

Thermal performance of the horizontal opening in the traditional houses of old Biskra. Case of traditional house at Bab Edarb

Performance thermique de l'ouverture horizontale dans les maisons traditionnelles du vieux Biskra. Cas de la maison traditionnelle à Bab Edarb

Meriem Madhoui-Benchikha ¹✉, Djamel Alkama ²

¹ Laboratoire LACOMOFA, Département d'Architecture, Université Mohamed khider - Biskra, B.P. 145 R.P. 07000, Biskra, Algeria

² Département d'Architecture, Université 08 Mai 1945- Guelma, Algeria

Received 29 March 2018

Published online: 22 June 2018

Keywords

Traditional architecture

horizontal opening

Raouzna

Hot and dry climate

Numerical simulation

Thermal performance

Abstract: This research aims to revive a traditional architecture heritage of Biskra, which is the horizontal opening in the roof of the "wast edar" named "raouzna". In order to evaluate the thermal performance of this element and measure its ability to control the distribution of interior temperature in a region submitted to a hot and dry climate, an experimental study by numerical simulation was carried out. DEROB-LTH program was used to perform the work of simulation which focused on one set of constant and variable factors. These factors are related to climate data, thermal's comfort zone and to the dimensions and shape of the raouzna. Some of the data used for the simulation are based on the results of a typo-morphological analysis of a corpus of traditional houses and a survey carried out upstream in the quarter of Bab Edarb (old Biskra). The study focuses on the comparison between the recorded temperature inside the traditional house and the outside air, and for periods critical of winter and summer represented respectively by the coldest month and hottest: January and July.

© 2018 The authors. Published by the Faculty of Sciences & Technology, University of Biskra. This is an open access article under the CC BY license.

Résumé: Cette recherche vise à faire revivre un héritage de l'architecture traditionnelle de la ville de Biskra, qui est l'ouverture horizontale située dans le toit du « wast edar » nommée « raouzna ». Pour pouvoir évaluer la performance thermique de cet élément et mesurer sa capacité à contrôler la distribution de la température intérieure dans une région soumise à un climat chaud et aride, une étude expérimentale par simulation numérique a été réalisée. Le programme DEROB-LTH a été utilisé pour effectuer le travail de simulation qui a porté sur un ensemble de facteurs constants et variables. Ces facteurs sont liés aux données climatiques, les besoins du confort thermique et les caractéristiques dimensionnelles et formelles de la raouzna. Certaines données utilisées pour la simulation sont basées sur les résultats d'une analyse typo-morphologique d'un corpus de maisons traditionnelles et d'une enquête réalisées en amont dans le quartier de Bab Edarb (vieux Biskra). L'étude se focalise sur la comparaison entre la température enregistrée à l'intérieur de l'habitation traditionnelle et celle de l'air extérieur, et cela pour les deux périodes critiques de l'hiver et l'été représentées respectivement par le mois le plus froid et le plus chaud : Janvier et Juillet.

Mots clés : L'architecture traditionnelle, ouverture horizontale, raouzna, climat chaud et aride, simulation numérique, performance thermique.

1. Introduction

L'architecture vernaculaire est considérée comme une école dont on apprend des leçons du passé, surtout si elle est située dans un climat très sévère, tel que le climat chaud et aride, où elle a démontré le degré de son adaptation, de sa résistance face aux conditions climatiques, en assurant un confort thermique très élevé avec le plus bas coût possible (Izard 2014). L'architecture traditionnelle à Biskra (Sud-Est de l'Algérie) compte parmi ces exemples. Cette ville est caractérisée par son patrimoine architectural exceptionnel qui peut encore se voir dans les anciens quartiers résidentiels. Des modes et dispositifs d'adaptation climatique sont illustrés dans de nombreuses maisons où s'est déployé le génie des bâtisseurs locaux pour répondre aux rigueurs d'un environnement hostile et d'un climat particulièrement torride (Addad 2000). Certaines des stratégies

