

Etude expérimentale du comportement thermique d'un local avec enveloppe en bois 'Iroko' dans la ville de Douala au Cameroun

A. Chugoua Njamem ^{1*}, A. Kemajou ² et L. Monkam ³

¹ Laboratoire d'Energétique, Université de Douala
P.O. Box 1872 Douala, Cameroun

² Laboratoire de Froid et Climatisation, Ecole Normale Supérieure
d'enseignement Technique, ENSET
Université de Douala, B.P 1872 Douala Cameroun

³ Laboratoire des Technologies et Sciences Appliquées
Institut Universitaire de Technologie, IUT
Université de Douala, BP 8698 Douala Cameroun

(reçu le 10 Juin 2018 - accepté le 30 Juin 2018)

Résumé - La valorisation des matériaux locaux, les économies d'énergie et la construction des habitats sociaux sont au centre des préoccupations dans les pays en voie de développement à l'instar du Cameroun. L'objectif de ce travail est de déterminer les conditions climatiques qui règnent dans un local avec enveloppe en bois essence Iroko. L'étude est faite à travers un local expérimental construit à Douala. Une série de mesures sur une période de trois (03) mois a été effectuée en utilisant un thermo hygromètre Log 32TH d'une part et d'un système d'acquisition de données utilisant des capteurs DTH22 et une carte Arduino d'autre part. Les données recueillies sont traitées dans Matlab 8.1. Les résultats obtenus montrent un réel déphasage entre l'extérieur et l'intérieur de l'enveloppe en bois de l'ordre de 3 °C pour une chute du taux d'humidité relative de 15 à 20 %. Les valeurs obtenues à l'intérieur sont proches des conditions de confort optimal recommandées en ambiance non climatisée dans la ville de Douala. On conclut que le matériau de construction choisi convient en ambiance chaude.

Abstract - The valorisation of local materials, the saving of energy and the construction of the social habitats are at the center of the concerns in the developing countries like Cameroon. The objective of this work is to determine the climatic conditions that prevail in a room with wooden envelope. The study is done through an experimental local built in Douala. A series of measurements over a period of 3 months was carried out using a LOG 32TH thermo hygrometer on the one hand and a data acquisition system using DTH22 sensors and an Arduino board on the other hand. The data collected are processed in Matlab 8.21. The results obtained show a real phase difference between the outside and the inside of the wooden envelope of the order of 3 °C for a drop in the relative humidity of 15 to 20 %. The values obtained inside are close to the optimal comfort conditions recommended in a non-air conditioned environment. It is concluded that the chosen building material is suitable in a hot environment.

Key words: Temperature - Humidity - Wood - Iroko - Experimentation.

1. INTRODUCTION

Construire en matériau bois fait partie des habitudes des habitants de la ville de Douala, 52.6 % en moyenne (INS 2007) [1]. Pour la plupart de ces constructions vulgairement appelés 'Carabot', figure 1, le bois utilisé n'est pas traité. La ville présente un visage de bidonville bien que ces maisons soient réputées pour reproduire de manière parfaite les conditions climatiques extérieures [2].

Parce que le Gouvernement camerounais est soucieux du devenir du pays et œuvre pour son émergence à l'horizon 2035, le visage des villes doit être amélioré. c'est la

* chugoua_adeline@yahoo.fr

raison pour laquelle d'autres alternatives sont proposées aujourd'hui pour l'enveloppe, alternatives qui prendraient en compte les conditions climatiques, les économies d'énergie à réaliser dans les bâtiments et la valorisation des matériaux locaux à l'instar du bois qui émet un taux de CO₂ très faible protégeant ainsi l'environnement [3, 5].



a- Vue de profil



b- vue de face

Fig. 1: Construction d'un carabot



a- Simple



b- étage

Fig. 2: Construction préconisée

Dans la littérature, plusieurs travaux ont été effectués sur les matériaux et le confort thermique.

Deux approches sont perceptibles. La première passe par la modélisation des phénomènes physiques et l'analyse des contraintes thermo-hydriques dans les matériaux de construction poreux permettant d'aboutir à la fois à la recherche d'une sensation thermique de bien-être et un coût énergétique mieux maîtrisé. Il faudra donc jouer avec l'inertie du matériau sur le transfert de chaleur dans l'ambiance [6, 7].

La seconde approche passe par l'expérimentation pour prédire le comportement dynamique thermo-aéraulique et hydrique de l'enveloppe des habitats, car la bonne maîtrise de toutes les sollicitations [7] aide à stabiliser la température de l'air intérieur et réduit les fluctuations pouvant créer l'inconfort des résidents. [8].

La présente étude est basée sur une construction en lambris (figure 2) qui est jusqu'à l'heure actuelle dans la ville de Douala, rencontrée beaucoup plus dans les bureaux de certaines entreprises et pourtant pouvant être étendue aux habitats sociaux. Il n'est pas seulement question d'avoir une belle construction, mais le véritable problème soulevé est l'adéquation existante entre le confort thermique qui règne dans le local en bois, la compatibilité du matériau de construction utilisé et la considération des conditions météorologiques de la zone d'étude.

