

## INVESTIGATION SUR L'INTEGRATION CLIMATIQUE DANS LA MAISON TRADITIONNELLE DU KSAR DE OUARGLA

Reçu le 09/07/2002 – Accepté le 28/04/2004

### Résumé

Une appréciation qualitative est souvent portée à l'égard du comportement thermique de constructions traditionnelles. Seulement, peu d'études quantitatives sont effectuées afin de vérifier cette hypothèse. Pour cela, la présente recherche s'intéresse à la qualité de l'ambiance thermique dans l'habitation traditionnelle du ksar de Ouargla, grande ville du sud Algérien. Elle a pour objectif l'appréciation de la prise en compte du facteur climat dans la conception globale et de mesurer l'impact réel de ce dernier sur la construction en regard des facteurs de forme, d'implantation dans le site, ainsi que des techniques constructives utilisées.

Une investigation est effectuée sur le terrain (relevé des températures et humidités relatives) pour évaluer la réponse quantitative globale des solutions architecturales adoptées pour un tel climat. Les résultats montrent d'une part que le climat peut constituer un élément déterminant dans l'architecture lorsque ce premier est à caractéristique unique. D'autre part, l'analyse quantitative révèle que les conditions climatiques intérieures sont tolérables, la sensation de confort n'est pas liée uniquement à la réponse physique du bâtiment mais aussi à l'acclimatation des occupants.

**Mots clés:** Architecture traditionnelle, climat, confort thermique, performance thermique.

### Abstract

In Algeria, old cities have all time been subject to much field researches concerned essentially with town planning, rehabilitation, social and architectural interest but few attempts have analysed it in a quantitative way. For this purpose a study on the thermal behaviour of traditional houses has been undertaken in order to assess internal as well as external factors that enhance the comfortable indoor conditions especially in hot climate during overheated period. The aim is to define the relationship existing between building and climatic factors and to assess the real impact of the climate on the internal ambiance. It is based on a theoretical research and a field work. The latter consists on readings of temperatures and humidity inside the building.

The study concludes that indoor conditions are not as good and comfortable as everyone thinks. The quantitative investigation reveals that internal temperature is far away from the comfort limits established by Humphrey's formula. Nevertheless, the concept of acclimatisation and the advanced researches on comfort sensation allow a large comfort margin, so in this way the indoor conditions could be acceptable in spite of its high temperature values. People are used to high temperatures and continue to use traditional cooling strategies.

**Keywords:** Traditional architecture, climate, thermal comfort, thermal performance, temperature, relative humidity.

### S. ABDOU

Département d'Architecture  
Faculté des Sciences de la Terre  
et de l'Aménagement du Territoire  
Université Mentouri  
Constantine, Algérie

### M. BOUMAZA

Département de Génie Climatique  
Faculté des Sciences de l'Ingénieur  
Université Mentouri  
Constantine, Algérie

### ملخص

لقد تعرض العمران القديم لعدة دراسات ميدانية منها الاجتماعية والتاريخية والهندسية الخ ولكن الطابع التقني ذو علاقة بالمناخ لم يكن موضوع دراسات عدة، لذا فلاشكالية المطروحة هي محاولة استخراج العلاقة الرابطة بين العمران وعناصر المحيط كالمناخ، ثم تقييم مدى علاقة المناخ وفعاليتيه على المسكن بصفة خاص. الدراسة مبنية على عمل ميداني حيث أجريت مقاييس لدرجة الحرارة والرطوبة داخل وخارج المنزل الهدف هو محاولة تقييم مدى صحة التقييمات الإيجابية السابقة. فالنتائج تبرهن على وجود علاقة بين العمران والمناخ خاصة لما يكون هذا الأخير ذو خاصية مميزة مثل حار وجاف، كما تبين الدراسة أن الحرارة داخل البيت التقليدي قد تكون مرتفعة وهذا هو السبب في هجرة الغرف والبيوت نحو الفناء أو السطوح.

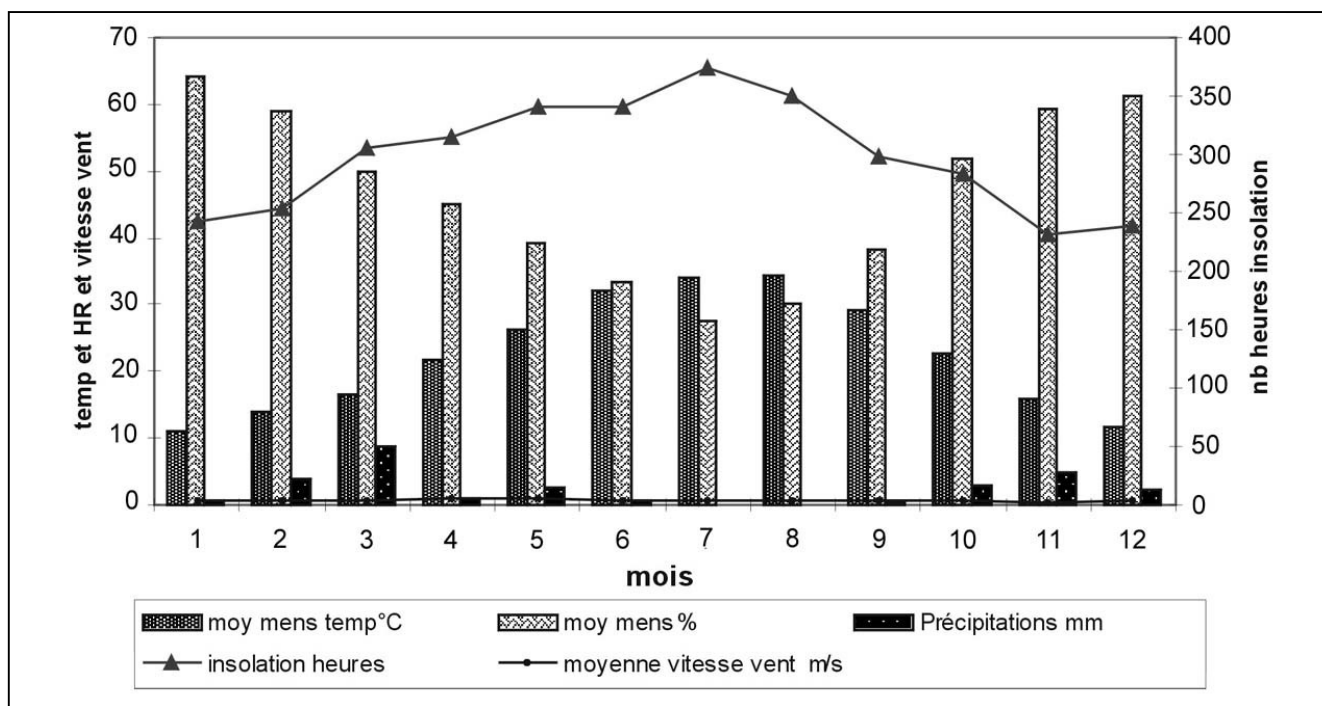
**الكلمات المفتاحية:** العمران التقليدي، المناخ، الحرارة، الرطوبة، الرفاهية.