employées sont basées, des éléments naturels tels que la présence des jardins de palmiers et des cours d'eau autour des quartiers résidentiels, d'autres relèvent de la dimension urbaine et architecturale tels que la compacité du tissu urbain, l'étroitesse des rues, la grande inertie thermique des murs épais en terre et la conception introvertie de l'ensemble des habitations avec une rareté des ouvertures vers l'extérieur (Alkama 1995). Ces aspects caractérisent la plupart des maisons arabes et celles situées sous les mêmes conditions climatiques. Mais ce qui distingue l'habitat vernaculaire à Biskra, c'est la forte présence d'un dispositif architectural dans le plafond de Wast eddar (Madhoui 2004). Il s'agit d'une ouverture horizontale, recouverte d'une grille métallique croisée pour éviter les accidents de chute à partir de la terrasse, appelée localement « raouzna ». En effet, cette ouverture est très semblable à celle qui se trouve dans la maison traditionnelle de la vallée du M'zabe

✉ Corresponding author. E-mail address: madhoui.meriem@yahoo.fr

(Le Chebak), sauf que ce dernier présente des dimensions plus grandes que celles de la raouzna, à cause de la présence d'un patio à l'étage (Ikomar) qui protège le Chebek. La raouzna, quant à elle, est directement ouverte vers le ciel. Certains chercheurs ont montré que la raouzna est un type de patio réduit à une ouverture (Abdulac et Pinon 1973 ; Mohsen 1979 ; Muhaisen 2006). D'autres trouvent qu'elle joue un rôle purement climatique dans le contrôle des températures à l'intérieur de l'espace, l'aération et l'éclairage naturel (Ouahrani 1993). Le but principal de cette recherche est d'effectuer une étude approfondie pour tester la performance thermique de la raouzna. Une simulation par ordinateur utilisant le programme DEROB-LTH, appliquée sur un échantillon de maisons traditionnelles situées dans le quartier de Bab Edarb.

2. Méthodologie et déroulement de l'investigation

L'analyse est structurée selon les étapes suivantes :

- Présentation du cas d'étude et du corpus de maisons analysées.
- Définition du programme de simulation utilisé DEROB-LTH.
- Présentation de la zone climatique d'hiver et d'été ainsi que les limites de la zone du confort thermique de la ville de Biskra.
- Programmation des données climatiques et géométriques de l'application numérique.
- Présentation des résultats obtenus pour chaque habitation analysée.
- Analyse et comparaison des résultats.

3. Présentation du cas d'étude

Cette étude est menée à Biskra, une ville appartenant aux régions à climat chaud et aride en Algérie. Son climat est caractérisé par un hiver froid et un été chaud et sec. La température moyenne annuelle est de 22,3°C, avec un minimum de 11,4°C en Janvier et un maximum de 34,2°C en Juillet, les précipitations sont très faibles avec un maximum de 200mm/an.

Selon les historiens, le premier noyau habité créé sur le site de la ville actuelle remonte à quelques 3.000 ans. Ce premier noyau urbain était situé à l'intérieur de la palmeraie et sera l'œuvre des Turcs (1541 – 1844). En 1670, la ville fut touchée par une épidémie de peste et éclata en 07 villages (quartiers) ingénieusement dispersés à l'intérieur de la palmeraie (Mahimoud 2010). Ces quartiers sont : Bab el Fath, Guedacha, Medjniche, Sidi Barkat, Ras el Gueria, M'cide, Feliache et enfin Bab Edarb qui est le plus ancien et qui constitue le terrain d'investigation de la présente étude (figure 1).

Le corpus analysé est composé de six habitations représentatives de l'ensemble des maisons traditionnelles à Bab Edarb. D'une façon générale, la maison traditionnelle à Biskra est caractérisée par une distribution spatiale centrée autour d'un patio appelé « wast edar », ce dernier est presque totalement couvert à l'exception d'une ouverture zénithale rectangulaire (raouzna) qui occupe le centre géométrique du plafond. Les différentes pièces



Fig. 1. Localisation des maisons étudiées Quartier Bab Edarb. Extrait du PDAU numérique de la ville de Biskra (Algérie).

sont généralement ouvertes sur le wast edar. Toutes les maisons sont construites en terre crue, et le tissu urbain est très compact.

Chaque maison sélectionnée pour figurer dans l'échantillon, est définie par un ratio différent des autres. Ce ratio R est le résultat de la division de la hauteur du wast edar (H) sur le périmètre de la raouzna (P) (Tableau 1 et figure 2).

