

IMPACT DE L'ORIENTATION SUR LE CONFORT THERMIQUE INTERIEUR DANS L'HABITATION COLLECTIVE.

Cas de la nouvelle ville Ali Mendjeli, Constantine.

Reçu le 05/09/2007 – Accepté le 28/01/2009

Résumé

"Construire avec le climat" permet de réduire considérablement les dépenses en chauffage et en énergie électrique. La présente recherche s'intéresse à la qualité thermique intérieure du bâtiment contemporain suivant les différentes orientations. Elle a pour objectif d'apprécier l'impact de l'orientation sur la température de l'espace intérieur et de rechercher l'orientation optimale.

Une étude est effectuée sur le site de la nouvelle ville ALI MENDJELI de Constantine afin de comparer et de chercher la relation entre les éléments du climat et l'orientation. Une investigation sur terrain (relevé des températures, humidité relatives, températures de surfaces) est entreprise pour évaluer la réponse quantitative globale pour ce type de climat (semi aride). Parallèlement à cela une simulation à l'aide d'un logiciel TRNSYS (version 14.1) a été effectuée pour tester plusieurs possibilités d'orientations et d'améliorations afin de déterminer les éléments qui peuvent servir à des conditions meilleures.

Les résultats montrent que la prise en compte du critère orientation fait participer le bâtiment à une conception plus performante thermiquement et plus économe énergétiquement.

Mots Clés : Habitation collective–Confort thermique–Bioclimatique–Energie–Orientation.

Abstract

"To build with the climate" allows to reduce considerably the expenditure in heating and electric power. The economic crisis raised the problems of the energy saving in any construction.

In order to point out the relationship between orientation and energy consumption a site investigation is undertaken in Constantine new town extension called "Ali Mendjeli new town". It concerns readings of air and surface temperatures and relative humidity that are compared to thermal comfort limits for such climatic conditions. Moreover, a simulation using (TRNSYS, version 14.1) is done to validate the site results and to test several possibilities of orientations and improvements in order to assess the elements that improve internal conditions.

The results show that the taking into account of the orientation criterion makes building taking parts in a more powerful economical design for thermal and energy point of view.

Key Words: Multi-storey building flats – thermal Comfort – Bio climatic – Energy - Orientation

S. BELLARA LOUAFI
S. ABDU

Département d'architecture et
d'urbanisme
Faculté de l'aménagement du
territoire
Université Mentouri-Constantine
Algérie

ملخص

إن موضوع دراستنا يهتم بنوعية الحرارة داخل المنزل الحضري وفق مختلف الاتجاهات؛ لأن ذلك يسمح بإبراز أثر التوجيه على درجة حرارة الفضاء الداخلي.

و لقد جاء موضوع بحثنا في شكل دراسة ميدانية، أين أخذت عينة من المنازل بالمدينة الجديدة علي منجلي – قسنطينة- و ذلك من أجل البحث في العلاقة بين العوامل المناخية و التوجيه و من ثمة مقارنة مقارنتها. إذ قمنا بقياس درجات الحرارة و الرطوبة المطلقة و حرارة المساحة لنمط مناخي شبه جاف. كما قمنا بالموازاة إلي ذلك إعداد تحاكي للمصادقة علي النتائج المتوصل إليها ميدانيا، واختبار مختلف الاتجاهات الممكنة من أجل تحديد العوامل التي تسمح بإعطاء ظروف بناء أحسن.

ولقد أسفرت نتائج الدراسة إلي إن الأخذ بعين الاعتبار عامل التوجيه في العمارة يسمح بتصميم أحسن أداء من الناحية الحرارية و الطاقة.

الكلمات المفتاحية: – المسكن الجماعي- حرارة – راحة – بيو مناخي – طاقة – اتجاه

I – INTRODUCTION

Le concepteur doit assurer l'abri et le confort de l'utilisateur, de fait en sorte que l'impact d'un bâtiment sur l'environnement soit minimisé. Chaleur en hiver, fraîcheur en été, sont les éléments de confort pour le bien être de l'individu. « Construire avec le climat » permet de réduire considérablement les dépenses en chauffage et en énergie électrique.