L'enveloppe, moteur de contrôle de l'échange de chaleur entre l'intérieur et l'extérieur, joue un très grand rôle dans la régulation de la température et de l'humidité intérieure de la masse d'air où l'on séjourne [9-13].

En plus le choix judicieux du matériau dans la construction améliore aussi la qualité de l'air intérieur [10]. Un autre aspect très important dans l'analyse du comportement du

bâtiment, est la régulation de l'humidité intérieure, facteur qui lorsqu'il n'est pas maîtrisé participe à la dégradation de la construction, mais aussi impact sur la santé.

La prise en compte du type d'enveloppe déterminera la quantité d'énergie qui pourra être économisée. Car une ambiance intérieure ayant des conditions climatiques acceptables, a besoin d'être climatisé à faibles apports ou pas du tout lorsqu'on se rapproche des conditions optimales.

Notons que Douala est située dans une zone chaude et humide et que l'une des mesures préconisées pour l'efficacité énergétique est l'amélioration de la conception thermique de l'enveloppe des bâtiments.

Plusieurs travaux avec des démarches et méthodes différentes les unes des autres, ont été menés pour comprendre et analyser le comportement thermique et énergétique dans le bâtiment. Parmi eux nous pouvons citer les outils d'analyse basés sur des simulations thermiques avec des logiciels [15, 16], l'utilisation des modèles de prédiction [13] ou l'exploitation des données tirées de l'expérimentation [14, 15].

La plupart des modèles développés en thermique du bâtiment réalise des simulations déterministes qui consiste à simuler le comportement thermique du bâtiment avec une seule séquence de températures. Or nous savons que les bâtiments possèdent une inertie thermique et que le comportement thermique du bâtiment à un instant dépend des conditions météorologiques.

2. MATERIEL ET METHODES

2.1 Situation géographique du site

Douala, capitale économique du Cameroun est située sur le golfe de Guinée et l'estuaire de la mer du Wouri. Sa longitude est de 09°44' Est et sa latitude 04°01' Nord. Le local est construit sur le site de l'Institut Universitaire de Technologies (IUT), de l'Université de Douala au Cameroun. L'altitude de la ville est de 5 mètres, la direction du vent dominant est sud-ouest et sa vitesse moyenne varie entre 1.8 m/s et 3.0 m/s [16].

2.2 Local expérimental

Le bois utilisé dans la construction, est l'Iroko sous son nom scientifique, *Chlorofora Excelsa*, provient des scieries de la ville de Douala au Cameroun. C'est un bois dur de la catégorie des feuillus avec une masse volumique comprise entre 700 et 800 kg/m³, le retrait volumique est < 0.44 %. [17, 18]. Le Point de Saturation des Fibres se situe en moyenne en fonction de la température de séchage entre 23 % et 30 %. Sa conductivité thermique est de 0.29 W/m.K à 15 % d'humidité et sa chaleur spécifique est de 2700 J/Kg.K.

Les dimensions du local test présenté à la fig. 3ci-dessous, sont les suivantes, Longueur- 2.2 m; Largeur- 1.6 m; Hauteur- 2.3 m; Enveloppe en bois iroko d'épaisseur- 4 cm; Porte en bois iroko- 0.7 x 2.10 m²; Fenêtre en bois iroko- 0.63 x 0.80 m².



a- Vue de profil



b- Vue de face

Fig. 3: Local test sur le site de l'IUT

L'ensemble du local est réalisé en bois, une pente de 30° a été prévu lors de l'assemblage de la toiture. De la sciure de bois a été utilisée pour isoler le toit.

2.3 Protocole expérimental

Nous avons suivi les étapes ci-dessous,

Etape 1 : Séchage du bois jusqu'à une teneur en eau de 12.5 %, durée de séchage un mois dans un séchoir industriel (figure 4).



a- mesure de la teneur en eau



b- Séchoir industriel utilisé

Fig. 4: Traitement du bois

Nous avons utilisé un humidimètre pour mesurer la teneur en eau du bois au cours du séchage. Le bois a été traité thermiquement à l'aide de la chaleur apportée par le séchoir industriel.

Etape 2: le séchage étant terminé, le bois est usiné en atelier. Les planches de bois sont découpées en lambris, les chevrons tranchés, et l'ossature ressortie.

La mise en place et l'assemblage de l'enveloppe en bois s'est fait sur le site de l'IUT de Douala (figure 5).



Fig. 5: Mise en place et assemblage du local

Un vide sanitaire a été prévu entre le sol et le plancher lors de l'assemblage.

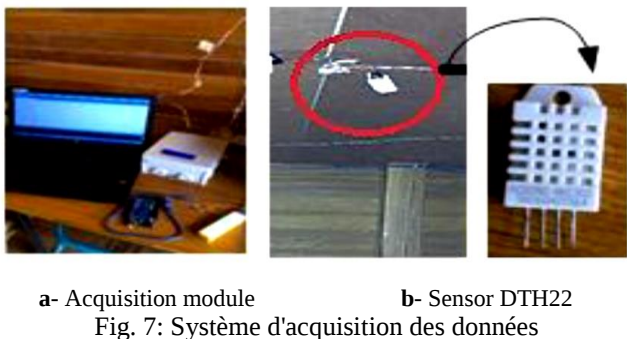
Etape 3: Le local test étant prêt, le thermo hygromètre LOG 32TH est installé à l'intérieur du local à 1.10 m [7] du sol (figure 6).