4. Définition du programme DEROB-LTH

Le logiciel DEROB-LTH version 99.01+3 sous Windows a été créé par le laboratoire de l'école d'architecture d'Austin à l'université de Texas, ensuite il a été développé par l'institut technologique à Lund (Suède) (Auziane 2015). Il représente un moyen flexible de simulation thermique des bâtiments en mode zonale. Le programme est composé de 08 modules, dont 06 pour le calcul des températures, chauffage et refroidissement. Ce logiciel se caractérise par des fonctions que l'on peut regrouper en trois domaines : les entrées, le traitement des données et les sorties. Les résultats générés se présentent sous deux formes : des courbes et des textes (fichier Excel) (DEROB-LTH, 2011).

5. Zones du confort thermique de la ville de Biskra

Selon Ould-Henia et d'après la carte des régions climatique en Algérie, la ville de Biskra s'inscrit dans la zone d'hiver H3 classe b, et dans la zone d'été E3 (Bengharabi 1993). Donc, la limite de la zone du confort thermique pour la ville de Biskra - identifié par Ould-henia et approuvé par le ministre du logement est comme montrée sur le tableau 2. On remarque que la ville de Biskra est située dans la zone thermique de la limite du confort d'hiver H3a et la zone thermique d'été E3 et que les deux régions se caractérisent par les mêmes données de limite du confort thermique, qui consiste aux températures de 22 à 27 °C (qui peut atteindre jusqu'à 28.5°C selon le calcul de la zone de surchauffe de la région de Biskra) et à l'humidité relative de 19 à 65 %. Ces données climatiques des deux périodes des zones de limite du confort d'été et d'hiver sont considérées comme données référentielles de toute cette étude.

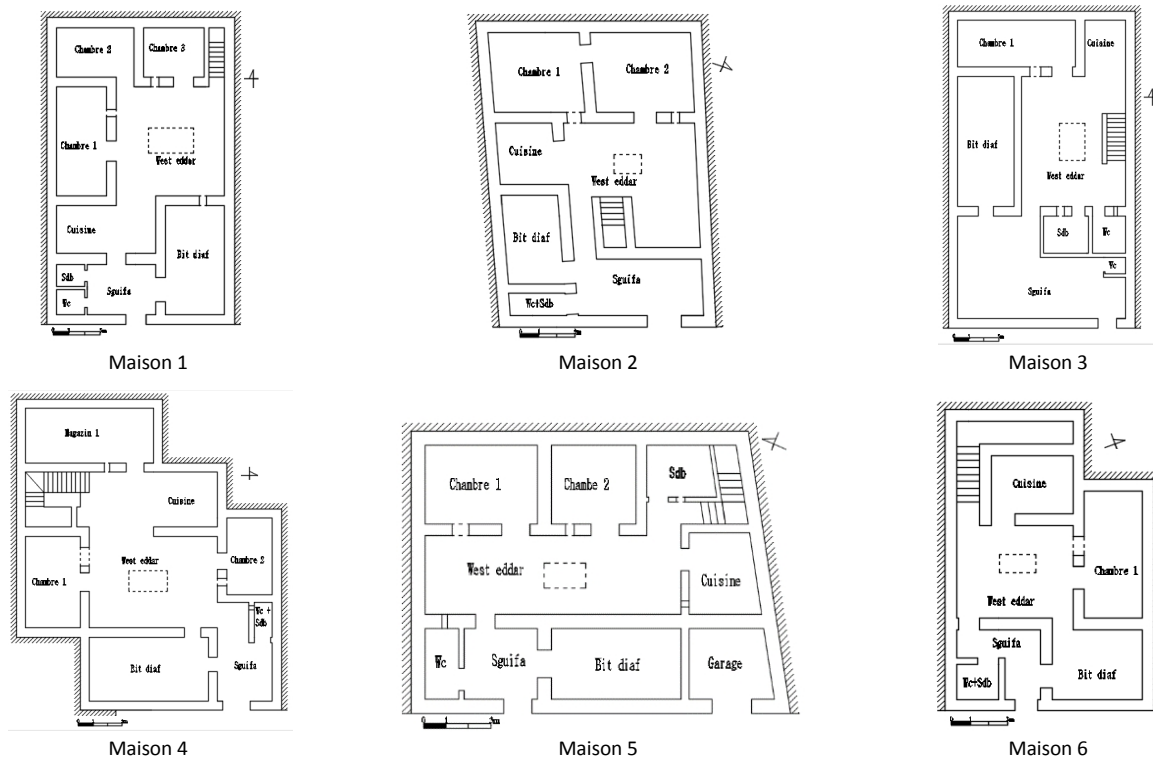


Fig. 2. Plans des maisons sélectionnées du quartier Bab Edarb, ville de Biskra (Algérie).