L'architecture du XX<sup>ème</sup> siècle a trop tendance à céder toutes ses valeurs au détriment de la haute technologie. De nos jours les constructions sont exposées à un hasard climatique de plus en plus grand à travers l'inévitable besoin d'habiter et surtout à travers la joie d'exploitation de nouveaux matériaux et de nouvelles technologies de constructions.

«Tendances spirituelles du XX<sup>ème</sup> siècle dit Gropius» en mentionnant que le concepteur est enfin libéré de la tyrannie du mur qui de nos jours n'est devenu qu'une simple frontière entre l'intérieur et l'extérieur. Petit à petit l'architecte a perdu l'objectif de maintenir un confort thermique naturel et l'a remplacé par le besoin de chauffer ou refroidir un espace.

Cette évolution technologique a fait de l'usager un prisonnier des contrôles mécaniques des ambiances intérieures. En fait le chauffage électrique a révolutionné les intérieurs, et la ventilation mécanique s'est substituée à la ventilation naturelle.

La technique est pratique, belle et facile à vivre, seulement elle n'est pas neutre, elle consomme de l'énergie et coûte cher. Le choc pétrolier de 1973 a soulevé la problématique de l'économie d'énergie et a



**Figure 1:** Caractéristiques climatiques de la ville de Ouargla période 1999-2000 (Source station météorologique de Ouargla).

encouragé les concepteurs à trouver des solutions nouvelles qui offrent des ambiances intérieures confortables sans consommation énergétique considérable. Et c'est dans cette optique que les concepts d'architecture climatique, bioclimatique, solaire etc...ont apparu. En réalité ces architectures reposent toutes sur une ré appropriation des principes d'intégration simples qui ont été oubliés ou délaissés au non de la technologie. Ces principes très présents dans l'architecture traditionnelle, font qu'un intérêt nouveau lui est accordé afin d'exploiter au maximum les éléments du climat.

En Algérie la variété régionale et climatique des sites s'est traduite par une gamme de variétés architecturales liées aux modes d'usage ou à des situations climatiques et géographiques différentes. Cette architecture ancienne a souvent fait l'objet d'études sociologiques, architecturales, urbanistiques et autres...et souvent une appréciation qualitative est affirmée quant à l'ambiance thermique de l'habitation, pour cela la présente recherche tente d'effectuer une approche quantitative pour vérifier la performance thermique de l'habitation traditionnelle dans le ksar de Ouargla, grande ville du sud algérien.

L'objectif de l'étude est donc d'apprécier le rôle du climat dans l'habitation traditionnelle et de clarifier la relation existant entre les paramètres environnementaux et le cadre bâti, puis d'évaluer l'impact réel du climat sur la construction selon ses caractéristiques architecturales (forme, implantation, orientation...), ses techniques constructives et ses stratégies de refroidissement passif utilisées.

## 1- METHODOLOGIE

1- Une analyse climatique et bioclimatique définit les caractéristiques climatiques de la région et établit les

besoins de confort.

2- Une approche architecturale qualitative tente de déceler les dispositifs de l'habitation qui peuvent être en interaction avec la composante climatique. Ces éléments peuvent être le résultat d'une action volontaire et exprimer une réponse à une sollicitation du climat ou simplement leur présence influe sur le confort résultant. Pour cela une analyse architecturale et climatique appréciera l'intensité de la relation climat - habitation.

3- Une analyse quantitative tente de répondre à la question de l'impact réel du climat sur la construction par une investigation profonde sur terrain. Des séries de mesures de température de l'air, de l'humidité relative, et de températures de surfaces sont réalisées à l'intérieur du local choisi afin d'explicitier les relations de cause à effet des éléments de la construction sur la situation de confort résultant.

4- La synthèse des résultats obtenus précisera les éléments architecturaux ou environnementaux intervenant dans cette réponse thermique et interprètera la performance thermique de la maison traditionnelle dans la ville de Ouargla.

## 2- ANALYSE CLIMATIQUE ET BIOCLIMATIQUE DE LA VILLE DE OUARGLA

### 2.1- Caractéristiques climatiques de la ville de Ouargla

Le climat de la ville de Ouargla est très contrasté (Fig.1). L'aridité s'exprime par des températures très élevées en été, des précipitations très faibles et par l'importance de l'évaporation due à la sécheresse de l'air. L'indice d'aridité dont la valeur de 0.8 calculée d'après la formule de De Martone confirme l'aridité de cette ville.

La température moyenne mensuelle est de 34,23°C en août pour le mois le plus chaud et 11,01°C en janvier pour le mois le plus froid. Les extrêmes absolus observés depuis longtemps ont été de 52,7 et de -6,9°C.

L'amplitude diurne peut dépasser la valeur de 10°C, pour atteindre une moyenne de 18,4°C, dans certains cas elle a atteint la valeur extrême de 28°C. Tandis que l'amplitude moyenne annuelle elle est de 23,22°C.

En juillet et août les valeurs moyennes minimales des températures oscillent autour de 25°C mais des valeurs de 17 et 19°C ont été enregistrées. Les valeurs moyennes maximales varient entre 38 et 41°C dans certains cas elles atteignent ou dépassent 44°C.

Les précipitations sont en effet très irrégulières. La répartition annuelle est marquée par une période sèche qui dure plus de quatre mois allant de juin à août.

L'humidité relative reste très faible 28,4% en juillet et atteint une valeur maximale de 64,2% en janvier, ceci malgré l'enregistrement d'une augmentation du taux d'humidité durant la dernière décennie, cette variation est de 4% pour la période chaude et de 8% pour la saison fraîche.

