

## Etude de la performance thermique en été d'une maison préfabriquée à Biskra

A. Hamouda <sup>1</sup>, S. Abdou <sup>2</sup> et L. Benyahia <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institut d'Architecture et d'Urbanisme, Université de Batna 1

<sup>2</sup> Département d'Architecture, Université Constantine 3

(reçu le 18 Février 2018 - accepté le 30 Août 2018)

**Résumé** - Cet article tentera d'évaluer la performance thermique d'une construction préfabriquée en période d'été, en étudiant les effets de la ventilation et de l'orientation des parois et des ouvertures sur le confort des habitants. Une campagne de mesure des températures et humidité relative internes a été entreprise au niveau du modèle d'étude en pleine saison estivale (trois jours à la fin du mois de Juillet et trois jours au début du mois d'Août 2015). Les résultats seront comparés aux températures externes relevées auprès de la station météorologique de Biskra. Il a été trouvé qu'une bonne ventilation transversale et une orientation optimale ont un effet positif sur la réduction des températures en été.

**Abstract** - This paper tempts to investigate the thermal performance of a prefabricated building during hot period in Biskra by studying the effects of ventilation and windows and walls orientation on temperature and relative humidity variations. A field of internal temperature and relative humidity measurement was carried out on a model of house in summer (three last days of July and first three days of August). Results will be compared to meteorological temperatures of Biskra. It was found that good transversal ventilation and an optimal orientation have a positive effect on summer comfort.

**Keywords:** Hot and dry climate - Prefabricated building - Thermal performance - Biskra.

### 1. INTRODUCTION

Depuis l'indépendance, l'Algérie a développé son économie de base et a adopté la politique de décentralisation pour encourager la sédentarisation au Sud, qui est caractérisé par un climat chaud et sec, en y multipliant les offres d'emplois et assurant un logement décent.

Le souci d'en construire rapidement et en grande quantité a favorisé l'importation des bâtiments préfabriqués qui ne peuvent s'adapter au contexte environnemental local. De plus, il n'y a aucune tentative réfléchie pour adapter ce genre de construction aux conditions climatiques des milieux arides.

Il est vrai que les nouvelles techniques de construction satisfassent le mode de vie contemporain, mais du point de vue thermique, elles ne peuvent rivaliser avec celles employées dans l'architecture traditionnelle. Les défauts conceptuels du bâtiment moderne ont fait que les ambiances internes demeurent invivables et ce pendant une grande partie de l'année. Pour assurer son bien être, l'usager eu recours aux appareils mécaniques de chauffage et de climatisation dont la consommation d'énergie est estimée en Algérie à 40 % [1].

L'objectif de cet article est d'analyser le comportement thermique du bâtiment préfabriqué vis à vis des conditions climatiques externes et donc étudier les effets de la forme, l'orientation des parois et la ventilation sur les températures internes.

### 2. MATERIAUX ET METHODE DE TRAVAIL

Pour mener cette recherche, l'expérimentation s'est basée sur un travail de terrain. Celui-ci consiste en des mesures de température et d'humidité au niveau d'une maison

préfabriquée à Biskra à l'aide d'un thermo-hygromètre digital TES-1360, placé au milieu de l'espace à un mètre du sol.

Les mesures se sont déroulées pendant la période la plus critique de l'année, soit le mois de Juillet et Août et ce pendant une semaine. Les espaces en question sont:

- la chambre 1 qui est orientée vers le Sud avec un mur pignon orienté vers l'Est
- le séjour qui est sujet à deux orientations, Nord et Sud avec un mur pignon orienté vers l'Ouest, (figure 5).

L'évaluation des résultats consistera en l'analyse de la réponse thermique de chaque espace vis à vis des conditions climatiques estivales. Par conséquent, les variations des températures et des humidités relatives internes seront étudiées par rapport à celles enregistrées dans la station météorologique de Biskra et au comportement des usagers. Suite à cela, il y aura une analyse comparative entre les deux espaces.

### 3. ANALYSE CLIMATIQUE DE LA VILLE DE BISKRA

Biskra est une ville située au niveau de l'Est Algérien à une altitude de 81 mètres, à une latitude de 34° 48' Nord et à une longitude de 5° 44' Est et donc appartient à la bande encerclant la terre de latitude 15° à 35° Nord et qui reçoit le plus grand montant de rayonnement solaire [2].

Celui - ci est intense et est de l'ordre de 8.11 kWh/Jour sur une surface horizontale pendant le mois de Juillet avec une durée de jour maximale de 12h50mn, d'ailleurs, c'est le mois où le ciel y est le plus clair, recevant de ce fait une fraction d'insolation de 88 % [3]. La ville s'inscrit dans la zone climatique d'été E3 et celle d'hiver H3a, possédant deux saisons principales, un été long et dur et un hiver court [4].