Tableau 1. Caractéristiques dimensionnelles de la raouzna des maisons sélectionnées.

	Maison 1	Maison 2	Maison 3	Maison 4	Maison 5	Maison 6
Hauteur de wast edarH en (m)	3,00	3,80	3,20	3,90	3,10	3,30
Périmètre de la raouzna P en (m)	7,00	5,20	6,20	5,40	6,40	5,20
Ratio R= H/P	0,42	0,73	0,51	0,43	0,72	0,48

Tableau 2. Tableau des limites du confort thermique d’hiver et d’été en Algérie (Bengherabi 1993).

	Température (C°)	Humidité Relative (%)	
H1a	22–70	21 – 25	E1
H1b	20–70	21 – 25	E1
H2a	21 –69	21 – 25	E2
H2b	23–75	21 – 25	E2
H3a	19–65	21 – 25	E3
H3b	19–60	21 – 25	E4
H3c	20–62	21 – 25	E5

Zone climatique (hiver) : littoral (H1), hauts-plateaux (H2), Sahra (H3)
 Zone climatique (été) : littoral (E1), hauts-plateaux (E2), Sahra (E3-5)

6. Programmation des données climatiques et géométriques

6.1. Programmation des données climatiques

Le logiciel DEROB-LTH nécessite l’utilisation d’un langage de programmation Microsoft Fortran Power Station, pour insérer les données climatiques, la situation géographique de la ville de Biskra et la période de simulation. Ces données apparaîtront dans la fenêtre d’affichage du langage Fortran (Tableau 3).

6.2. Programmation des données géométriques

Dans la deuxième partie de l’application numérique, nous avons programmé toutes les informations concernant le corpus étudié (les six maisons traditionnelles). Cette opération se fait en deux

phases. La première consiste à programmer dans la fenêtre du programme DEROB-LTH (Walls / Floors / Roofs), les épaisseurs des murs et des dalles, le type des murs (extérieur ou intérieur), les matériaux de constructions et leurs caractéristiques thermiques et physiques (coefficient de conductibilité, température spécifique et la densité). La deuxième phase consiste à programmer tous les éléments géométriques tel que la hauteur, la forme, l’épaisseur, la position de l’élément par rapport à l’axe vertical et horizontal (Zénith et Azimut). Cela permettra au logiciel de construire le modèle de la simulation de chaque cas (Figure 3).

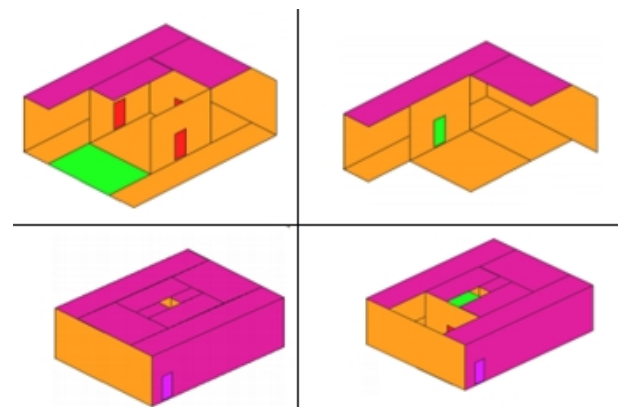


Fig. 3. Quatre étapes différentes de constitution d’un modèle 3D parmi les 21 phases.

Tableau 3. Température, humidité relative et vitesse moyenne de l'air mensuelle à Biskra (2002-2012). Données relevées de la station météorologique de Biskra.