« Une construction intelligente doit tenir compte de l'environnement climatique : soleil, vent, pluie, orientation des pièces en fonction de leurs usage ».

L'art de bâtir prenant en compte l'influence des facteurs climatiques n'est pas une invention du 20^{ème} siècle. L'architecture bioclimatique se distingue de l'architecture conventionnelle par le fait que l'exploitation de l'énergie solaire est intégrée dans la conception du bâtiment, cette dernière permet de diminuer considérablement les besoins en chauffage et en climatisation.

L'habitat collectif contemporain a non seulement échoué dans la réalisation des performances quantitatives, mais il a également montré des insuffisances sur le plan qualitatif, ce qui provoque le problème d'intégration climatique et implique une consommation énergétique considérable.

La crise de l'énergie a brutalement mis l'accent sur l'importance du volume de combustible utilisé pour le chauffage et la climatisation, en raison de cette consommation qui influe sur la charge d'exploitation des immeubles et également sur l'ensemble de l'économie du pays. Pour cela, la prise en considération de l'aspect climatique, dépend du respect des facteurs du site qui peuvent être utile :

Orientation –Ensoleillement -Protection contre les intempéries -Vents dominants.

Le souci de construire rapidement et en grande quantité a favorisé ce type d'habitat collectif. En plus très peu de tentatives réfléchies pour adapter ce genre de construction aux conditions climatiques de la région, où la même organisation spatiale se trouve répétée à travers les cités Algériennes.

Ce type d'habitat collectif est caractérisé par :

- La forme dispersée, exposant ses baies aux conditions climatiques.
- Une orientation arbitraire des bâtiments où le même prototype peut être soumis à diverses orientations avec des façades percées de larges baies vitrées.
- Le type de construction extraverti permet à l'espace de s'ouvrir sur l'extérieur par de larges fenêtres qui seront protégées uniquement par des persiennes en bois ou des stores. Cette protection sera plus efficace si elle est dotée d'éléments d'ombrage.
- L'éclatement des tissus urbains augmente aussi les surfaces de contacts avec l'extérieur.
- L'usage des matériaux non adaptés aux exigences climatiques, tel que les parois minces en béton et la paroi en bloc de ciment, les transformations réalisées par les propriétaires accentue le problème thermique (effet de serre). Et pour assurer le bien être, l'usager aura recours aux appareils mécaniques de chauffage et de climatisation et qui aboutissent des consommations énergétiques exagérées « constaté dans les factures d'électricité et de gaz des citoyens dans l'habitat collectif ».

La présente recherche s'intéresse à la qualité thermique intérieure du bâtiment contemporain suivant les différentes orientations. Elle a pour objectif d'apprécier l'impact de l'orientation sur la température de l'espace intérieur et de rechercher l'orientation optimale pour le climat semi aride. Le concepteur doit tenir compte de :

- La bonne implantation des bâtiments qui prend en compte les apports énergétiques par rapport au soleil.
- La meilleure position par rapport au vent.

La prise en compte de ces deux facteurs peut aboutir à des exigences d'orientation[5], et minimiser ainsi les dépenses d'énergie.

METHODOLOGIE DE RECHERCHE :

- Une investigation in situ qui permet une lecture de trois échantillons d'habitations situées dans la nouvelle ville Ali Mendjeli à Constantine [Algérie]. Une série de mesures de températures, d'humidités relatives et des températures de surfaces sont réalisées à l'intérieur des séjours choisis à un niveau intermédiaires et à l'extérieur, dans le but de vérifier l'effet de l'orientation sur le confort intérieur durant la période d'été.
- Une modélisation à l'aide d'un logiciel informatique TRNSYS [6] (version 14.1), permettra de calculer les différents les paramètres qui influents sur l'orientation et son impact sur le confort intérieur et de trouver l'orientation optimale pour ce type de climat.
- Une synthèse des résultats obtenus précisera l'orientation optimale et favorable pour le climat de Constantine.