La période chaude s'étendant depuis Avril jusqu'à Septembre et où les températures moyennes sont supérieures à 25 °C (figure 1). Toutefois les températures les plus élevées, sont enregistrées pendant les deux mois les plus chauds de l'année: Juillet avec une température moyenne de 33.9 °C et une moyenne maximale de 39.9 °C et Août avec une température moyenne de 33.7 °C et une moyenne maximale de 39.7 °C, sur une période de 11 ans.

Quant aux humidités relatives, elles sont basses, surtout en été où elle atteint 25 % pendant le mois de Juillet, avec une valeur moyenne minimale de 9 % enregistrées depuis Avril jusqu'à Août.

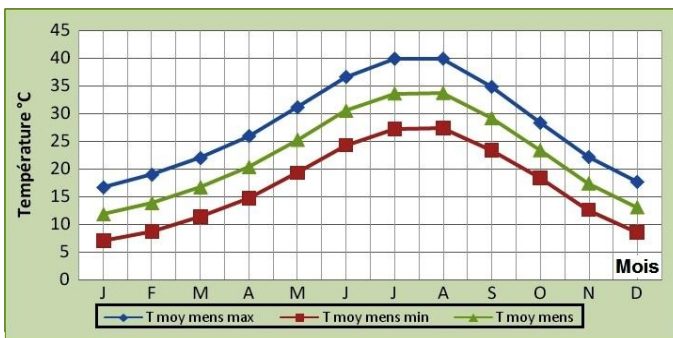


Fig. 1: Variation mensuelle des températures de la ville de Biskra

Source: auteur (2012)

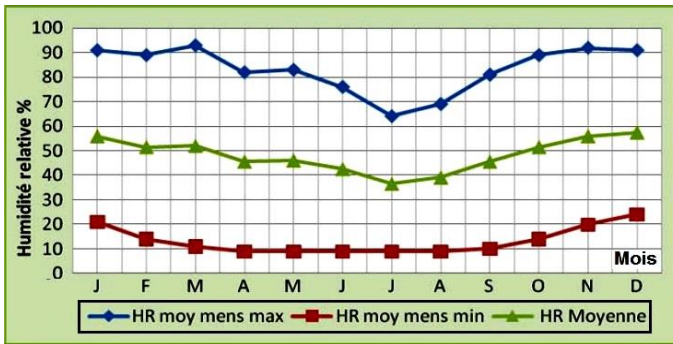


Fig. 2: Variation mensuelle de l'humidité relative de la ville de Biskra

Source: auteur (2012)

#### 4. PRESENTATION DU CAS D'ETUDE

Il s'agit du quartier ENICAB qui est situé au Sud - Ouest de la ville de Biskra, au bord de la route qui mène à Alger, à proximité de la zone industrielle. Cette cité est formée de 60 maisons individuelles du type F4 et F3 réparties sur une surface de 420 km<sup>2</sup>. L'ensemble est entouré par un mur clôture, laissant un accès sur la rue en face de la cité des 1000 logements, (figure 3).



Fig. 3: Le quartier ENICAB

Source: Google Earth 2013, traitement: auteur

##### 4.1 Forme urbaine du quartier

Contrairement au tissu urbain traditionnel, spécifique à un climat chaud et sec, tel que celui de Biskra, la Cité ENICAB possède une structure éclatée, (figure 4). Les espacements entre les maisons très vastes arrivent jusqu'à 13 m, alors que l'espacement recommandé ne doit pas dépasser les deux mètres cinquante avec un minimum de 13.7 mètres [5].

Il est admis que dans les climats chauds et secs, les bâtiments doivent être protégés du rayonnement solaire et des vents de sable. Ces exigences sont satisfaites par une structure urbaine compacte de bâtiments bas avec un rapport plein - vide élevé. De ce fait, les blocs de bâtiments détachés sont fortement déconseillés

##### 4.2 Données architecturales de la maison à étudier

###### 4.2.1 Forme et orientation

L'analyse a été opérée sur un modèle de type F4, (figure 5), dont la forme est allongée le long de l'axe est-ouest. Ces orientations sont attribuées aux murs pignons. Quoique l'orientation du modèle respecte les recommandations de Olgyay *et al.* [6], les

investigations de la période d'été montrent qu'il se génère une forte chaleur à l'intérieur des espaces.