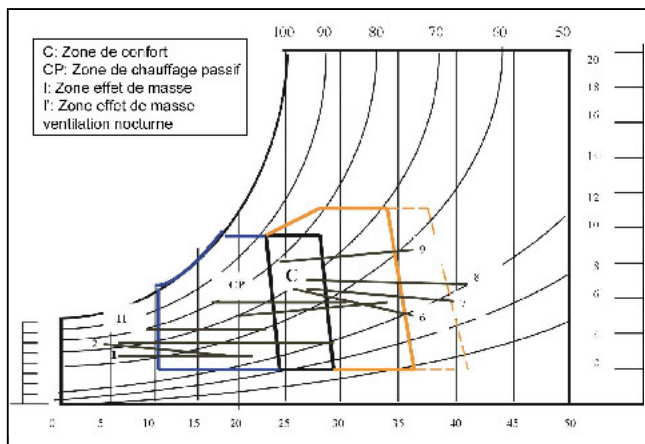
Les vents les plus forts dont la vitesse dépasse 20 m/s soufflent du Nord-Est et du Sud, les plus fréquents viennent du Nord.

Le climat de Ouargla se caractérise donc par un été extrêmement chaud et sec, et un hiver froid et sec. Deux courtes périodes se distinguent comme étant des saisons confortables, elles concernent les mois d'avril, mai, septembre et octobre.

La climat de Ouargla apparaît à travers les chiffres, et plus encore à travers les récits des hommes, comme un climat rude, porté aux extrêmes, froid en hiver, étouffant l'été, particulièrement dans les ksours quand aucun souffle d'air ne vient rafraîchir les rues et les terrasses. La sécheresse de l'air y contraste en saison froide avec l'humidité du sol et le micro climat des palmeraie. Le vent de sable y menace les cultures et favorise l'invasion des zones exposées, heureusement restreintes [1].

## 2.2- Analyse bioclimatique

L'interprétation du diagramme psychrométrique de S. Zockolay (Fig.2) appliqué à la ville de Ouargla laisse



**Figure 2:** Diagramme psychrométrique de S.-Zockolay appliqué à la ville de Ouargla.

apparaître deux périodes distinctes, une période fraîche qui sollicite un chauffage passif, elle concerne les mois de novembre, décembre, janvier et février, pour cela il suffirait d'une bonne maîtrise des tailles et de l'orientation des ouvertures afin de ramener l'ambiance le plus près de la zone de confort.

Une période chaude, durant laquelle les mois de juin, juillet, août, septembre nécessitent un effet de masse avec une ventilation nocturne afin de se rapprocher de la zone de confort seulement pendant le mois d'août, certains moyens techniques peuvent être utilisés car les dispositifs architecturaux passifs ne suffisent pas. Le segment représentatif du mois d'août s'éloigne de la zone de l'effet de masse avec système de refroidissement par évaporation.

## 3- ANALYSE ARCHITECTURALE

Le principe de l'analyse repose sur la spécificité architecturale et son interaction avec le climat. En fait cette analyse spatiale et climatique est effectuée dans le but d'identifier le principe de fonctionnement des composants de la maison avec les facteurs climatiques.

La démarche suivie est une décomposition en éléments simples de la structure spatiale de la maison et une lecture profonde des relations qu'ils entretiennent avec les facteurs climatiques environnementaux.

Généralement le bâtiment réagit aux sollicitations du climat à travers tous ses composants : volume, enveloppe et autres éléments. D'un point de vue climatique l'interprétation de son comportement vis-à-vis de cet environnement est en fonction :

1- Des caractéristiques globales de l'enveloppe et du volume, tel que le rapport entre parois opaques et transparentes ou bien entre surface de l'enveloppe et du volume habitable.

2- Des éléments de construction et des matériaux utilisés : murs, planchers, toitures, ces derniers constituent les surfaces d'échange soumises au rayonnement solaire, à la pluie, aux effets du vent, et dont le comportement thermique est fonction des caractéristiques thermo physiques des matériaux de construction utilisés.

3- De son intégration dans le contexte environnemental naturel : Tel que texture urbaine, forme de groupement ou disposition des bâtiments ou alors environnement végétal.

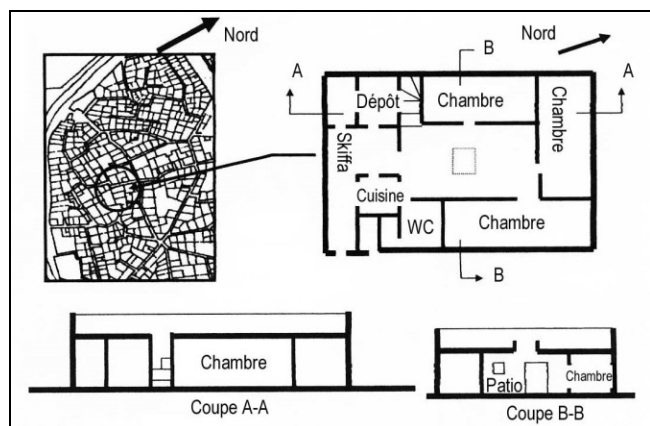
La situation du bâtiment dans son environnement permet de déterminer les conditions climatiques micro locales (microclimat) très significatives pour l'étude du comportement thermique de la maison et de son confort [2].

L'enveloppe constitue l'instrument principal pour réaliser les besoins de confort thermique.

Son analyse déterminera le rapport dimensionnel (plein, vide) avec les percements, ainsi que l'aspect physique et thermique des matériaux utilisés. De même la maison sera divisée en plusieurs volumes dont la relation avec le climat présentera la dynamique d'échange thermique des mouvements d'air verticaux et /ou horizontaux.

L'approche analytique est fondée sur le rapport des facteurs architecturaux dont les éléments sont décomposés séparément et les facteurs climatiques sont appréhendés dans leur globalité, car ils agissent simultanément [3,4].

Ainsi, à l'échelle de l'intégration, dans le tissu du ksar de Ouargla la compacité émerge comme dans toutes les villes des régions à climat aride (Fig.3). La morphologie des maisons s'étale sur le plan horizontal ayant un étage au plus. Les constructions sont collées les unes aux autres formant une masse compacte et homogène. Les patios des maisons quasi fermés, les toitures en terrasses, les jeux de volumes sont autant de facteurs qui marquent la particularité de la région chaude et aride. De plus le schéma des rues sinueuses et profondes apparaît comme étant la solution adaptée pour se procurer de l'ombre et éviter les radiations solaires intenses ainsi que les vents indésirables.