2- ANALYSE CLIMATIQUE ET BIOCLIMATIQUE DE LA VILLE DE CONSTANTINE

2-1- Analyse climatique :

Le climat de la ville de Constantine à travers les données (Fig.1) et (fig.2) est un climat froid en hiver et chaud et sec en été. Il s'exprime par un rayonnement solaire intense, avec des températures très élevées en été et une moyenne maximale de 33.6°C durant le mois d'août.

Une humidité relative moyenne, une précipitation considérable en hiver et presque rare en été, avec un écart de températures diurne très important.

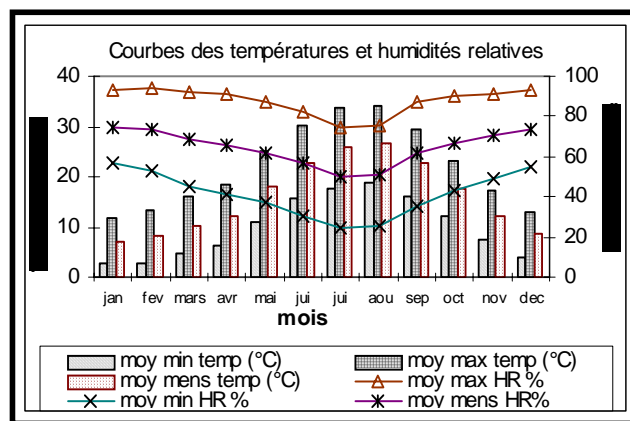


Fig. 1 : Caractéristiques climatiques de la ville de Constantine. Période [1999-2004] Source : ONM Ain el bey.

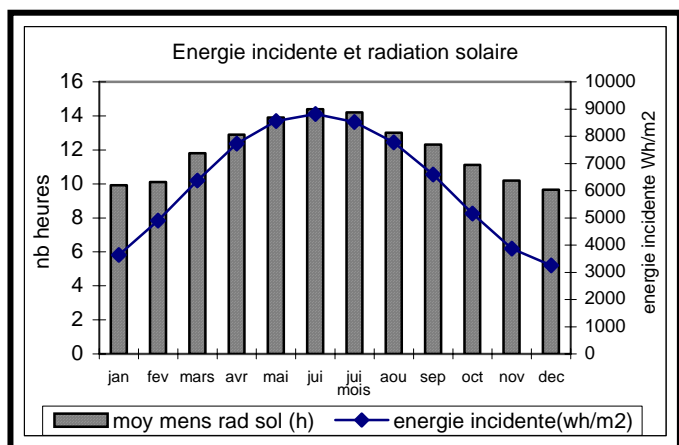


Fig. 2 : Energie incidente et radiation solaires Source : ONM Ain el bey.

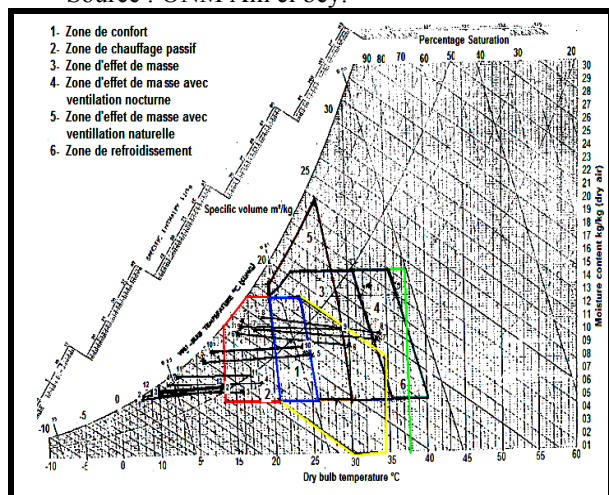


Fig. 3 : Diagramme psychométrique de S.ZOCHOLAY appliqué à la ville de Constantine. Source : Auteur

2.2- Analyse bioclimatique

Il ressort de l'analyse psychrométrique de S.ZOCKOLAY (fig.3) appliqué à la ville de Constantine que le rayonnement solaire constitue un facteur important, vu l'importance de son intensité. Le facteur vent est une contrainte en hiver, seulement il constitue aussi un élément positif pour la ventilation en été. De l'analyse bioclimatique l'effet de masse et de la ventilation nocturne suffissent pour rétablir les conditions de confort thermique à l'intérieur en été. Cependant durant les périodes de surchauffe (juillet et août) un système de refroidissement par évaporation sera rajouté. Pour la saison froide le chauffage passif ressort comme recommandation, il suffirait de bien dimensionner et orienter les ouvertures.