Fig. 6: Installation capteur LOG 32 TH

Le thermo hygromètre placé à l'intérieur du local aidera à mesurer non seulement la température de l'air intérieur, l'humidité relative ainsi que la température de rosée.

D'autre part, le système d'acquisition de donnée utilisant une carte Arduino et des capteurs DTH 22 sont aussi installés à l'intérieur et l'extérieur du local (figure 7).



La température et l'humidité relative de l'air sont enregistrées simultanément tout au long de la journée et aussi toute la nuit.

2.4 Caractéristiques des instruments de mesure utilisés

Nous avons utilisé les instruments ci-dessous.

Tableau 1: Caractéristiques des appareils de mesures

Humidimètre T500	$\pm 0.2\%$
Capteur DTH 22	$\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ et $\pm 1\text{ \% HR}$
Thermo hydromètre Log 32 TH	$\pm 0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$; $\pm 0.5\text{ \% HR}$

Présentation du système d'acquisition

Pour le module (figure 8), nous avons utilisé une carte Arduino Micro qui est une carte à microcontrôleur, un écran d'affichage LCD 16 broches, un Potentiomètre résistance maximale 100 k Ω , un Résistor de 220 Ω tolérance $\pm 5\%$, un Bouton de mise en marche, une carte de stockage SD et trois capteurs DTH 22 alimentés sous une tension de 5 VDC.

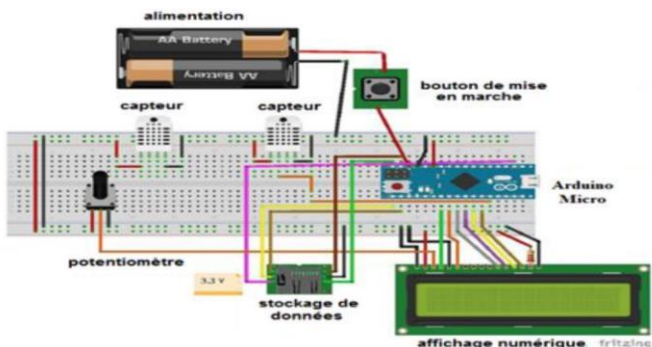


Fig. 8: Vue schématique du système d'acquisition des données

Le capteur DTH 22 connu sous la référence AM2302, mesure la température et l'humidité simultanément. Les mesures prélevées sont transmises via un bus. Le capteur est alimenté sous une tension de 5 V DC et dispose d'une sortie à collecteur ouvert. Le code d'exécution est injecté dans la carte Arduino considéré comme le maître de l'acquisiteur, c'est-à-dire le microcontrôleur.

Ce dernier envoi pendant un laps de temps, un signal au capteur afin de préparer la mesure de température et d'humidité, ensuite le capteur réagit en transmettant une série de bits. Le maître lie les informations renvoyées par les capteurs, les stocke dans une mémoire externe et les affiche aussi en temps réel sur l'écran LCD. Les mesures s'effectuent toutes les minutes.

3. RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 Comparaison des mesures des deux instruments

La figure 9 présente la courbe de validation de l'acquisiteur de données utilisant le capteur DTH 22, le thermo hygromètre LOG 32 TH servant d'appareil témoin.

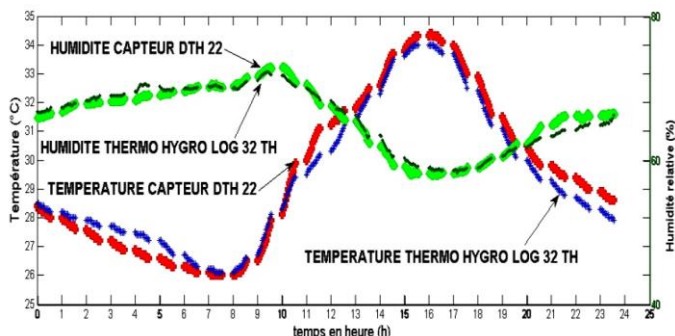


Fig. 9: Comparaison des mesures du DTH 22 et du LOG 32 TH

Nous constatons que les deux systèmes de mesure donnent un résultat avec une incertitude absolue de 0.4°C et de 2.5% HR. Nous validons ainsi les données mesurées par l'acquisiteur de données DTH 22.

3.2 Mesure des paramètres extérieurs

Les figures 10, 11 et 12 montrent les courbes d'évolution des paramètres extérieurs, température et humidité relative pour les mois d'Août 2017, de Septembre 2017 et de Janvier 2018.