**Figure 3:** Organisation spatiale, maison traditionnelle Ouargla.

En fait, la densité des formes urbaines dans les régions arides offre les meilleures conditions d'environnement [5-8].

Le ksar est entouré d'une grande palmeraie qui participe dans l'amélioration du microclimat local, le rafraîchissement par évaporation peut être réalisé dans certaines mesures par la végétation [9].

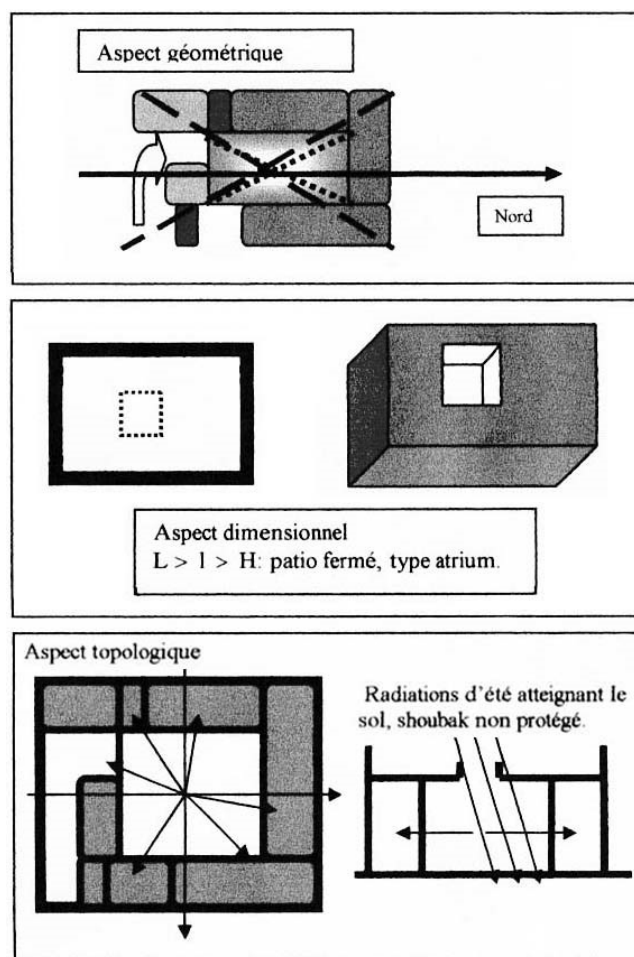
Une première lecture des composants de la maison a permis de définir trois types d'espaces: l'espace complètement fermé constitué des chambres totalement isolées de l'extérieur, puis l'espace semi ouvert renferme le patio et enfin l'espace ouvert constitué par la terrasse.

Comme indiqué sur la figure 3, le schéma d'organisation spatiale de la maison, est centré sur une cour intérieure couverte: le patio (wast -eddar), autour duquel sont organisés les pièces et les annexes.

La recherche du confort climatique dans les constructions des régions à climat aride se traduit par un mode d'organisation introvertie, centrée sur le patio, ce regard vers l'intérieur tourne le dos à un extérieur agressif: source de chaleur, poussière et insécurité. « L'intérieur fermé, plus sécurisant, plus intime, constitue une source de fraîcheur et de bien-être » [10].

Le patio, semi fermé est donc un espace protégé puisqu'il reste à l'ombre toute la journée durant les périodes estivales et que l'ouverture en son toit est recouverte d'une natte qui est retirée aussitôt le soleil couché (Fig.4).

Situé au centre de l'habitation, le patio est le lieu de séjour familial, il assure les relations horizontales qui existent entre les différents espaces qui composent la maison.



**Figure 4:** Relation patio-espace intérieur: aspect géométrique, dimensionnel, topologique.

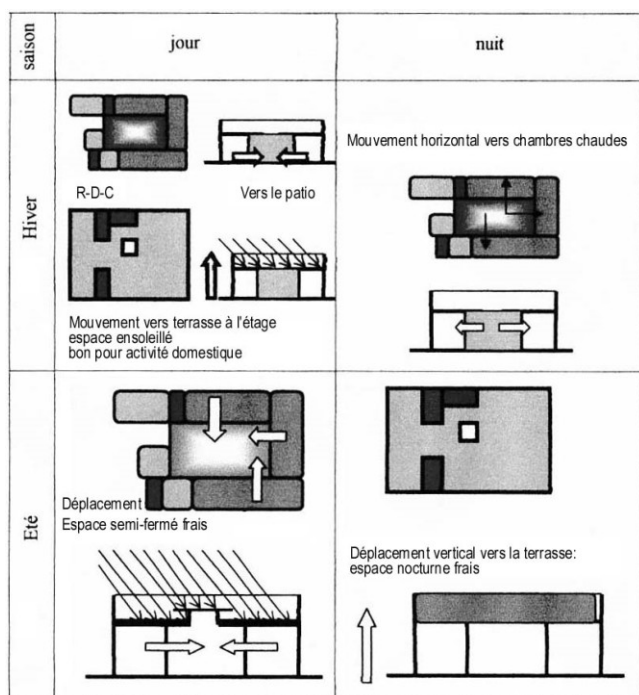
De forme géométrique rectangulaire, il a une longueur de 6.3m, une largeur de 4.5m et une hauteur de 2.8m, appelé ammisidar il se présente comme un atrium avec une partie à ciel ouvert, qui sert à l'éclairage et la ventilation des espaces qui lui sont adjacents (Fig. 4).

La lecture du rapport de dimension, entre le patio et les espaces intérieurs, confirme que le patio domine par sa surface et qu'il existe entre ces espaces une relation de nature géométrique, vu qu'ils présentent tous la même forme rectangulaire et que les centres géométriques du patio et de la maison se situent sur le même axe Nord-Sud, ce qui renforce l'importance du rôle qu'il joue dans la maison.

Les chambres organisées autour du patio se trouvent en relation directe avec lui et constituent l'espace fermé le plus retranché de la maison.