3- ANALYSE DE L'ECHANTILLON :

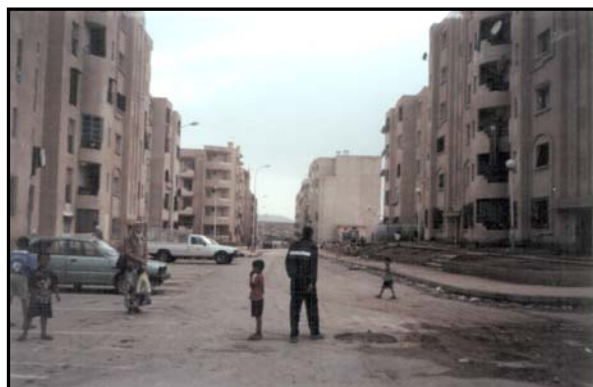


Fig.4 : Espacement et largeurs des voies entre les bâtiments au niveau du site d'étude de l'UV7. Source : Auteur, 2004

3.1- Forme urbaine du site d'étude :

Le site d'étude présente une structure urbaine éclatée contrairement au tissu urbain traditionnel ou colonial, spécifique à un climat chaud et sec. Ce qui augmente d'une part les surfaces goudronnées (routes, parking). Ces surfaces absorbent la chaleur pendant le jour, et la restituent dans l'air pendant la nuit. Le site urbain éclaté augmente l'exposition des surfaces extérieures aux rayons solaires (fig.5). Beaucoup de recherches ont constaté qu'une différence de température allant jusqu'à 5°C peut exister entre la température d'un espace ouvert et la température d'un espace à structure dense. [7]

Les espacements entre les bâtiments très important varient entre 13 et 15 mètres. Des espaces intérieurs entre bâtiment devront être pourvus d'espaces verts et de jeu, qui auront pu fournir au site un microclimat agréable.

Les espaces externes demeurent désertiques, sans aucun signe de vie comme le montre (Fig.4) Les espaces plantés sont donc inexistantes, ce qui favorisent la réflexion de la chaleur vers le bâtiment.

3.2- Présentation du bâtiment :

Les différents logements choisis se situent à un niveau intermédiaire « étage courant », et cela dans le but d'avoir les mêmes conditions L'investigation porte sur trois séjours dans trois logements :

- l'orientation de l'espace séjour est Nord-est (azimut mur = -120°) [bâtiment A]

- l'orientation de l'espace séjour est Sud-est (azimut mur = -30°) [bâtiment B]
- l'orientation de l'espace séjour est Sud-ouest (azimut mur = $+60^\circ$) [bâtiment C]

cloisons sont recouvertes d'un enduit au plâtre, peint en beige cassé.
 Les dimensions des séjours sont de (3.50×5.50) mètre, avec une hauteur sous plafond de 2.97 mètres,
 La taille des ouvertures est de (1.20×1.40) pour les