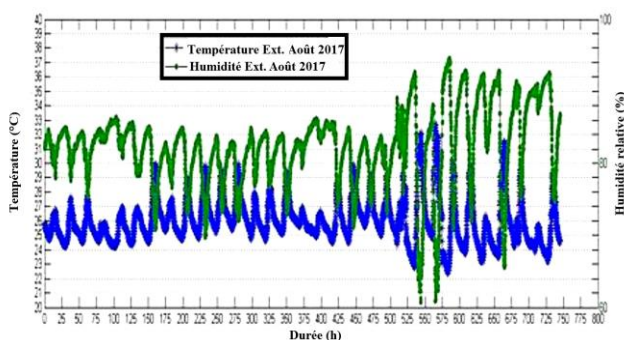


Fig. 10: Conditions météorologiques extérieures

Mesures effectuées du 01 au 30 Août 2017

Saison essentiellement pluvieuse dans la ville de Douala

L'amplitude des valeurs d'humidité relative est plus faible au début du mois d'Août en moyenne 78.16% et s'élève vers la fin du mois, car on commence à avoir des journées ensoleillées.

Les valeurs maximales enregistrées au mois d'Août pour l'extérieur sont respectivement 33 °C et 95 % HR; les valeurs minimales sont de 22.5 °C en température et 58 % HR. La moyenne se situant à 25.68 °C à 78.16 % HR. On pourra observer un léger inconfort hydrique en comparaison avec la valeur de 60 % HR pris comme référence.

La figure 11 présente l'évolution de la température et de l'humidité relative pour le mois de Septembre 2017, mois considéré comme mois de transition entre la saison pluvieuse et la saison sèche.

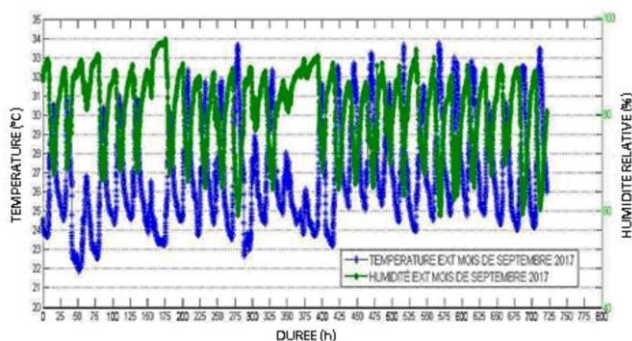


Fig. 11: Conditions météorologiques extérieures
Mesures effectuées du 01 au 30 Septembre 2017
Saison mi- pluvieuse et mi- sèche dans la ville de Douala

Les valeurs maximales et valeurs minimales enregistrées au mois de Septembre pour l'extérieur sont respectivement 33.9 °C, 95 % HR et 21.7 °C, 55 % HR. La moyenne atteinte pour ce mois est de 28.82 °C à 81 % HR. On constate une remontée de la quantité d'humidité par rapport au mois d'Août.

La figure 12 présente l'évolution de la température et l'humidité relative pour le mois de Janvier 2018, mois considéré comme saison sèche.

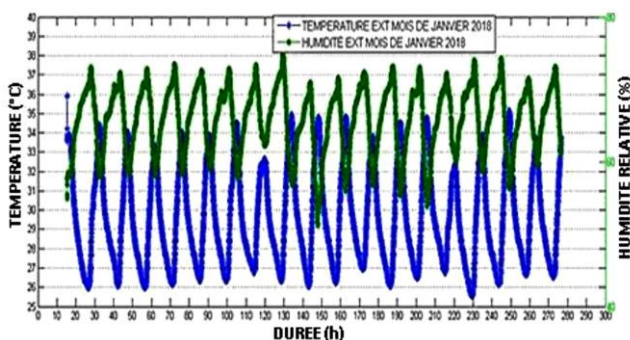


Fig. 12: Conditions météorologiques extérieures
Mesures effectuées du 01 au 21 Janvier 2018
Saison essentiellement sèche dans la ville de Douala

Les valeurs maximales et les valeurs minimales enregistrées au mois de Janvier pour l'extérieur sont respectivement 35.4 °C et 77.5 % HR, 25 °C et 55.5 % HR. La moyenne se situant entre 29.18 °C, 70.44 % HR

Sur l'ensemble des courbes obtenues sur les trois (03) mois pour l'extérieur, on constate pour des climats chauds, que la température croît, lorsque l'humidité décroît et inversement. Cette allure est similaire aux profils retrouvés dans la littérature [13].

3.3 Mesure des paramètres intérieurs

Simultanément la réponse thermo hygrométrique de l'air intérieur du local à enveloppe en bois aux sollicitations extérieures des mois d'Août 2017, de Septembre 2017 et de Janvier 2018 est présentée sur les figures 13, 14, 15 et 16.

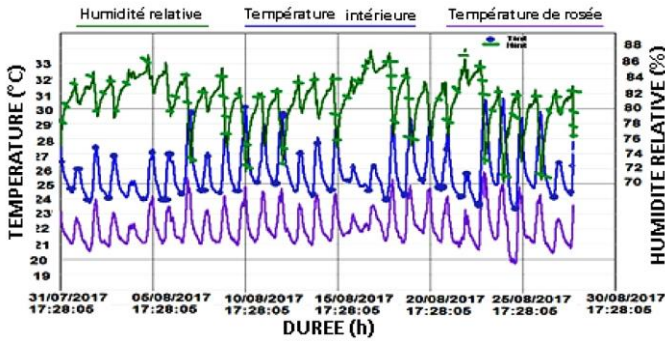


Fig. 13: Profil intérieur de la température et de l'humidité- mois d'Août 2017

Sur la figure 13, on relève respectivement les valeurs maximales et les valeurs minimales enregistrées au mois d'Août, soit 30.7 °C à 87.9 % HR et 23.2 °C à 70 % HR. La moyenne se situant à 25.6 °C et 78 % HR.