La compacité et la mitoyenneté du plan font qu'elles soient complètement isolées de l'extérieur et donc de la radiation solaire directe. De ce fait, elles conservent la fraîcheur de la nuit et peuvent être considérées comme l'espace diurne de l'été, ce qui permet de lire un mouvement horizontal au cours des journées chaudes de l'été (Fig. 5).

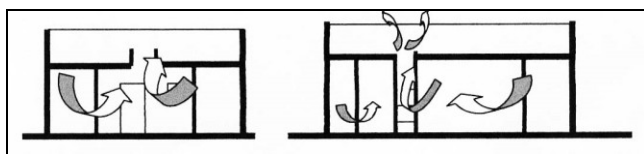
La ventilation naturelle est un facteur déterminant dans l'apaisement d'inconfort de l'utilisateur dans un climat chaud et sec et surtout lorsqu'elle est complétée par un système



**Figure 5:** Nomadisme journalier et saisonnier dans la maison – Ouargla.

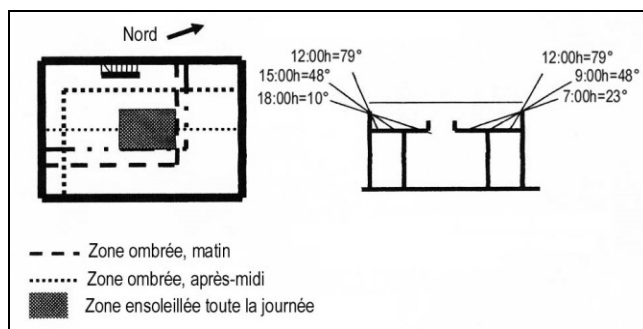
d'évaporation. Il a été démontré que la ventilation par le toit était la plus efficace car la surface du toit est la plus chaude étant la plus exposée et par conséquent l'effet de succion est plus accéléré [11].

La ventilation est provoquée par les mouvements de pression des masses d'air chaud et froid qui naissent entre l'extérieur et l'intérieur à travers l'ouverture du patio, la cage d'escalier, et la porte d'entrée maintenue ouverte toute la journée (Fig.6). L'ouverture de l'escalier située au sud Ouest se trouve très exposée au soleil fort de la journée. Elle joue un rôle semblable à celui d'une cheminée solaire dans l'aspiration de l'air chaud qui s'accumule au rez de chaussée. Ce dispositif rappelle le système de fonctionnement de la sucka de Fairey Bettencourt [12].



**Figure 6:** Aspect climatique: évacuation de l'air chaud à travers les orifices d'aération du patio et de l'escalier.

La terrasse constitue l'espace le plus ouvert de la maison, elle reste très exposée à la radiation solaire de la journée, seulement la projection de l'ombre des murets qui la bordent ainsi que le jeu de volume des constructions voisines participent à la protéger partiellement selon la trajectoire du soleil [7] et diminuent par là, l'effet de la transmission de la chaleur vers l'espace intérieur (Fig. 7). La nuit, elle rayonne très rapidement vers la voûte céleste une grande quantité de la chaleur qu'elle a emmagasinée le jour, ce qui fait d'elle un espace nocturne pour l'été. Cette première lecture de la structure de l'espace dans la maison à



**Figure 7:** Projection de l'ombre sur la terrasse (23 juillet, 31°Nord).

Ouargla permet de distinguer un nomadisme journalier caractéristique d'une adaptation climatique (Fig. 5).

L'analyse de la maison laisse apparaître une seule enveloppe, le volume habitable étant constitué d'un seul niveau. Deux types de parois la composent, des parois verticales dont trois sont complètement opaques car mitoyennes, et une paroi horizontale qui compose la terrasse plate, ouverte vers le ciel.

L'aspect dimensionnel exprime un rapport plein /vide entre le patio et les espaces fermés de 3% (Fig. 4). Ce rapport exprime le degré de compacité du plan, et son effet positif sur le comportement thermique de la maison durant les périodes estivales.

Au niveau des masses, les parois verticales sont constituées de matériaux à propriétés thermo physiques adaptées : pierre locale de nature calcaire gypseux, dont l'épaisseur varie entre 40 et 45 cm selon la position intérieure ou extérieure, quant à la toiture qui joue un rôle prépondérant dans la performance thermique de l'enveloppe elle présente une composition de matériau de forte inertie thermique et une épaisseur de 60 cm.

Dans les régions arides algériennes, les matériaux utilisés sont souvent la pierre locale, la brique de toub (brique de terre séchée au soleil) ou brique de calcaire. Cette dernière, offre une excellente isolation thermique pour une inertie relativement faible, elle absorbe de plus l'excédent d'humidité de l'air qu'il restitue pendant des heures chaudes de la journée [13].

L'effet de rayonnement nocturne et de convection naturelle accélèrent le phénomène de transfert de chaleur vers le ciel et permettent ainsi son usage durant la nuit.

L'aspect climatique de la relation qui lie le patio et l'espace intérieur, dépend donc de la nature de leur liaison directe ou indirecte, de leur forme et leur mode d'agencement, et des percements.

Des études ont démontrées que dans certaines régions à climat aride ou semi aride tel qu'à Bagdad (Irak) ou Sanaa (Yémen), le facteur climat a constitué un facteur principal dans la conception [10].

Il en est de même pour la maison à Ouargla, elle est conçue à la base de la contrainte climatique, la fermeture du patio en est le premier élément témoin, suivent alors les mouvements d'air générés par les différentes ouvertures du patio, de la cage d'escalier, la porte, ainsi que les orifices d'aération. D'autre part l'analyse a fait ressortir une hiérarchie climatique dans le sens vertical, vu que le

dégradé de composition de l'espace, va du niveau bas de l'espace fermé, la chambre, vers le semi-ouvert, le patio, vers la terrasse à l'étage, l'espace le plus ouvert (Fig. 5).

#### 4- INVESTIGATION

La performance thermique de la construction traditionnelle a souvent été appréciée qualitativement, le présent travail tente de vérifier quantitativement cette appréciation.

L'étude architecturale a recensé des éléments architecturaux qui par leur forme, dimension, orientation ou disposition semblaient être à l'origine de cette performance. Cette investigation vise à constater les effets du climat et son impact réel sur le confort intérieur de la construction.

Selon les résultats de l'analyse bioclimatique seule la période estivale considérée la plus défavorable est retenue pour cette évaluation. Les relevés des températures et des humidités relatives sont effectués durant le mois de juillet et cela pour une durée de trois semaines.