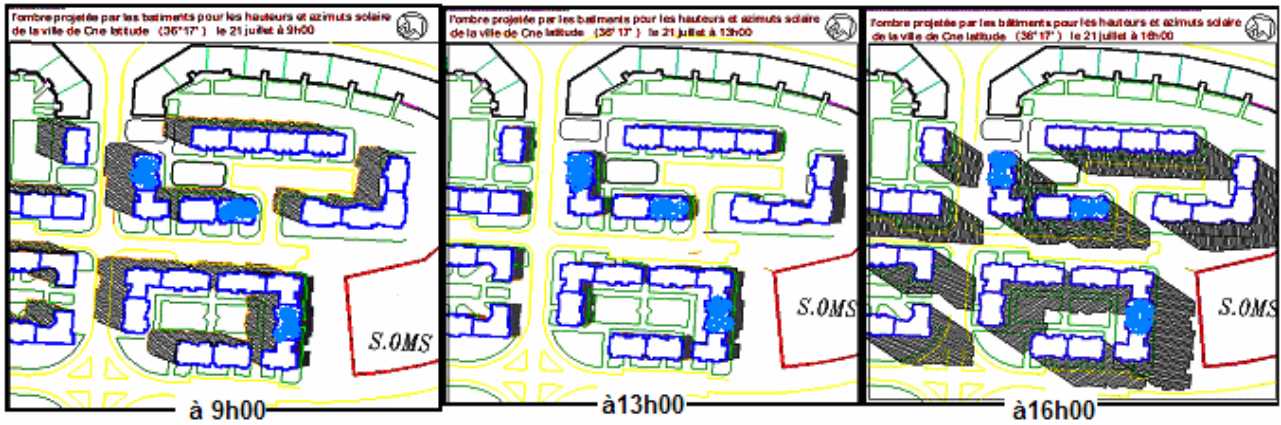


Fig. 5 : Masque d'ombre du modèle d'étude à 9h00 ;

13h00 et 16h00. [Période d'été (21 juillet 2004)]

Les trois bâtiments choisis ont la même conception architecturale. Le système constructif est un système préfabriqué «le coffrage tunnel» permet de couler simultanément les murs et les dalles, il fournit : - une structure porteuse par refends porteurs et dalles pleines. - une partie de séparations intérieures. - les parois pignons (en béton monolithique de 16 cm d'épaisseur), le remplissage des murs extérieurs est en maçonnerie « double parois de parpaing de (15+5+10) cm, avec une lame d'air ».

différents séjours situés au milieu du mur.

Elle occupe un pourcentage de 17.46% de la façade exposée (soit 32.34% du surface du plancher). Les fenêtres ont une menuiserie en bois et d'un vitrage simple de 3 mm d'épaisseur. La distribution spatiale de la maison est représentée par la (Fig.7).