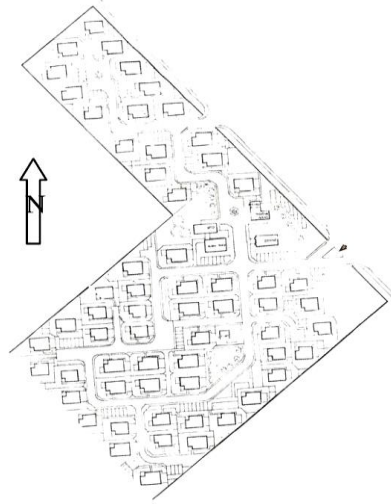


Fig. 4: Structure urbaine de la cité ENICAB  
Source: Documents graphiques ENICAB

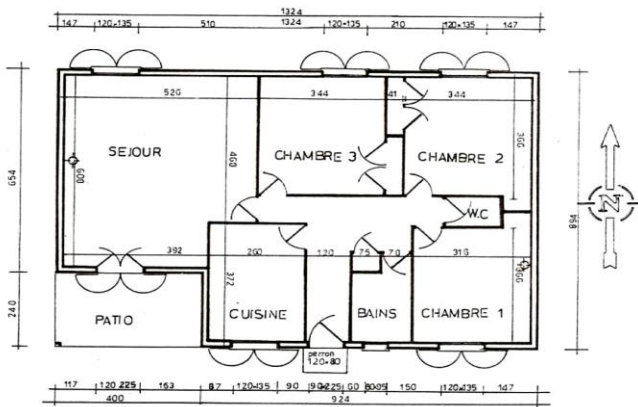


Fig. 5: Vue plan de la maison modèle  
Source: documents graphiques ENICAB

#### 4.2.2 Murs externes

Les murs externes sont constitués d'un assemblage de panneaux ou dalles, de dimensions différentes, consistant en des dalles 'inters' qui forment le mur jusqu'au niveau supérieur de la fenêtre, et des dalles 'hautes' qui forment la partie supérieure du mur, elles ont une épaisseur totale de 65 cm.

L'assemblage des dalles se fait à l'aide de deux types de poteaux: les poteaux d'angle coudés et les poteaux inters. Ces éléments de murs externes sont disposés sur une suite de socles de diverses longueurs, selon la dimension de l'élément du mur qui se posera dessus, donc, soit une longueur de 300, de 1800 et de 2100 mm.

En fait, cet assemblage de dalles forme la partie externe du mur. Quant à la partie interne, elle est formée d'un contre-mur constitué d'une âme de polystyrène de 47 mm



Bouchahm et al. [9] affirment qu'«Une fenêtre orientée à l'Est ou à l'Ouest reçoit très peu de soleil en hiver, un peu plus en mi-saison, et un maximum en été. Mais, les basses températures matinales font qu'un vitrage Est apporte moins de chaleur en été qu'un vitrage Ouest». Pour améliorer l'efficacité des fenêtres, il est conseillé de leur associer un système de protection convenable.

## 5. PROTOCOLE DE MESURE

D'après la pré enquête qui a été faite auprès des ménages de la cité ENICAB, il a été constaté que la quasi totalité des habitants se comporte de la même manière, quant à l'usage des espaces. Ainsi leur vie estivale se déroule dans le séjour, non seulement parce qu'il est climatisé mais aussi il présente plus d'avantages que les autres pièces: il est plus spacieux et mieux ventilé. Par contre, les autres chambres non climatisées demeurent inoccupées durant tout l'été.

Ainsi,

- Le séjour du modèle d'étude constitue l'espace de vie de la famille. Le confort y est assuré par l'usage d'un climatiseur. Celui-ci fonctionne l'après-midi, pendant les heures de sieste et la nuit pendant la soirée et les heures de sommeil. A ces moments là, l'espace est complètement fermé. Pendant les intervalles de temps où le climatiseur ne fonctionne pas, les fenêtres du séjour sont complètement ouvertes, c'est-à-dire, pendant la matinée et tard dans l'après-midi.
- Quant à la chambre, elle est maintenue fermée, à cause de son inoccupation, durant tout l'été, à part quelques manœuvres d'un moment à l'autre concernant l'ouverture des fenêtres pour des raisons de ventilation.

### 5.1 Le séjour

Il possède trois (03) murs exposés à l'extérieur en plus du toit, et deux ouvertures situées sur les murs opposés du Nord et du Sud. Elles sont protégées extérieurement par des volets persiennes en bois de couleur claire. Celle du mur Sud est en plus protégée par un dispositif d'ombrage, (figure 7). De ce fait, le séjour ne reçoit plus de rayonnement direct durant la période d'été, par conséquent, les flux de chaleur les plus intenses parviennent du toit en cours de journée et du mur Ouest dans l'après-midi.



Fig. 7: Types d'ouvertures et protections solaires

Source: Auteur 2012

Sur la figure 8, il peut être constaté que les températures internes moyennes du séjour sont inférieures par rapport à celles de l'extérieur. Ceci est dû au fait qu'il soit climatisé. Par ailleurs, les maxima et les minima qui caractérisent la courbe des températures internes expliquent l'intermittence du fonctionnement du climatiseur:



quand cet appareil est mis en marche, les températures changent brusquement d'allure et diminuent de façon remarquable.