Des enregistreurs thermographe et hygrographe sont empruntés au service météorologique, ils sont étalonnés pendant 24 heures auprès du même service puis installés à une hauteur de 1.20 m du sol au milieu de la chambre à tester.

##### 4.1- Technique de déroulement

Le mode de vie familial est respecté, les conditions de ventilation sont comme suit :

- porte de la maison est maintenue ouverte toute la journée,
- le sol de l'entrée (skiffa) est aspergé d'eau,
- ouverture au plafond du patio recouverte d'une natte de 10:00 à 17:00 heures ensuite elle est ré ouverte afin de faciliter une ventilation nocturne.
- ventilateur est mis en fonction de 12:00 à 16:00 heures.

##### 4.2- Evaluation

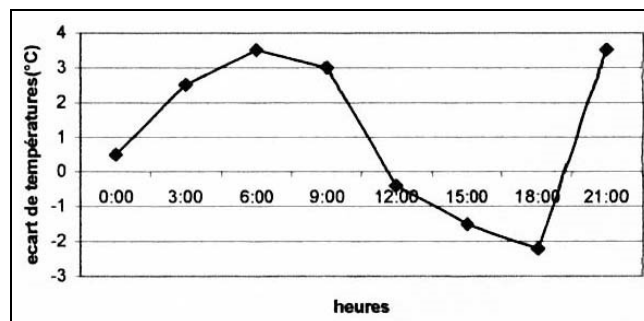
Afin de déterminer les facteurs physiques et environnementaux intervenant dans la réponse thermique du bâtiment, une comparaison est effectuée entre les valeurs des températures et humidités relatives intérieures et les valeurs enregistrées extérieures (météo), puis dans le but d'évaluer le degré de satisfaction des besoins de confort des usagers, une lecture comparative est effectuée entre les limites de confort et les températures neutres définies d'après l'analyse bioclimatique.

##### 4.3- Interprétation des résultats

###### 4.3.1-Etude de l'écart des températures moyennes horaires

L'analyse du graphe sur la (Fig. 8) témoigne d'un comportement positif quand à la période diurne, particulièrement entre 12:00 et 18:00 heures, l'écart est négatif mais pas très important (2°C) malgré cela il reste apprécié car c'est le moment le plus défavorable de la journée, cela s'explique par l'effet de la masse importante des parois verticales et horizontales dont l'épaisseur varie entre 45 et 60 cm, en plus de la qualité du matériau qui est aussi de bonne capacité thermique pierre, calcaire et

timchent comme mortier, ce dernier constitue une inertie par transmission car le timchent est utilisé en tant qu'isolant.



**Figure 8:** Ecart entre températures tri horaires intérieures et extérieures, chambre- Ouargla, Été 2000.

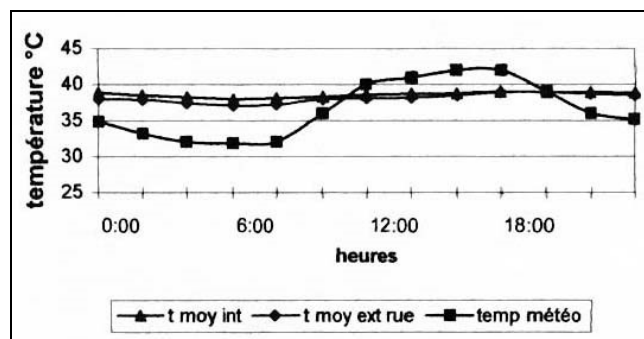
La protection de la radiation solaire joue aussi un rôle important, rappelons que la chambre choisie pour l'investigation ouvre directement sur le patio qui lui même est fermé à l'exception d'une ouverture au plafond, elle n'est donc exposée aux rayons solaires directs que par sa toiture qui est partiellement ensoleillée (Fig. 7).

La lecture du graphe laisse apparaître une durée assez longue (20:00 heures à 10:00 heures), durant laquelle l'écart entre la température moyenne intérieure et la température moyenne extérieure est positif et d'une valeur proche de 4°C sur une température extérieure déjà élevée.

Il s'agit là d'un apport énergétique provenant de la toiture et qui reste emprisonné dans la chambre, faute de ventilation transversale nocturne.

###### 4.3.2- Etude de la variation de la moyenne des températures et de humidités relatives intérieures

La figure 9a montre que l'écart moyen de température entre l'intérieur et l'extérieur, augmente avec l'augmentation des températures extérieures, les variations de l'écart jour/ nuit des températures intérieures est pratiquement constant, (amplitude de 1°C) alors que l'amplitude des températures dans l'espace extérieur environnant est de 8°C et celles des valeurs météo varie entre 10 et 14°C.



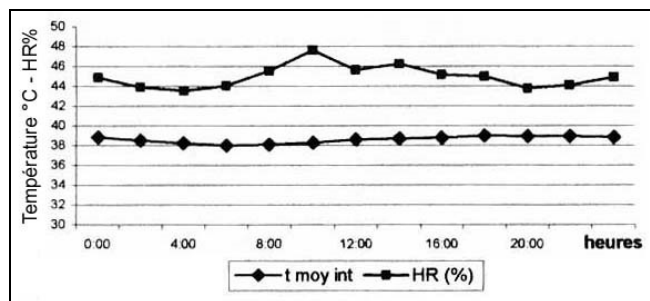
**Figure 9a:** Comparaison de la température moyenne intérieure - extérieure rue - Météo. Ouargla, Été 2000.

Ceci est dû au fait que la chambre se trouve orientée vers l'Est, et ne possède aucune façade vers l'extérieur, sa

seule relation avec l'extérieur reste le toit.

Ce résultat montre l'importance de la protection contre la radiation solaire. Une augmentation de 0.8 à 1°C se fait sentir à partir de 14:00 heures. Cette hausse de température provient de l'importance relative de la paroi horizontale (toiture) soumise à la radiation solaire intense. Elle permet aussi de juger de sa bonne qualité thermique du moment où la variation de la température reste faible.