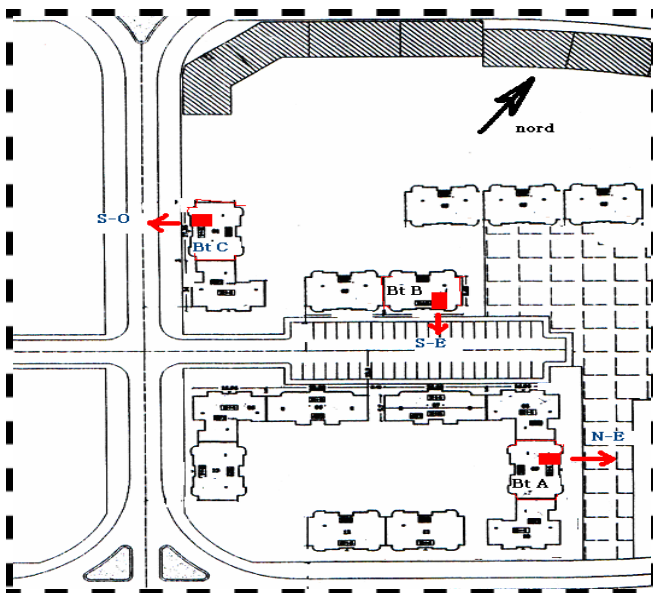


Fig. 6 : L'orientation des trois séjours.
 Source : Auteur

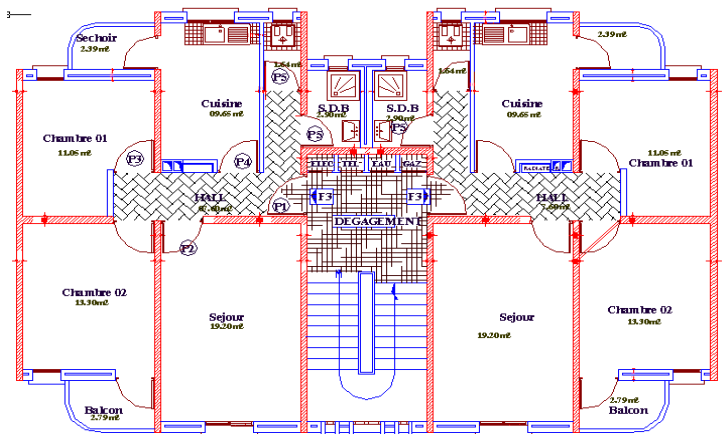
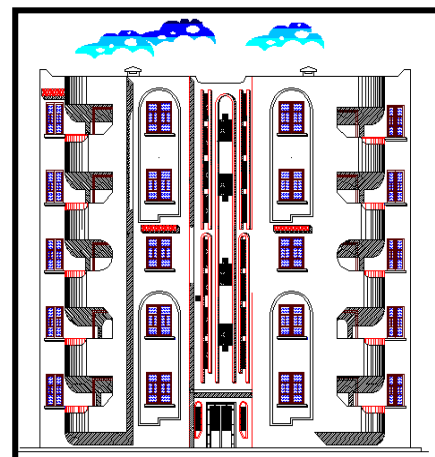


Fig. 7 : Vue en plan et façade du modèle d'investigation.
 Source : DUC, 2004



La surface des murs externes est rugueuse à cause du crépissage de mortier de ciment qui recouvre les surfaces extérieures, elles sont peintes en un type d'enduit de couleur beige (Fig.4). Les surfaces intérieures des parois et

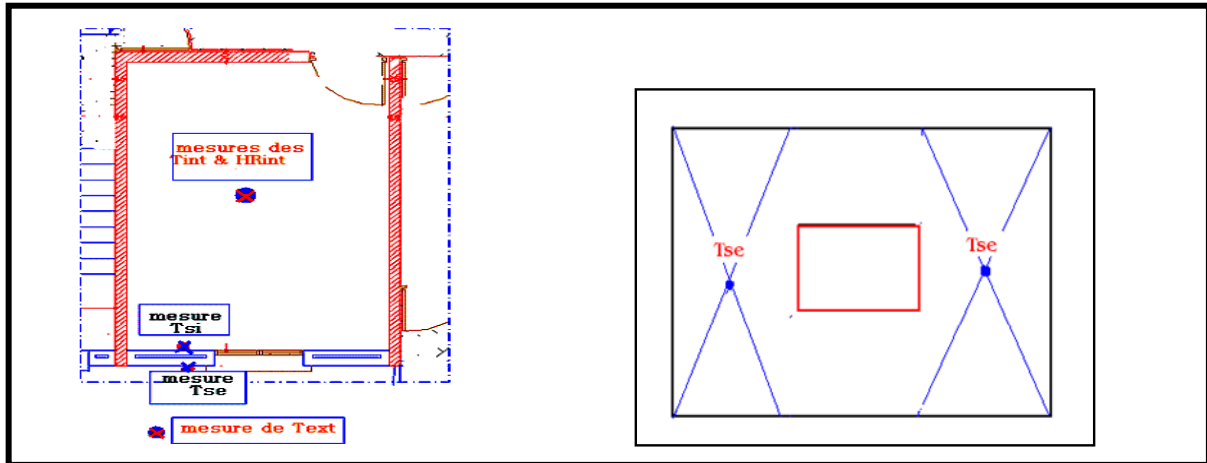


Fig. 8 : Différents points de mesures d’investigation.

4- RESULTATS D’INVESTIGATION :

4.1- Technique de déroulement des mesures :

Les mesures se sont déroulées durant la période de Juillet pour l’été. Les appareils de mesures utilisées pour relever les températures et les humidités relatives intérieures sont deux thermographes et deux hydrographes placés au niveau du centre de chacun des séjours sur une hauteur de 1m20 par rapport au sol. Des thermocouples ont été utilisés pour les températures surfaciques intérieure et extérieure (Fig.8).

4.2- Evaluation :

Afin de déterminer les facteurs physiques et environnementaux intervenant dans la réponse thermique des trois modèles retenues, une comparaison est effectuée afin d’apprécier l’impact de l’orientation.