Ainsi, depuis 20 h, le moment où la température avait atteint sa valeur maximale 33.2 °C jusqu'à 6 h, le moment où elle avait atteint sa valeur minimale de 26 °C. Le séjour est complètement fermé et est soumis aux conditions suivantes, en plus de la climatisation;

- absence du rayonnement solaire; - taux d'occupation: 05 personnes; - téléviseur allumée jusqu'à 23 h.

Au cours de cet intervalle de temps la température varie de 7.2 °C et diminue à raison de 0.72 °C par heure. D'autre part, de 12 h jusqu'à 16 h, le séjour est soumis aux mêmes conditions soulignées plus haut, sauf que le rayonnement solaire frappe le toit et le mur Ouest. Pendant cet intervalle de temps, la température, variant de 31.5 °C jusqu'à 29.6 °C diminue à raison de 0.47 °C par heure. Au delà il peut être constaté que la régression des températures pendant la nuit se fait plus vite que celle du jour.

Par contre, pendant les intervalles de temps où le climatiseur ne fonctionne pas, les températures augmentent immédiatement et tendent à s'équilibrer avec celles de l'extérieur, puisque à ce moment, les usagers ouvrent les deux fenêtres simultanément. Ainsi, entre 6 h et 12 h, la température varie de 5.5 °C et qu'entre 16 h et 20 h, elle varie de 3.6 °C. Dans les deux cas, la température augmente à raison de 0.9 °C par heure.

Par conséquent, il peut être constaté que la ventilation possède le même effet sur les températures, le matin comme l'après - midi.

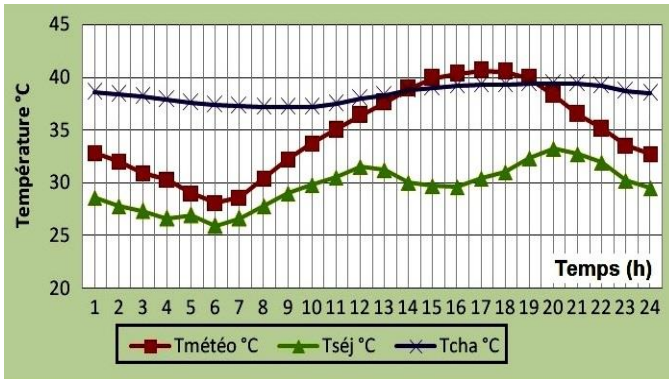


Fig. 8: Variation horaire de la température pendant la période de mesure en été - Source: Auteur

L'humidité relative à l'intérieur du séjour varie entre 20 et 36 %, ce qui peut être constaté sur la figure 9. C'est entre 20 h et 10 h, l'humidité relative de l'intérieur est inférieure à celle de l'extérieur, tandis qu'entre 10 h et 20 h, l'humidité relative de l'intérieur est supérieure à celle de l'extérieur. De plus les allures des deux courbes représentatives de ces humidités se suivent dans leurs variations. Ainsi

Entre 20 h et 6 h : - l'espace est climatisé; - il est occupé par 05 personnes. A ce moment là, l'humidité interne, étant inférieure à celle de l'extérieur, tend à augmenter sous l'effet des occupants.

Entre 6 h et 10 h : - l'espace n'est pas climatisé; - il est naturellement ventilé; - avec le même taux d'occupation que précédemment. Pendant ce temps, l'humidité relative intérieure, étant inférieure à celle de l'extérieur, tend toujours à augmenter sous l'effet des occupants.

Entre 10 h et 12 h, l'humidité interne est supérieure à celle de l'extérieur. Le maximum est atteint à 12 h sous l'effet de l'humidité générée par la cuisine et les tâches ménagères qui se pratiquent généralement pendant cet intervalle de temps.

D'autre part, entre 12 h et 20 h, l'humidité interne est supérieure à celle de l'extérieur, mais elle tend à diminuer sous l'effet de la climatisation en premier temps, ensuite sous l'effet de la ventilation. Ainsi, l'humidité relative intérieure varie avec l'humidité relative extérieure, et que la climatisation et la ventilation naturelle contribuent à la siccité de l'air.