L'usage très fréquent de la chaux (couleur claire) participe à la réflexion de la radiation solaire et donc à réduire le phénomène d'absorption, il en résulte une amélioration dans la réponse thermique de la paroi. La diminution de la température durant l'intervalle 6:00 -10:00 heures est dû d'une part à l'effet de l'inertie thermique de l'enveloppe et d'autre part, à la gestion de l'espace par son occupant, pendant cet intervalle de temps, le degré hygrométrique dans la chambre augmente, cette élévation de l'humidité relative est générée par les activités ménagères: usage de l'eau pour rafraîchir le sol, ouverture des portes pour aérer et en même temps chasser l'air chaud de la nuit qui a stagné dans la profondeur de la chambre non exposée à l'extérieur (Fig. 9b).



**Figure 9b:** Variation de température et de l'humidité relative à l'intérieur de la chambre. Ouargla, Été 2000.

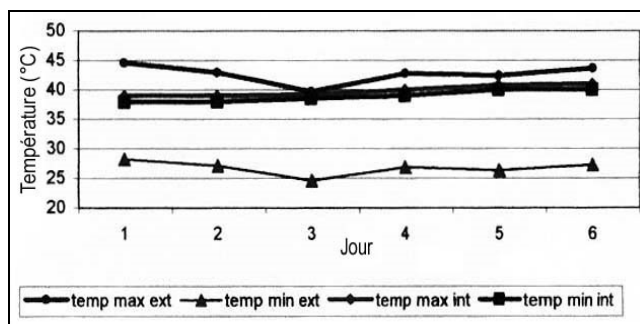
Par ailleurs, la compacité du tissu urbain diminue de la vitesse des vents et donc réduit l'effet de la ventilation nocturne.

Dans la rue la température diminue très lentement à cause de l'effet du rayonnement des parois extérieures chauffées par le soleil de l'après-midi, il en résulte une faible différence de température entre l'intérieur de la chambre et l'extérieur (rue) particulièrement en début de soirée (Fig. 9a).

Nous déduisons donc que malgré qu'elle reste inférieure à la température extérieure, la température d'air intérieur de la chambre reste assez élevée de 10:00 heures à 20:00 heures, l'effet de l'inertie thermique de l'enveloppe apparaît le soir, où la température intérieure dépasse celle de l'extérieur avec un écart de 5.9°C, ce qui justifie le déplacement des occupants vers la terrasse afin de veiller ou dormir.

#### 4.3.3- Etude de l'intervalle des températures intérieures et extérieures maximales et minimales

Ce qui se distingue de la lecture du graphe (Fig. 10) est la marge très réduite entre température intérieure maximale et minimale, alors que l'amplitude des valeurs extérieures météorologiques est très large, ce qui explique une fois de



**Figure 10:** Comparaison des températures maximale et minimale, intérieure et extérieure. Chambre. Ouargla, Été 2000.

plus que la maison traditionnelle à Ouargla reste sensible à la chaleur, vu les températures intérieures sont élevées, valeur minimale 38°C mais ne la subit pas instantanément. La courbe des températures intérieures se rapproche des valeurs maximales extérieures mais son évolution est très régulière et lente. Les fluctuations des températures maximales extérieures n'influent pas directement sur elle (voir jours 3 et 4).

Quant à la courbe des températures intérieures minimales, elle reste très éloignée des températures extérieures minimales ce qui confirme l'effet de l'inertie des parois de l'enveloppe et le manque de ventilation pour refroidir la structure.

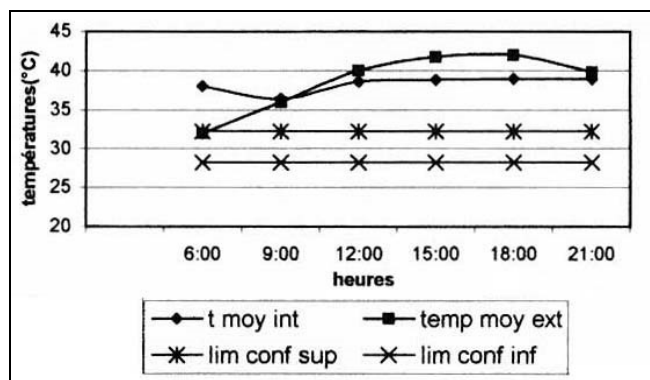
#### 4.4- Evaluation de la performance thermique de la chambre

Les résultats retenus de l'investigation ont déterminé l'origine du transfert de chaleur vers l'intérieur de l'espace, en fait, l'effet de la transmission par rayonnement direct n'est pas retenu dans ce cas, vu que la chambre est située à l'intérieur de la maison et ne présente aucune façade sur l'extérieur, à l'exception du toit. Par conséquent, la variation de la température intérieure dans cet espace a pour cause la variation de la température extérieure, la puissance incidente de la radiation solaire sur la paroi opaque horizontale et enfin la puissance intérieure créée par l'usager : mode de vie, pratique social, modèle culturel.

L'analyse bioclimatique pour la ville de Ouargla, a retenu les valeurs de la température neutre de 30.24°C (Formule de calcul de Humphreys) ce qui définit une zone de confort variant entre une limite supérieure de 32.24°C et une limite inférieure de 28.24°C.

En comparant avec ces valeurs (Fig. 11), la température intérieure de la chambre reste au dessus des limites de confort avec un écart maximal de 6.74°C et un minimal de 4.16°C, pour la limite supérieure de la zone de confort. La même figure présente aussi une marge d'écart variant entre 8 et 10°C par rapport à la limite inférieure de la zone de confort. Avec ces écarts, l'ambiance à l'intérieur de la chambre peut être jugée très inconfortable malgré la température intérieure qui reste au dessus de la température extérieure durant les moments les plus chauds de la journée (de 9:00 heures à 20:00 heures).

Pendant la nuit, la paroi horizontale restitue la chaleur stockée durant le jour vers l'intérieur et par conséquent la température intérieure augmente. Le fait qu'une ventilation



**Figure 11:** Evaluation de la performance thermique de la chambre (comparaison température intérieure, limites de confort). Période été, Ouargla.

transversale soit impossible, cette chaleur reste emprisonnée rendant l'espace inutilisable de jour comme de nuit conduisant ainsi à un nomadisme journalier et saisonnier, la vie se déroule dans le patio le jour et sur la terrasse la nuit.

Néanmoins en se basant sur le degré d'acclimatation et le niveau de tolérance 13°K évoqué par les résultats de récentes recherches sur les notions de confort thermique [3,14,15], l'ambiance dans la chambre est considérée tolérable d'autant plus que les occupants sont d'anciens habitants du ksar, qui savent comment gérer le rafraîchissement de leur maison et continuent d'y vivre.