	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec	Moy
Tmoy .max C°	16.8	18.6	21.9	21.9	30.0	38.3	39.6	38.5	33.6	27.7	20.8	17.5	28.3
Tmoy. min C°	7.00	8.00	11.0	11.0	18.5	23.6	26.8	26.4	22.7	16.9	11.4	8.00	16.2
T moy C°	11.9	13.4	16.5	16.5	24.3	31.0	33.9	32.5	28.2	22.5	16.2	12.7	22.3
Hum R max %	62.8	62.0	53.9	51.1	47.3	40.5	36.0	41.8	53.2	59.3	65.4	66.3	
Hum R min %	39.1	37.6	28.9	27.2	23.9	19.5	17.6	20.9	29.2	35.3	41.5	42.6	
Moy %	50.95	49.80	41.40	39.15	35.60	30.00	26.80	31.35	41.20	47.30	53.45	54.45	
Vites. Moy m/s	3.6	3.9	4.4	4.4	4.9	4.2	3.5	3.5	3.2	3.2	3.2	3.3	

7. Résultats obtenus et interprétation

Pour balayer les résultats de la totalité de la journée, nous avons étudié six périodes de comportement de la température opérative à l'intérieur de 'Wast edar', avec un intervalle de quatre heures. Trois parmi elles seront affichées, y compris les deux moments où elle atteint les valeurs extrêmes (Tmoy min à 6h.00 et Tmoy max à 14h.00) (Figure 4).

De la même manière et par les mêmes étapes, sauf que les données géométriques changent d'une maison à l'autre, on a obtenu les résultats suivants : (figures 5) Selon les résultats obtenus nous remarquons clairement que l'ensemble des courbes avec cercles vides indiquant la température intérieures

sont supérieures aux courbes avec cercles pleins représentant les températures extérieures pendant la période hivernale.

Les températures enregistrées par DEROB-LTH sont très proches de la limite inférieure de la zone du confort thermique de la ville de Biskra (22C°). Ce qui confirme que l'ouverture de la raouzna assure un certain confort d'hiver acceptable par rapport à la température extérieure.

L'écart thermique entre la température moyenne maximale est minimale à l'extérieur est de 9.8C°, alors qu'elle est d'une moyenne de l'ordre de 6.2C° à l'intérieur. Cela est dû aux fortes inerties thermiques des murs en terre, et aux importantes épaisseurs qui empêchent les déperditions thermiques de l'intérieur vers l'extérieur en hiver.

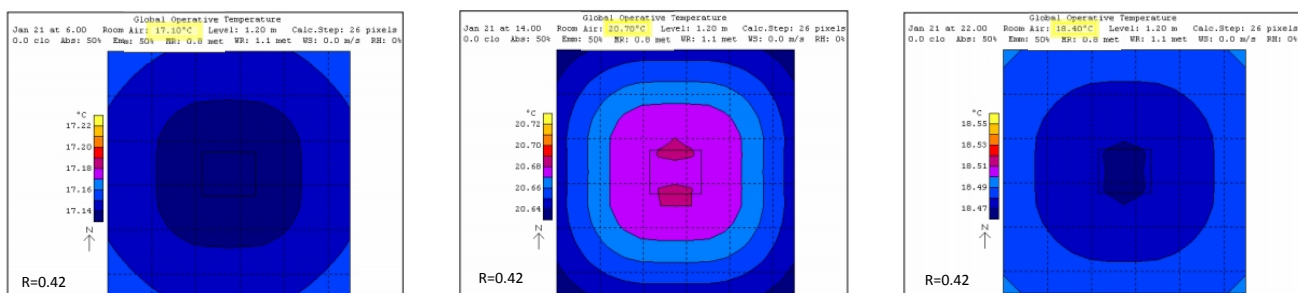


Fig. 4. Température opérative moyenne obtenus pour trois périodes dans la maison n°1.