La moyenne mesurée de la température du point de rosée de l'air intérieur est de 22.1 °C. On observe sur la courbe, des zones où la température intérieure se rapproche de la température de rosée, ce qui signifie des possibilités d'avoir des surfaces mouillées.

La crainte de la reprise d'eau par l'enveloppe a été minimisée par le fait que le bois a subi au préalable un traitement thermique et sèche l'amenant en deçà du point de teneur en eau d'équilibre dans les conditions atmosphériques, d'où une meilleure stabilité de sa structure au regard de la littérature sur les comportements en sorption et désorption du bois.

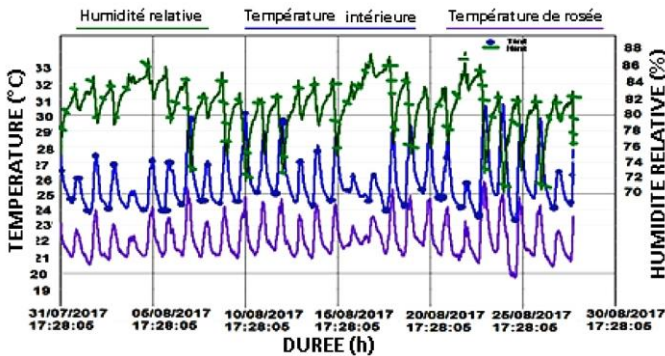


Fig. 14: Profil intérieur de la température et de l'humidité- mois de Septembre 2017

Sur la figure 14, on relève respectivement les valeurs maximales et les valeurs minimales enregistrées au mois de Septembre, soit 32.2 °C, 84 % HR et 23.2 °C, 64 % HR. La moyenne se situe autour de 27.8 °C, 76.0 % HR. La température moyenne de rosée de l'air est de 22.1 °C.

La réponse hygrothermique de l'enveloppe aux sollicitations du mois de Janvier est présentée à la figure 15.

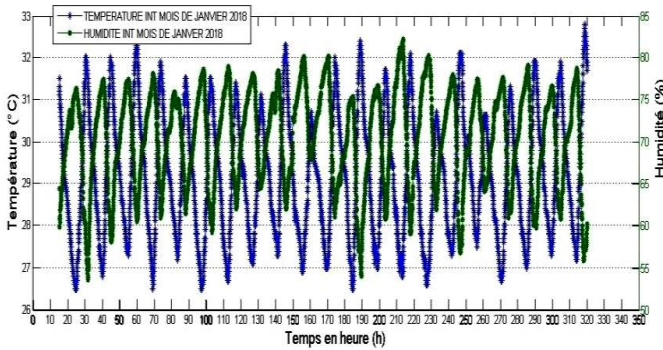


Fig. 15: Profil intérieur de la température et de l'humidité- mois de Janvier 2018

Sur la figure 15, on relève respectivement les valeurs maximales et les valeurs minimales enregistrées au mois de Janvier, soit 32.9 °C, 82 % HR et 26.4 °C, 54 % HR. La moyenne se situe autour de 30.5 °C et de 83 % HR.

Notons une similitude des profils de température et d'humidité obtenus avec ceux trouvés dans la littérature [20-23]. Il s'agit des travaux de Kemajou *et al.*, 2012; Fezzioui *et al.*, 2008; Perier-muzet *et al.*, 2010; Soofia *et al.*, 2006.

Les figures 16 et 17 présentent les mesures de température et d'humidité relative pour une journée ensoleillée et une journée pluvieuse du mois de Septembre 2017.

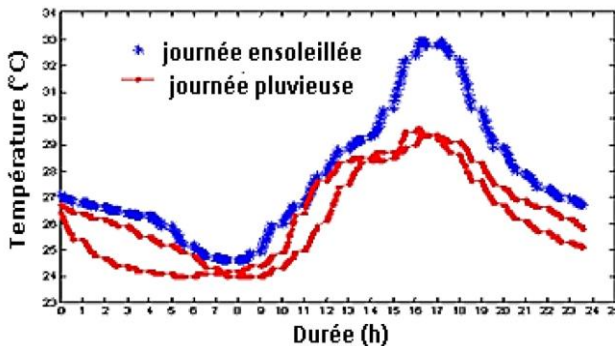


Fig. 16: Réponse à une sollicitation thermique de l'enveloppe en bois (mesure du 4, 5 et 7 Septembre 2017)

Pour une journée ensoleillée, on atteint le point le plus chaud 33.5 °C dans le local entre 16h -17h. Pour une journée pluvieuse on atteint le point le plus élevé sensiblement à la même période 16h-17h.

On observe que c'est pratiquement entre 7 et 8 h qu'on atteint les valeurs les plus basses pour un début de mois pluvieux et une fin de mois ensoleillée. Il est à noter que le volume du local aura une influence sur l'accumulation thermique globale dans le local d'où le décalage des maximums et des minimums.

Mentionnons plus il sera grand moins on mettra de temps à refroidir l'ambiance.