4.3- Interprétation des résultats

4.3.1- Comparaisons des températures intérieures et extérieures des trois orientations :

La (fig.9) montre que l’orientation Nord-est présente des températures moyennes les plus basses comparativement aux autres orientations. Cette différence s’explique par le degré d’exposition des deux façades. Cependant l’orientation Sud-ouest présente des fluctuations dans la température interne qui marque deux périodes distinctes ; ce qui explique l’effet des radiations solaires sur la paroi Sud-ouest qui reçoit une quantité importante de radiations de 3150w/m².

La température moyenne intérieure du séjour orienté Nord-est reste inférieure à la température moyenne intérieure du séjour orienté Sud-est de l’ordre de 2°C de 8h00 jusqu’à 12h00 ; cela est dû à l’effet des radiations sur les deux orientations, l’effet de la brise du vent qui vient du Nord-est et qui participe à cette diminution, cependant la durée de l’ensoleillement est réduite de l’ordre de la moitié par rapport à l’orientation Sud-est. Pour la température moyenne interne de la façade Sud-ouest, elle reste inférieure à celle des deux autres orientations de l’ordre de 3°C durant

la période matinale qui s’explique par l’absence totale des radiations solaires sur cette façade et par l’effet de la ventilation naturelle. Ce qui rejoint les résultats de B.GIVONI qui confirme que la température intérieure est largement conditionnée par la ventilation naturelle et le degré d’efficacité des protections solaires[5].

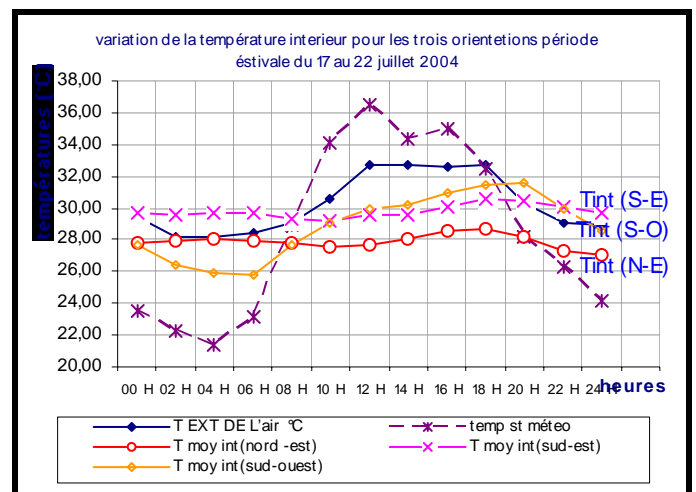


Fig. 9 : Comparaison des températures intérieures et extérieures des trois orientations [Période estivale]

Entre 12h00 et 18h00 la température moyenne du séjour orienté Sud-ouest augmente de l’ordre de 8°C (1,33°C/h) par rapport aux deux autres orientations (Nord-est et Sud-est) ce qui nous donne une augmentation légère respectivement de l’ordre de 1,05°C (0,17°C/h) pour l’orientation Nord- est et de 1,09°C (0,18°C/h) pour l’orientation Sud-est. En effet cette forte augmentation de la température de la façade Sud-ouest est due à :

- L’effet des radiations solaires de l’après midi qui frappent la façade à un angle proche de la vertical d’où la quantité est de 3150w/m².
- La transmission de l’air chaud.
- Au manque de protections efficaces.[8]

L’ambiance intérieure de chaque séjour dépend de l’effet de l’orientation, ces résultats ont été vérifiés par G.SYAKUBU et S SHARPLES[9]

4.3.2- Comparaisons des températures surfaciques (intérieure, extérieure) :

L'augmentation de la température de surface extérieure en été est provoquée principalement par le manque d'ombrage (Fig.5) et par le manque de protection efficace des ouvertures. L'effet de la radiation solaire réfléchi des surfaces extérieures (surfaces nues, rues asphaltées.) joue un rôle important dans cette augmentation. Plus la paroi est exposée aux radiations solaires plus le flux de chaleur à travers la paroi est élevée [9].