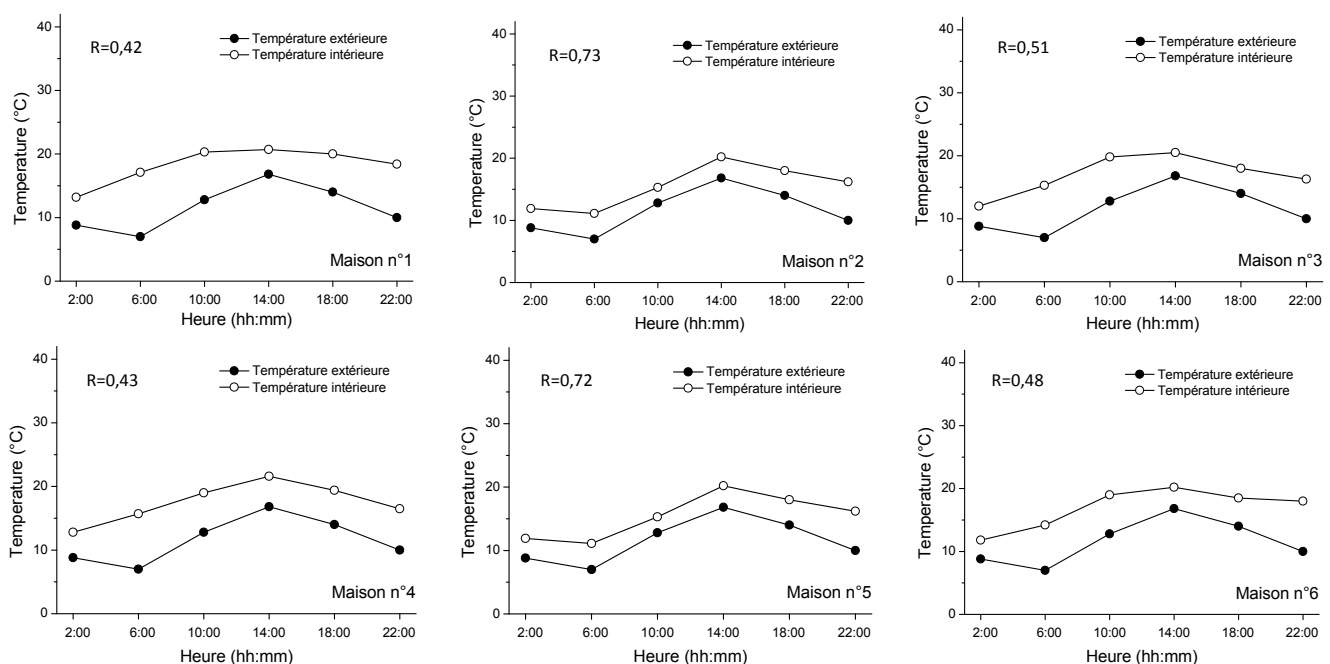


Fig. 5 : Résultat des températures moyennes intérieures et extérieures pour le mois de Janvier.

La figure 5 montre que les températures moyennes les plus basses à l'intérieur de l'espace sont celles où la courbe est très proche de la courbe des températures extérieures du mois de janvier, ce qui correspond aux maisons n° 02 et 05. Ces maisons possèdent les plus grands ratios (0.73, 0.72). Inversement, les températures les plus élevés sont celles des maisons n° 1, 3, 4 et 6 où la courbe des températures moyennes à l'intérieur s'éloigne de la courbe des températures extérieures. Ces maisons présentent les ratios les plus inférieures, qui sont successivement (0.42, 0.51, 0.43, 0.48). De ce fait, on constate que les dimensions de la raouzna est la hauteur de Wast edar influe considérablement les conditions du confort thermique en hiver.

7.2. Résultats mois de juillet

Selon les résultats obtenu en mois de juillet (figure 6), nous remarquons que l'ensemble des températures moyennes intérieures des échantillons étudiés (représenté par la courbe avec cercles vides) est inférieur à la température extérieure (courbe avec cercles pleins). Les températures intérieures enregistrées par DEROB-LTH sont très proches de la limite supérieure de la zone du confort thermique de la ville de Biskra (28.5C°), sauf à 6h.00 où l'air extérieur atteint la plus basse température durant toute la journée.

On remarque que la température moyenne à 6.00h du matin est plus élevée à l'intérieur que celle de l'extérieur dans la plupart des cas à cause du phénomène du rayonnement interne de la chaleur stockée dans les éléments constructifs de la maison (murs et les dalles).