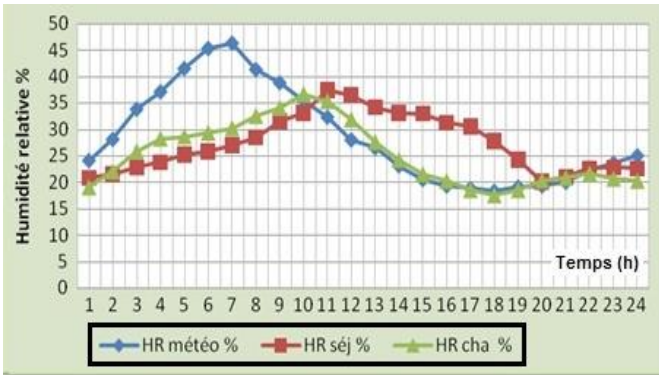


Fig. 9: Variation horaire de l'humidité relative pendant la période de mesure en été - Source: Auteur

## 4.2 La chambre

C'est un espace non climatisé, et par conséquent, n'est pas utilisé pendant cette période de l'année. Durant les six jours de mesures, plusieurs manipulations sur la fenêtre ont été pratiquées pour voir la réponse thermique de la chambre par rapport à la ventilation naturelle. La nuit, les fenêtres sont toujours fermées pour des raisons de sécurité.

Les variations des températures des humidités relatives moyennes journalières horaires de la chambre sont données sur les figures 10 et 11.

Ce qui peut être constaté à première vue, c'est que les températures internes sont très élevées par rapport à la moyenne journalière extérieure. Son minimum de 37.3 °C est atteint à 7 h et qui est resté constant jusqu'à 10 h. Quant à celui de la température externe de 28.1 °C il est atteint, une heure plus tôt, à 6 h.

D'autre part, le maximum de la température interne de 39.4 °C est atteint à 20 h, alors que celui de la température externe de 40.6 °C était atteint, 3 heures plutôt, à 17 h. De plus les fluctuations de la température interne ne sont pas très grandes et sont de l'ordre de 2.1 °C, ceci est dû d'une part à l'isolant thermique de la maison et d'autre part, au fait que l'espace est maintenu souvent fermé.

Quant aux humidités relatives de la chambre, elles sont très basses. Son minimum de 17 % est atteint à 18 h. Celui de l'extérieur de 18.3 % est enregistré à 18 h. Tandis que le maximum interne de 37 % est enregistré à 10 h, celui de l'extérieur de 46.3 % est enregistré à 7 h. De plus, ce qui peut être remarqué sur la figure 11, c'est que la variation des humidités internes suit celle de l'extérieur et qu'à partir de 10 h les courbes représentatives s'enchevêtrent. Les valeurs réduites de l'humidité interne sont aussi dues à l'absence d'occupants.



Toutefois, une analyse ponctuelle sera effectuée sur une journée pour montrer avec plus de détail, le comportement thermique de la chambre faces aux conditions externes de la ventilation et l'ensoleillement.

Pour la journée du 02/08/2011 (figure 10)

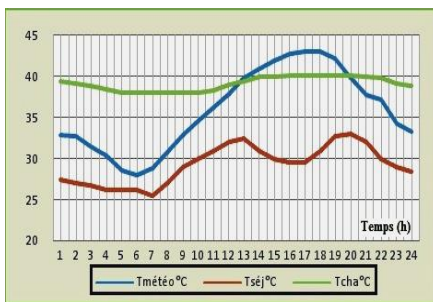
Entre 1 h et 6 h : - vitrage ouvert, volets fermés; - absence de rayonnement solaire. A ce moment là, la température diminue de façon remarquable de 39.4 °C jusqu'à 38.1 °C, à raison de 0.26 °C/h. Celle-ci est supérieure à celle enregistrée pour la journée du 31. Ceci est dû, en plus des pertes par conduction, à l'augmentation des pertes par convection naturelle à travers les fentes des volets. L'humidité augmente mais elle est inférieure à celle de l'extérieur.

Entre 6 h et 8 h : - vitrage ouvert, volets fermés; - effet du rayonnement solaire. Cette période de la journée est caractérisée par le lever du soleil, le rayonnement frappe, ainsi, le toit et la façade Est, où il se produit un gain de chaleur. Les déperditions se produisent par convection à travers les volets. Ainsi cette compensation entre les gains et les pertes de chaleur fait que la température garde une valeur constante minimale de 37.9 °C.

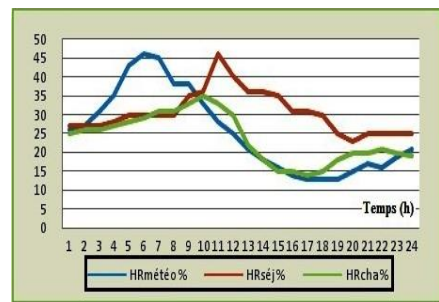
Entre 8 h et 13 h : - vitrage ouvert, volets fermés; - effet du rayonnement solaire. Avec l'augmentation du débit de ventilation, la température est toujours maintenue constante, ce qui explique l'équilibre entre les gains à travers les parois et les pertes par convection. Après 10 h, la température tend à augmenter. C'est la période où les températures externes sont élevées. Par conséquent il se produit un gain de chaleur par infiltration d'air chaud. L'humidité augmente toujours, mais reste inférieure à celle de l'extérieur, sauf qu'entre 10 h et 11 h, l'humidité augmente brutalement pour atteindre son maximum de 45 % ceci est dû aux tâches ménagères

Entre 15 h et 18 h : - la chambre est de nouveau fermée; - rayonnement solaire moins intense frappant la façade Sud et le toit. L'humidité diminue toujours et reste supérieure à celle de l'extérieur.