On note par contre un déphasage de une heure dans l'atteinte des maximums et minimums en termes d'humidité relative, 78 % HR entre 9h et 11h, 66 % HR entre 16 et 18h.

Nous observons bien l'influence des conditions météorologiques de la zone géographique sur la réponse thermo-hydrigue de l'enveloppe du bâtiment.

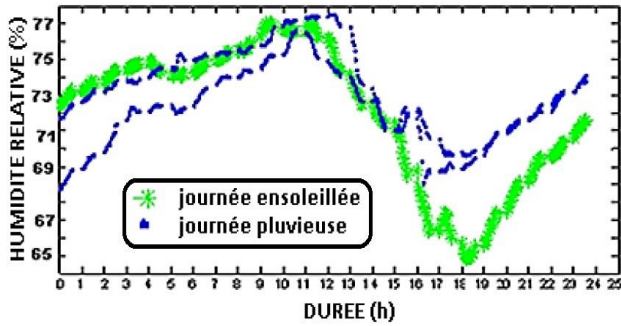


Fig. 17: Réponse à une sollicitation hydrique de l'enveloppe en bois (mesure du 4, 5 et 7 Septembre 2017)

3.4 Comparaison du comportement des paramètres intérieurs et extérieurs

La journée type de référence est présentée à la figure 18. Nous avons choisi l'évolution de la température et l'humidité tout au long du mois de Janvier, qui est un mois chaud où l'on enregistre des températures élevées et moins de précipitations.

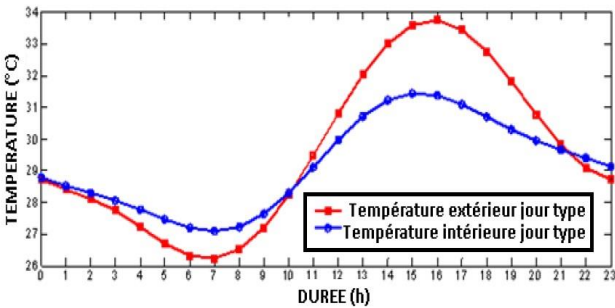


Fig. 18: Température jour de référence mois de Janvier 2017

Nous avons recherché le jour de référence, représentant la moyenne de l'ensemble des mesures effectuées sur l'ensemble du mois [19]. Nous constatons que le profil obtenu est similaire à celui retrouvé dans la littérature.

L'amortissement heure par heure entre l'intérieur et l'extérieur est représenté à la figure 19.

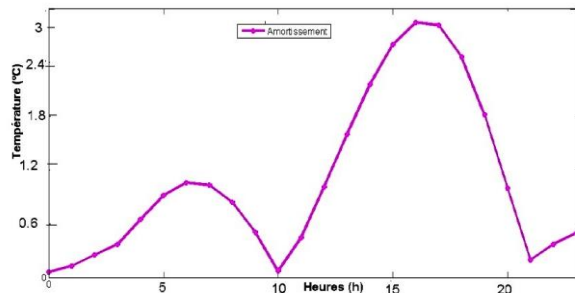


Fig. 19: Amortissement des sollicitations extérieures par l'enveloppe du local en bois

On constate que l'amortissement pour notre local est de 3 °C à 16 h pour un déphasage de une heure entre l'intérieur et l'extérieur du local. Ceci justifie l'influence qu'à :

- L'épaisseur de l'enveloppe
- L'essence du matériau bois utilisée.

Les travaux antérieurs de Kemajou *et al.*, 2012, [20], présentent un amortissement de 0.5 °C en une heure.

Les figures 20 et 21 permettent de comparer le comportement thermo-hydrigue de la paroi intérieure, de la masse d'air intérieur et de la masse d'air extérieur.

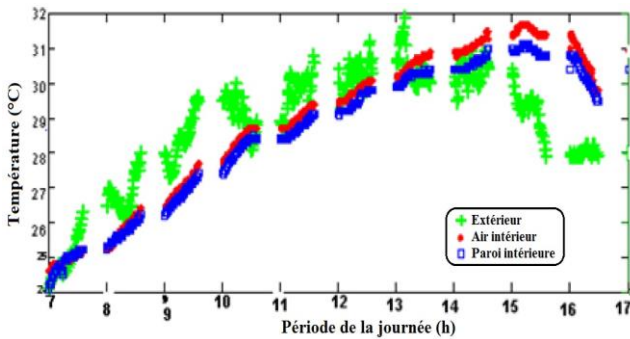


Fig. 20: Températures parois intérieures, air intérieur et air extérieur. (6 Juillet 2017, journée ensoleillée)

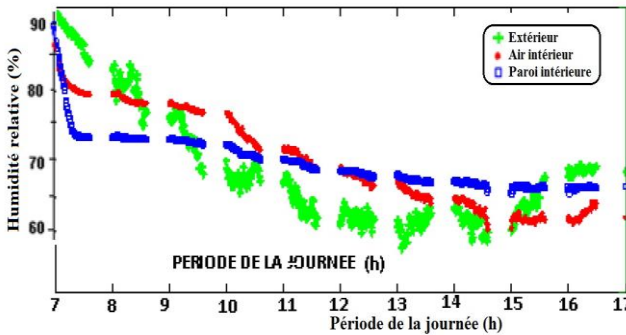


Fig. 21: Humidité relative parois intérieure, air intérieur et air extérieur. (6 Juillet 2017, journée ensoleillée)

La température est plus chaude au centre de la pièce par rapport au mur, l'écart est plus marqué entre 13h et 16h (figure 21). Pendant cette période, on observe également une chute de la température extérieure pendant que la température intérieure et celle du mur continue à évoluer pour atteindre un pic autour de 15h 15min.