La figure 7 montre que l'écart thermique entre la température moyenne maximale est minimale à l'extérieur du mois de juillet est d'ordre de 13.8C°. A l'intérieur elle est d'une moyenne de 6.5C°, ce qui explique la stabilité de la courbe des températures internes (courbe avec cercles vides) pendant toute la journée. Cela est dû aussi à l'inertie thermique des murs ainsi qu'à leurs considérables épaisseurs. Le plus grand écart thermique de température entre l'intérieur et l'extérieur est enregistré à 14h.00 avec une moyenne de valeur 10.3C°.

Les résultats enregistrés montrent que lorsque les ratios sont supérieurs à 0.5 les températures moyennes sont très proches de la limite supérieure de la zone du confort thermique d'été de la ville de Biskra. Les graphes des maisons possédant les plus grands ratios (0.73, 0.72) montrent que les températures moyennes sont très basses par rapport à l'extérieur, dont l'écart thermique entre l'intérieur et l'extérieur est très élevé.

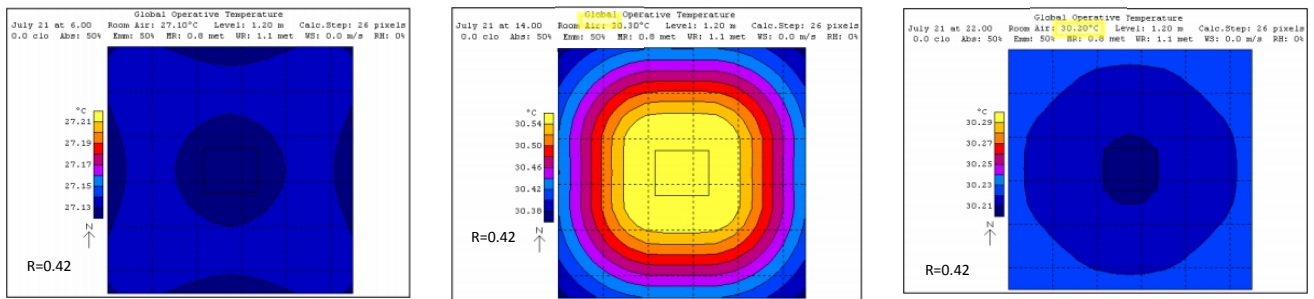


Fig. 6. Température opérative moyenne obtenus pour trois périodes dans la maison n°1.