Entre 18 h et 24 h : - la chambre est fermée; - absence de rayonnement solaire. Au cours de cette période, la température garde une valeur constante maximale. Ce qui explique qu'il y a un équilibre entre les gains à travers les parois opaques et les pertes par conduction à travers la fenêtre. Les humidités externes et internes sont presque égales.



Température



Humidité

Fig. 10: Variation des températures et humidité relatives du 02/08/11

Source: Auteur

La température interne au niveau de la chambre est très élevée. Elle est généralement au-dessus de la moyenne externe. Ceci peut être expliqué d'une part, par

le fait de maintenir la fenêtre fermée pendant la nuit. Ainsi la chaleur dissipée par les parois n'est pas évacuée par une ventilation nocturne. Celle-ci est capable de réduire la température interne. De plus, cette chaleur dissipée à l'intérieur de la chambre, y est emprisonnée à cause de l'isolant qui est placée sur les faces internes des parois. D'autre part, la température au niveau du séjour est très inférieure par rapport à la moyenne externe. Ceci est dû principalement à la climatisation.

## 5. INTERPRETATION

Pendant les périodes chaudes, la sensation de confort peut rester dans les limites admissibles si l'amplitude de la température interne est réduite et qu'elle soit maintenue proche de la température externe moyenne. Pour qu'un espace puisse assurer ces conditions, Izard [8] affirme qu'il faut contrôler les apports solaires, diminuer les apports internes, augmenter le coefficient de déperdition volumique et augmenter le débit de ventilation au moment où la température externe est plus fraîche que la température interne.

Au niveau du modèle d'étude, les espaces soumis aux mesures ne subissent pas l'effet du rayonnement direct. Les fenêtres sont toutes protégées par des volets persiennes. Par conséquent la variation des températures internes est fortement régie par:

- le comportement des parois vis à vis des conditions externes
- l'effet de la ventilation
- l'effet des gains de chaleur internes générés par les occupants et les appareils électroménagers.

En outre, la température à l'intérieur de la chambre est toujours supérieure à celle du séjour. Elle offre, en fait, une ambiance infernale en été. C'est cette raison qui a poussé les usagers à pratiquer un nomadisme saisonnier entre les chambres orientées Sud qui sont utilisées en hiver et le séjour qui est utilisé en été, à la recherche du confort.

Pour comprendre le pourquoi d'un tel comportement, les températures internes mesurées de chaque espace seront comparées aux limites de confort diurne et nocturne [10], (figure 11).

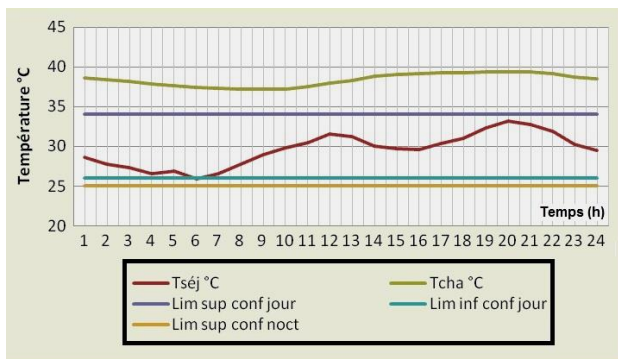


Fig. 11: Comparaison des températures du séjour et la chambre aux limites de confort - *Source*: Auteur

### 5.1 Performance thermique de la chambre

De la figure 11, il peut être remarqué que pendant l'été la température intérieure est très élevée par rapport à la limite supérieure du confort journalier avec un écart minimal

de 3.3 °C et maximal de plus de 5 °C, mais par rapport à la limite supérieure du confort nocturne, l'écart minimal est de 12 °C et maximal de 14 °C.

Elle est par conséquent, très inconfortable, surtout pendant la nuit, car les parois commencent à dissiper la chaleur stockée, durant le jour, vers l'intérieur. Comme la ventilation nocturne est absente, la température interne tend à augmenter.

De plus, les fortes températures qui se produisent à l'intérieur, à cause des écoulements de chaleur à travers les murs, les toits et surtout la fenêtre, y restent emprisonnées sous l'effet de l'isolation qui est posée sur la face interne des parois, contribuant ainsi à la réduction des flux de chaleur à l'extérieur. Ces températures élevées causent ainsi, des ambiances inconfortables que ce soit pendant le jour ou pendant la nuit.