Ce phénomène explique le rôle joué par l'inertie de la structure en iroko. En fin de journée, on a une inversion du sens du flux.

On constate bien que de 15h à 24 h la température extérieure est inférieure à celle du mur et du centre. Et entre 00h et 10h l'écart est assez faible et on note également une inversion marquée entre 10h et 15h où la température extérieure est supérieure à celle de la pièce.

Un déphasage sur 2 h entre l'extérieur et l'intérieur du local est observé. Selon l'heure de la journée, l'humidité est la plus basse dans le local avant 8h où après 15h pour une journée ensoleillée. Une lecture globale de ces données nous permet

d'identifier une zone de non confort entre 10h et 17h en référence de 28.1°C considérée comme confort naturel en zone tropicale.

On rappelle la référence pour des pays chauds en ambiance non climatisée les conditions suivantes sont admises, [26.1 °C, 28.1 °C] , [51.4 %, 60 %] HR. [24]

3.5 Comparaison du comportement thermo hydrique entre enveloppe en parpaing et enveloppe en bois

La figure 22 nous permet de mieux observer les réponses de l'air intérieure pour une enveloppe en bois et une enveloppe en parpaing.

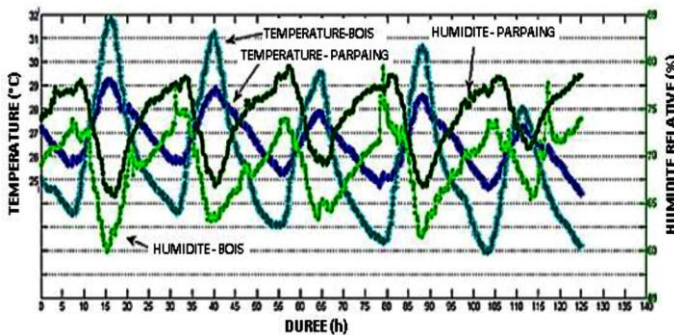


Fig. 22: Température et humidité intérieures pour mur en parpaing et enveloppe en bois. (Mesure mois de Février 2018)

On note un écart absolu de 3 °C d'amortissement entre l'enveloppe en parpaing et en bois avec l'atteinte des pics aux mêmes heures de la journée, mais des comportements déphasés en soirée pour les points les plus bas.

L'enveloppe en bois a un temps de réaction moins long, mais l'amortissement est plus prononcé. On observe aussi une ambiance avec enveloppe en parpaing plus chaude en soirée entre 00h et 9h.

Les conditions ambiantes régnant dans un local à enveloppe en bois dans la ville de Douala, sont mieux acceptables que celles régnant dans un local en parpaing conformément à la température de thermo neutralité qui est comprise entre 26.1 °C et 28.1 °C.

On observe également une très grande fluctuation dans l'enveloppe en bois. Ceci peut s'expliquer par les infiltrations d'air dans le local et le fait que le bois a cette particularité de reproduire correctement les conditions ambiantes.

Dans la construction d'un tel local, il serait conseillé de réduire au maximum les ponts thermiques par une bonne finition de l'ouvrage.

4. CONCLUSION

Dans cette étude, nous avons abordé les transferts d'humidité et de température à l'échelle macroscopique de la cellule expérimentale, qui est notre local à enveloppe en matériau bois. Nous avons pu mettre en évidence le rôle joué par l'enveloppe du bâtiment sur les conditions climatiques intérieures du local.

Une particularité dans ce travail a été la mesure de la température de rosée de l'air. D'autres pistes restent à explorer comme l'influence de l'orientation du local, la vitesse du vent, le rayonnement et des autres essences bois.

Les mesures effectuées montrent qu'on reste aux températures relativement basses se rapprochant de la zone de confort recommandée en ambiance non climatisée, mais

pour cette période, le véritable problème reste l'humidité relative de l'air intérieur du local.

Nous constatons avec les résultats présentés, que l'enveloppe en bois s'oppose au transfert d'humidité avec un amortissement de l'ordre de 15 à 20 % de chute et un délai de réponse aux sollicitations extérieures d'environ 2h de temps. Les matériaux thermo hygrosopiques comme le bois traité par un séchage approprié comme dans notre cas apparaissent comme régulateur d'humidité et de température, ce qui n'est pas loin des conclusions tirées par d'autres auteurs.