Cependant l'utilisation du ventilateur est très fréquente durant toute la période estivale, il peut fonctionner continuellement pendant les jours de canicule.

## CONCLUSION

La conclusion retenue est que, lorsque le climat est à caractéristique unique, comme c'est le cas à Ouargla, l'objectif est de rechercher l'ombre et la fraîcheur à cause de la radiation solaire intense, donc de la chaleur qu'elle engendre.

La relation de climat-construction a pu être facilement déduite à partir de l'analyse architecturale qualitative qui a permis de vérifier certaines caractéristiques morphologiques et organisationnelles vis-à-vis des contraintes climatiques.

Une première forme d'adaptation s'est traduite de la conception introvertie et de la fermeture du patio. L'hierarchie spatiale permettait de suivre le déplacement des occupants dans l'habitation : nomadisme journalier et saisonnier, selon les directions horizontales et verticales.

En plus des techniques classiques reconnues pour être à l'origine de la qualité de l'ambiance intérieure des constructions anciennes tel que les dimensions réduites des ouvertures, l'orientation des constructions ou les matériaux de construction, La combinaison de certains éléments architecturaux associés avec le comportement des occupants participent à améliorer la sensation de confort à l'intérieur de l'habitation. Ainsi la combinaison de trois éléments architecturaux « Skiffa, shoubak et cage d'escalier » constituent une stratégie de rafraîchissement évaporatif.

L'analyse quantitative a révélé que la radiation solaire reste à éviter et la ventilation est un paramètre à exploiter vu ses effets bénéfiques dans l'apaisement de la sensation d'inconfort.

Les résultats de l'investigation montrent que la température intérieure est gouvernée par les variations de la température extérieure, la puissance incidente solaire sur les enveloppes ainsi que le comportement humain [16,17]. Sa variation sur une période de 24 heures ou sur une durée de quelques jours est très régulière et faible (1 à 1.5°C). Elle suit l'évolution de la température extérieure mais ne la subit pas instantanément. Ceci confirme la qualité des matériaux et la bonne inertie thermique des parois utilisées [18,19].

Il est indiqué qu'une ambiance n'est pas en soi confortable ou inconfortable, elle ne l'est que par rapport à un individu caractérisé par son activité et sa vêtue (Millet J R, 1990) [22].

L'analyse bioclimatique a déterminé une zone de confort. La confrontation des résultats de température intérieure aux limites de confort montre que l'ambiance à l'intérieur des espaces étudiés est loin des attentes prévues. Cependant l'importance du facteur **d'acclimatation ou accoutumance** qui élargit la marge physique d'évaluation [3,14,15] confirme que l'ambiance reste dans les marges limites de tolérance.

## REFERENCES

- [1]- Brigol M.R., "Le pays de Ouargla, variations et organisation d'un espace rural en milieu désertique", Publications du département de géographie de l'université de paris Sorbonne, n°2 (1975).
- [2]- Groleau D., "Traditions et potentialités de l'intégration climatique du bâtiment en Loire Atlantique", CRMAA, Nantes (1979).
- [3]- Givoni B., "Comfort, climate analysis and Building Design guidelines", Graduate school of architecture and urban planning, University of California. Los Angeles. CA 90024 (USA) in energy and Building, vol.18 (1991), pp. 11-23.
- [4]- Alexandroff G., "Architectures et climats, soleil et énergies naturelles dans l'habitat", Edition : Berger Levrault, (1982).
- [5]- Arbaoui A., "L'aménagement urbain dans les régions arides du sud algérien: considérations climatiques", Revue : les cahiers de l'EPAU, revue semestrielle d'architecture et d'urbanisme, école polytechnique d'architecture et d'urbanisme, Alger N°7/8 octobre (1998), pp. 41- 45.
- [6]- Baroum A.H., "Energy responses to vernacular shelter and settlement in continental Morocco, North Africa", in Yannas, S. (ed) passive and low energy architecture, proceedings of the second international PLEA conference, Crete, Greece, June, (Pergamon Press) (1983).
- [7]- Bourbia F., "Urban canyon shading design in hot dry climate the city of El Oued, Algeria", PhD thesis, department of construction management and engineering, Reading university, UK (1999).
- [8]- Haider T., "Energy and climatic performance versus design and form: a comparative analysis of urban pattern in hot arid climate", University of California, (1984).
- [9]- Karaman A. and Egli H.G., "Vernacular approaches to passive cooling in hot dry climates", in Bowen *et al.* (ed) passive cooling, proceedings of the international Passive and Hybrid Cooling Conference, Miami Beach, Florida, November, (AS, ISES) (1981).



- [10]- Hamou M., "Architecture musulmane et composante climatique : approche typo-morphologique", thèse de magister en architecture. Institut d'architecture et d'urbanisme, université Mentouri de Constantine (1996).
- [11]- Bensalem R., "Wind driven natural ventilation in courtyard and atrium type building", PhD thesis, university of sheffield, UK (1991).
- [12]- Fairey P.W., Bettencourt W., "La "sucka" a wind driven ventilation augmentation and control device", *In* Passive cooling: international passive and hybride cooling conference, Miami beach (1981), pp. 196-200.
- [13]- Mahrour K., Nait Saadi M., Ould Henia N., Tali Maamar A., "Village solaire intégré. Etudes préliminaires", CRAU. En coopération avec l'université des Nations Unies: OPU, Alger, (1983).
- [14]- Intyre D.A. (1984) : Preferred air speed for comfort in warm conditions. ASHRAE TRANS, 84 (1978), pp. 264-267.
- [15]- Tanabe S.I., "Thermal comfort requirement in Japan", Waseda University, Tokyo Japan (1988).
- [16]- Lavigne P. *et al.*, "Architecture climatique, une contribution au développement durable", Edisud. Aix en Provence (1994).
- [17]- Izard J.L., "Confort d'été: Exemples de solutions pour faciliter l'application du règlement de construction des bâtiments d'habitation", CSTB (1980).
- [18]- Benhabib R. *et al.*, "Analyse bioclimatique de l'habitat traditionnel des régions désertiques Nord sahariennes", (1994).
- [19]- Bennadji A., "Adaptation climatique ou culturelle en zone aride. Cas du sud est algérien", Thèse de doctorat université de Aix Marseille (1999). □