La chambre n'est pas performante en été, même si elle est ventilée. C'est pour cette raison que les occupants la fuient.

## **5.2 Performance thermique du séjour**

Durant, tous les mois d'été, le confort thermique à l'intérieur du séjour est assuré par l'usage du conditionnement d'air. Le climatiseur fonctionne l'après-midi, pendant les heures de sieste, et la nuit pendant les heures de sommeil. Ainsi la figure 11 indique que les températures journalières se situent entre les limites de confort diurne même pendant les heures où le climatiseur est éteint quand l'espace subit l'influence de la ventilation naturelle.

Seulement, pendant la nuit, malgré le fonctionnement du climatiseur, les températures internes sont au - dessus de la limite supérieure du confort nocturne avec un écart minimum de 1°C qui se produit à 6 h et un écart maximum de 8 °C qui se produit à 20 h. Ceci est dû au fait qu'à ce moment là, les parois commencent à relâcher la chaleur stockée, pendant le jour, à l'intérieur, en plus de celle générée par les occupants qui y dorment la nuit et par la télévision qui fonctionne jusqu'à 23 h ou 24 h.

En tenant compte de son utilisation permanente en été, le séjour est inconfortable surtout pendant la nuit, malgré l'usage du conditionnement d'air.

La disparité thermique qui existe entre les deux espaces et qui apparaît dans l'avantage saisonnier de l'un par rapport à l'autre est due aux différences architecturales qui les caractérisent. Ainsi, la présence de deux ouvertures opposées au niveau du séjour fait produire le phénomène de la ventilation transversale qui a pour effet le refroidissement de la structure du bâtiment en été. Elle est, en fait, efficace pendant les heures où la température interne est supérieure à celle de l'extérieur. A l'opposé, la chambre n'en possède qu'une. En ouvrant la fenêtre, les températures tendent à diminuer. Mais cette ventilation n'est pas aussi efficace que celle du séjour.

Un autre avantage du séjour par rapport à la chambre est lié à la protection de la fenêtre Sud contre le rayonnement solaire en été. De ce fait, les deux fenêtres du séjour (Sud et Nord) ne reçoivent plus de rayonnement direct. Ainsi, la variation des températures internes est étroitement liée à la ventilation et au comportement des parois externes.

D'autre part, les volets persiennes, qui protègent la fenêtre de la chambre, sont soumis au rayonnement solaire direct. Vu la faible inertie thermique de ceux-ci, ils transmettent immédiatement la chaleur résultante à l'intérieur, élevant de ce fait la température de la chambre.

Le volume de l'espace possède aussi un effet sur la température interne. D'après Evans [11], si la plage de température est élevée et qu'il est désirable que le bâtiment chauffe lentement, un haut rapport volume / surface est préférable. Donc pour le séjour

$v/s = 1.12$  et pour la chambre  $v/s = 0.09$ . Sous cet effet la chambre chauffe plus rapidement, en été et en hiver, que le séjour.

Sans oublier l'effet thermique des apports internes de la chaleur générée par les occupants, par les appareils électroménagers ou par la proximité d'une source de chaleur telle que la cuisine.

## 6. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Le problème de la performance thermique ne se situe pas seulement dans le type de matériau ou dans la configuration urbaine, mais aussi et surtout dans les techniques de refroidissement et dont l'architecture contemporaine en est pauvre. A ce propos l'architecture traditionnelle offre une variété de techniques qui exploitent les éléments de la nature, même hostile, pour assurer des ambiances internes confortables tout au long de l'année. De plus, les architectes contemporains ont commencé à s'intéresser à ce genre de stratégies et qui les ont adaptés aux modes de conception contemporains [7].

Pour l'amélioration de l'état actuel du modèle d'étude, il faut créer un microclimat agréable en multipliant les espaces plantés. La végétation est un bon moyen de se protéger du soleil l'été en apportant ombre et fraîcheur. Les arbres à feuilles caduques permettent de laisser passer la lumière et la chaleur l'hiver, alors qu'an été, ils sont en mesure de protéger du rayonnement direct, d'humidifier l'air et de protéger des vents de sable [12].

Cette stratégie peut être adaptée à l'échelle individuelle puisque chaque maison possède un terrain cultivable autour, les arbres fruitiers peuvent remplir cette fonction. Et à l'échelle de la cité, surtout au niveau des terrains de jeu déserts, il peut être planté l'acacia, le thuja orientalis. D'une manière analogue, les voies de circulation piétonnières peuvent être protégées par des avancées en treilles que chaque propriétaire peut concevoir au niveau de son mur clôture.

