga VA, Lubwama M, Olupot PW. Thermal stability of NaOH modified rice husk fiber-reinforced polylactic acid composites: effect of rice husks and clay loading. Results Mater 2023; 18: 100398. doi: 10.1016/j.rinma.2023.100398
14. A. Silva, F. Gaspar, and A. Bakatovich, "Composite materials of rice husk and reed fibers for thermal insulation plates using sodium silicate as a binder," Sustainability, vol. 15, no. 14, Art. no. 11273, 2023. doi: 10.3390/su151411273.
15. B. V. Venkatarama Reddy and K. S. Jagadish, (2003) "Embodied energy of common and alternative building materials and technologies," Energy and Buildings, vol. 35, no. 2, pp. 129–137. doi: 10.1016/S0378-7788(01)00141-4.
16. Mamadou Babacar Ndiaye, Ahmadou Diop, Seydou Faye, Youssou Traore and Gregoire Sissoko (2020) étude d'un panneau plan à base de typha et d'argile en régime transitoire, Int. J. Adv. Res. 8(12), 751-758 doi: 10.21474/IJAR01/12207.
17. Sokhna Khadiatou 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, doi: 10.4236/jsbs.2020.102005.

18. Antczak, E., M. Asli, F. Brachelet, F. Brue, D. Defer, et A. Lucas. 2017. « Monitoring and Thermal Characterization of Flax Shives for Building Thermal Insulation ». *Academic Journal of Civil Engineering* 35(2):643-50. doi:10.26168/icbbm2017.97.
19. A. Asdrubali, F. D'Alessandro and S. Schiavoni, (2015), A review of unconventional sustainable building insulation materials," *Sustainable Materials and Technologies*, vol. 4, pp. 1–17. doi: 10.1016/j.susmat.2015.05.002
20. D. A. Kouakou and P. Morel, (2010), Strength and thermal conductivity of lateritic earth bricks stabilized with rice husk ash," *Construction and Building Materials*, vol. 24, no. 9, pp. 1726–1731. doi: 10.1016/j.jheatmasstransfer.2008.09.017.
21. Youssou TRAORE, Alassane DIENE, Séni TAMBA, Khatry OULD CHEIKH, Moussa DIENG, El Hadji Bala Moussa Nyakhaté, Issa DIAGNE, and Grégoire SISSOKO, (2017), Evaluation of the Thermal Inertia from the Study of the Equivalent Capacity of the Concrete Slab Adjoining to Tow-Plaster in Dynamic Frequency Regime *International Journal of Innovation and Applied Studies*, ISSN 2028-9324 Vol. 20 No. 2, pp. 609-615, <http://www.ijias.issr-journals.org/>
22. Y. Jannot, A. Degiovanni And G. Payet, (2009), Thermal Conductivity Measurement of Insulating Materials with A three Layers Device , *International Journal of Heat and Mass Transfer*, Vol. 52, N°5-6, Pp 1105-1111