REFERENCES

- [1] A.M.O. Mbida, '*Institut de formation et de recherche démographiques*', Vol. 5, 2010.
- [2] A. Kemajou and L. Mba, '*Matériaux de construction et confort thermique en zone chaude Application au cas des régions climatiques camerounaises*', Revue des Energies Renouvelables, vol. 14, N°2, pp. 239 – 248, 2011.
- [3] H. Rafidiarison, R. Rémond, A. Nicolas, et E. Mougel, '*Etudes expérimentale et numérique du comportement hygrothermique des matériaux hygrosopiques*', Conférence IBPSA-France, 6 au 8 juin, Chambéry, 2012.
- [4] S. Thiers, '*Bilans énergétiques et environnementaux de bâtiments à énergie positive*,' p. 255, 2008.
- [5] I. Benoudjafer, F. Ghomari et P.A. Mokhtari, '*L'amélioration du confort thermique des ambiances intérieures du bâtiment dans le contexte saharien : Cas la ville de Béchar*', SIPE 10, vol. 1, pp. 44 – 49, 2010.
- [6] Z. Abdellatif et M. Abderrahmane, '*Modélisation du comportement thermique des locaux sous différentes configurations avec le sol par l'analyse modale*', Journal of Sciences Research, Vol. 1, pp. 170 – 176, 2010.
- [7] A. Kémajou, L. Mba, and P. Meukam, '*Application of Artificial Neural Network for Predicting the Indoor Air Temperature in Modern Building in Humid Region*', Vol. 1, N°4, 2011.
- [8] A. Kemajou, L. Mba, G.P. Mbou, and SCB- Bank, '*Energy efficiency in air-conditioned buildings of the tropical humid climate*', Vol. 11, N°, May, pp. 235 – 240, 2012.
- [9] I. Nardi, T. de Rubeis, E. Buzzi, S. Sfarra, D. Ambrosini, and D. Paoletti, '*Modeling and Optimization of the Thermal Performance of a Wood-Cement Block in a Low-Energy House Construction*', Energies, Vol. 9, N°9, p. 1, 2016.
- [10] E. Mougel, '*Etude des transferts couplés de chaleur et d'humidité dans les constructions bois*', 2ème Forum Bois Construction, Beaune, pp. 1 – 8, 2012.
- [11] J. Borderon, R. Cantin, et J. Virgone, '*Etude du comportement thermique dynamique de l'enveloppe non isolée du bâtiment : cas des murs inertes*', IBSPA, pp. 1–8, 2007.
- [12] A. Dugu, P. Lagi, et L. Trefle, '*Evaluation des risques liés à l'humidité dans le cas d'une isolation thermique par l'intérieur de murs anciens : étude de cas*', Conférence IBPSA, France, pp. 1–8, 2012.

- [13] L. Mba, P. Meukam, and A. Kemajou, '*Application of artificial neural network for predicting hourly indoor air temperature and relative humidity in modern building in humid region*', Energy and Building, Vol. 121, pp. 32 – 42, 2016.
- [14] A. Piot, C. Abelé, M. Woloszyn, et J. Brau, '*Cellule expérimentale en vraie grandeur pour la validation des outils de simulation thermo-hygro-aérauliques*', Conférence IBPSA France. 2008, pp. 1–8, 2008.
- [15] D. Medjelekh, L. Ulmet, et F. Dubois, '*Mesure et modélisation des transferts hygrothermiques d'une enveloppe en béton de bois*', Conférence IBPSA, Arras, France pp. 1–8, 2014.
- [16] Météo, '*Météorologie Nationale du Cameroun, Tableaux Climatologiques, Mensuels TCM*', Direction Nationale de la Météorologie, Douala, Cameroun, 2014.
- [17] R. Wagerfunr, '*Wood Properties Table N°3A*', Iroko (*chlorophera excels and C. regia*), Holztechnologie, Leipzig, 27 ref, 1968.
- [18] Forêts du CIRAD, '*TROPIX5.0 Caractéristiques technologiques de 215 essences tropicales*'. 2016.
- [19] D. Luna-sanchez, '*Modélisation et conception préliminaire d'un séchoir solaire pour bois de pin avec stockage d'énergie*', Thèse de Doctorat, Arts et Métiers, 2008.
- [20] A. Kemajou and L. Mba, International Journal of Research Review, Vol. 11, pp. 358 – 367, 2012.
- [21] N. Fezzioui, B. Droui, M. Benyamine, and S. Larbi, '*Influence des caractéristiques dynamiques de l'enveloppe d'un bâtiment sur le confort thermique au sud Algérien*', Revue des Energies Renouvelables, Vol. 11, N°1, pp. 25 - 34, 2008.
- [22] M. Perier-muzet, T. Bejat, et Y. Kedowide, '*Etude expérimentale des transferts de chaleur d'humidité dans une paroi hygroscopique perméable à la vapeur – Analyse expérimentale l'impact de l'inhomogénéité des conditions surface et de singularités sur les transferts*', Congrès de la Société Française de thermique, La Rochelle, France, 8 p., 2010.
- [23] S.T. Elias-Ozkan, F. Summers, N. Surmeli, and S. Yannas, '*A Comparative Study of the Thermal Performance of Building Materials*', PLEA'2006 - 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture, Geneva, Switzerland, -6-8. September, 2006.
- [24] A. Kemajou, A. Tseuyep, and N. Egbewatt, '*Le confort thermique en climat tropical humide: vers un réaménagement des normes ergonomiques*', Revue des Energies Renouvelables Vol. 15 N°3, pp. 427 - 438, 2012.