D'autre part, selon Givoni [13], la question des effets thermiques de l'orientation n'a pas grand sens s'il n'est pas fait référence de la couleur externe des surfaces en cause. D'après une expérience faite sur des murs sujets aux quatre directions cardinales et avec deux couleurs externes, le gris et le blanc, il était constaté que pour les murs gris on a relevé des différences de température dépassant  $23^{\circ}\text{C}$  sous diverses orientations, alors que pour les murs blancs, les différences étaient inférieures à  $3^{\circ}\text{C}$ .

D'autre part, au cours de la conception d'un bâtiment dans les climats chauds et secs, il faut penser à éviter les orientations Est et Ouest, et à protéger les ouvertures du rayonnement solaire direct en leur attribuant des dispositifs d'ombrage efficace tels que les auvents mais surtout les structures en boîte à œufs.

Il faut penser à construire avec des matériaux locaux, sans pour autant en importer. En fait, un matériau simple en B.T.S. est presque aussi efficace qu'un mur en béton muni d'une isolation: *'Dans les milieux arides, ceux ne sont pas les températures moyennes journalières qui sont inconfortables, mais plutôt la fluctuation qui est à la base de l'inconfort. Pour atténuer cet effet, on réalise des parois de grande inertie thermique qui ont la capacité de stocker la chaleur pendant la journée pour la restituer la nuit, au moment où les usagers ouvrent leurs fenêtres pour ventiler et rafraîchir les espaces internes'*. [14].

Dans l'architecture traditionnelle de Biskra, la terrasse représente en été, un espace nocturne par excellence. Par conséquent, il est judicieux de concevoir des terrasses accessibles: *'The terrace is an appreciated area for its sunshine in winter and for its cooling during the night in summer'*. [15]

De plus pour qu'il n'y ait pas de conflit saisonnier, l'architecte peut concevoir des espaces à usage estival et des espaces à usages hivernal. Ainsi, dans la conception de l'espace estival, il peut intégrer diverses techniques de refroidissement passif qui combinent généralement les deux effets de ventilation et d'évaporation [16] et là on peut distinguer les tours à vent qui peuvent être utilisées même pour les bâtiments à plusieurs étages.

Plus la tour est haute, plus elle capte mieux le vent qui doit être dépourvu de poussière ou de grains de sable. L'air qui y passe doit être refroidi par la structure du bâtiment et humidifié par un système évaporatoire placé juste à l'entrée d'air dans l'espace telle que les fontaines.

## REFERENCES

- [1] M.A. Boukli Hacene, N.E. C. Sari et B. Benyoucef, '*La Construction Ecologique en Algérie: Question de choix ou de Moyens ?*', in Revue des Energies Renouvelables Vol. 14 N°4 pp.627 – 635, 2011.
- [2] A. Konya, '*Design Primer for Hot Climates*', The Architectural Press, Ltd London, 1984.
- [3] M. Capderou, '*Atlas Solaire de l'Algérie*', O.P.U. Alger, 1985.
- [4] Rapport, '*Recommandations Architecturales*', ENAG Alger, 1993.
- [5] G.Z. Brown, '*Sun, Wind and Light*', New York, 1984
- [6] V. Olgyay and A. Olgyay, '*Design with Climate*', Princeton University press, New Jersey, 1963.
- [7] A. Hamouda, '*Etude de la Performance Thermique et la Consommation Energétique d'un Bâtiment Préfabriqué à Biskra*', Mémoire de Magister, Institut d'Architecture, Centre Universitaire de Biskra, 1996.
- [8] J.L. Izard, '*Architecture d'Eté*', Edisud la colade, Aix-en-Provence, 1979.
- [9] G. Bouchahm et F. Bourebia, '*L'Impact de l'Orientation des Parois Transparentes sur le Confort Thermique dans une Salle de Classe à Constantine*', in Sciences & Technologie D - N°31, pp. 71 – 80, 2010.
- [10] S.V. Szokolay, '*Environmental Science Handbook*', The Construction Press, Lancaster England, 532 p., 1980.
- [11] M. Evans, '*Housing, Climate and Comfort*', John Wiley and Sons, New York, 1980.
- [12] D. Wright, '*Soleil, Nature et Architecture*', Parenthèses, Roquevaire, 1979.
- [13] B. Givoni, '*L'homme, l'Architecture et le Climat*', Le Moniteur, Paris, 1978.
- [14] A. Mokhtari, K. Brahimi et R. Benziada, '*Architecture et Confort Thermique dans les Zones Arides, Application au cas de la Ville de Béchar*', in Revue des Energies Renouvelables Vol. 11 N°2 pp.307 – 315, 2008.
- [15] S. Foura, '*A New Approach of Low Annual Energy Domestic Building Consumption in Algeria on 'hpe' Concept*', in Sciences & Technologie D – N°33, pp. 71 -78, 2011.
- [16] Y. Xia, M. Quinghong and Z. Yiren, '*Multi-use of Solar Energy in a Building*', International Conference on New and Renewable Energy, pp. 419 - 424, 1990.