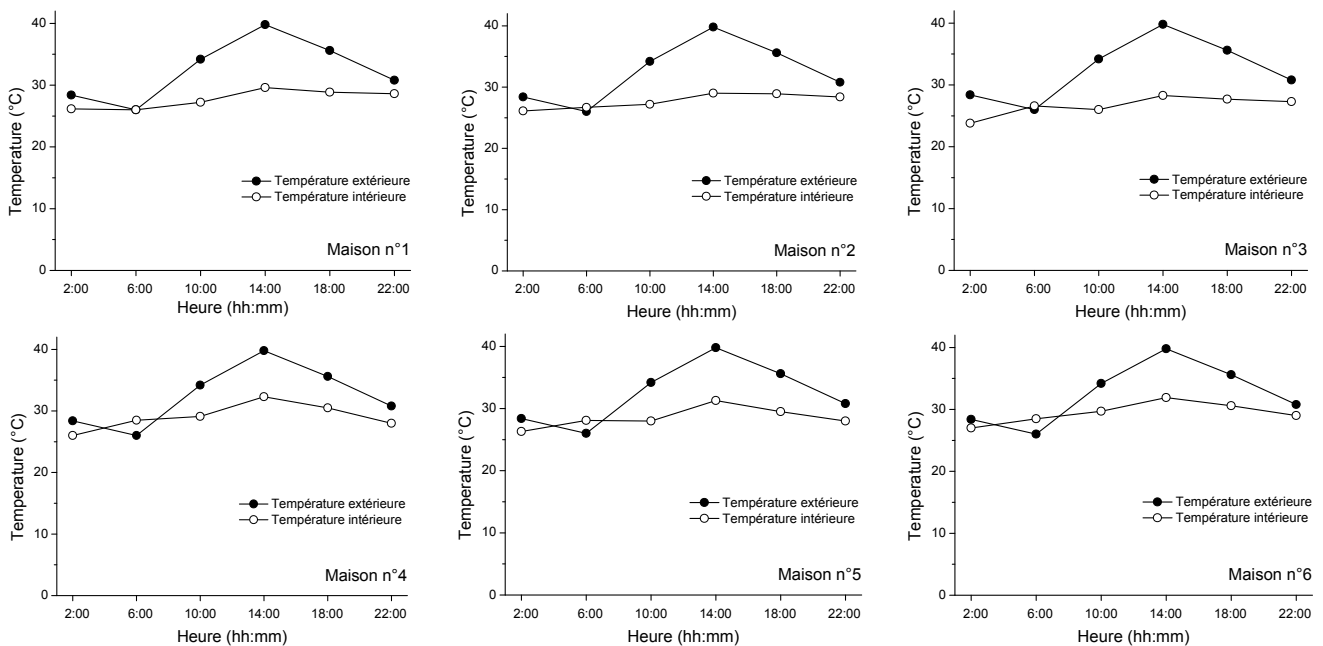


Fig. 7 : Résultat des températures moyennes intérieures et extérieures pour le mois de Janvier.

5. Conclusion

Les résultats obtenus dans le cadre de cette recherche ont permis d'évaluer l'efficacité et la performance thermique de la raouzna (ouverture horizontale dans le plafond de Wast edar), dans les maisons traditionnelles de la ville de Biskra, où prédomine un climat chaud et aride. Il ressort en premier lieu de cette étude expérimentale, que Wast edar reste plus chaud que son environnement immédiat pendant la saison froide (décembre, janvier et février). Par contre, il est plus frais en été pendant la période la plus chaude de l'année (juin, juillet et août) où la température moyenne de l'air extérieur atteint son maximum en mois de juillet avec 39.6°C, ce qui explique que la plus part des activités journalières des usagers se déroulent dans cet espace.

En second lieu, le ratio entre la hauteur de Wast edar et les dimensions de la raouzna est en relation inversement proportionnelle avec les variations de la valeur de température moyenne intérieur.

On conclut que raouzna dans les maisons traditionnelles du vieux quartier de Bab Edarb a prouvé son efficacité ainsi que sa valeur thermique, et comme un héritage architectural transmis d'une génération à l'autre pour un objectif purement climatique.

Références

- Abdulac, S., P. Pinon (1973) Maisons en pays islamiques : modèles d'architecture climatique. Groupe expansion, A.A, N° 167, Mai-juin, Paris, p.8.
- Addad, M.C. (2000) Les leçons de l'architecture traditionnelle, Séminaire international, Espace oasien et développement durable. Biskra, p.190.
- Alkama, D. (1995) Analyses typologiques de l'habitat, cas de Biskra. Thèse de magister, Département d'architecture, Université de Biskra, 96-108.
- Auziane, G. (2015) Energy efficiency in residential buildings measurements and simulation, Doctoral thesis, Division of Building Science, LTH, Lund University, SE-221 00 Lund, Sweden. P29.
- Bengherabi, M. (1993) Recommandations architecturales. Ministère de l'habitat, ENAG, Alger, p.10-11.
- DEROB-LTH Support (2011) Edition: Department of Building Science, Lund Institute of Technology, p.32.
- Izard, J.L. (2014) Construire avec le climat : Architecture et qualité environnementale des bâtiments. Laboratoire ABC, ENSA, Marseille, p.18.
- Madhoui, M. (2004). Le rôle climatique de la Raouzna, cas de la maison individuelle contemporaine à Biskra. Thèse de magister, département d'architecture, université de Biskra, p.96.
- Mahimoud, A. (2010). L'impact des formes urbaines nouvelles sur le microclimat d'une ville appartenant au milieu aride : cas de la zhun ouest à Biskra. Sciences et Technologie, D- N°31, Juin, p. 81-88.
- Mohsen, A. (1979). Solar radiation and courtyard house forms. *Bâtiment et environnement* 14 (2):89-106.
- Muhaisen, A. (2006). Shading simulation of the courtyard form in different climatic regions. *Building and environment*, vol 41, p. 171-174.
- Ouahrani, D. (1993) Taga, daylighting of houses in desert regions. Department of architecture and development studies, Lund University, p.44.