La température de surface intérieure d'après les résultats de l'investigation reste gouvernée par la puissance des radiations solaires tombant sur la paroi verticale et la température extérieure. Ce qui influe sur l'ambiance intérieure de chaque séjour en été. Tout cela dépend étroitement de l'effet de l'orientation et qui rejoint les conclusions de (B.GIVONI, 1978 [8]- J.L IZARD, 1993 [13]- G.S YAKUBU et S.SHARPLES, 1992 [9]). Les résultats ont révélé que la radiation solaire directe a participé dans la performance des séjours analysés, le fait est dû à l'inefficacité des protections utilisées.

4.3.4- Evaluation de la performance thermique des trois séjours :

Les résultats trouvés de l'investigation ont déterminé l'origine du transfert de chaleur vers l'intérieur de l'espace. La variation de la température intérieure a pour cause la variation de la puissance incidente de la radiation solaire sur la paroi verticale. La transmission par rayonnement direct à travers la fenêtre.

L'analyse bioclimatique pour la ville de Constantine a retenu les valeurs de la température neutre de 25.89°C pour la période estivale qui définit une zone de confort entre la limite inférieure de 23.89°C et une limite supérieure de 27.89°C [11].

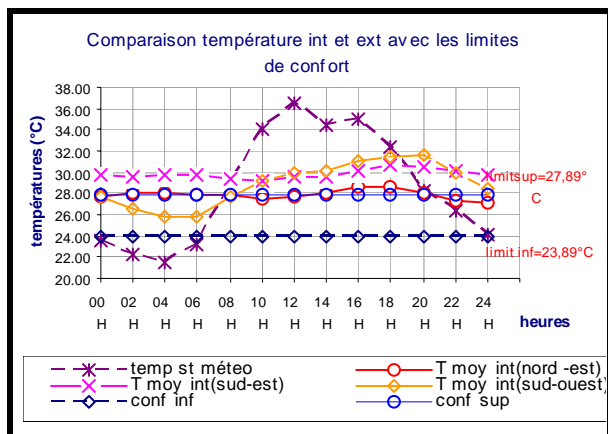


Fig. 10 : Comparaison températures intérieures et extérieures avec les limites de confort [période d'été]

De la comparaison de la température intérieure avec les limites de confort pour la période d'été (fig.11) nous constatons que le séjour orienté Nord-est est le plus confortable durant la nuit et la matinée pendant cette période. Et que l'orientation Sud-ouest reste la plus

inconfortable et à éviter durant cette période. Pour l'orientation Sud-ouest, la courbe de ses valeurs est en dehors de la limite supérieure de confort durant toute la journée de 08h00 à 24h00. Elle présente avec la limite supérieure de confort un écart maximal de 3.61°C à 18h00 et minimal de 1.21°C à 10h00, ce qui justifie l'inconfort à l'intérieur de l'espace l'après midi par la chaleur transmise par la combinaison des hautes températures enregistrées à ce moment et l'incidence des rayons solaire sur la façade orientée vers l'Ouest. Par contre pour l'orientation Nord-est elle est très proche de la limite supérieure du confort, ce qui fait de cet espace un espace confortable surtout la matinée et qui est dû à l'absence des radiations intense dans cette orientation.

5- VALIDATION DES RESULTATS

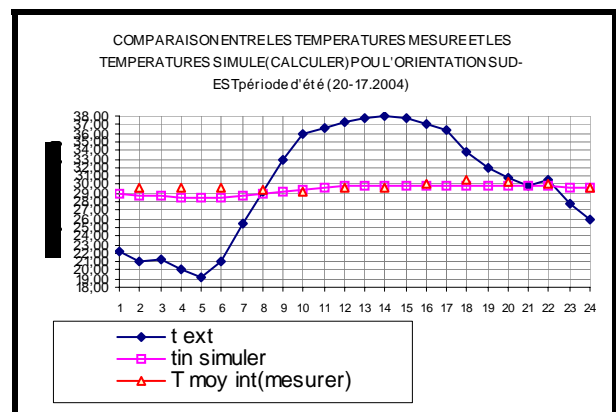


Fig. 11 : Comparaison des températures intérieures pour l'orientation Sud-est [période d'été] Journée du 20-07-2004.

Les résultats révèlent en général une corrélation entre les courbes des températures horaire mesurées et celles simulées. Sur la base de la courbe (Fig.11) et (Fig.12) des températures intérieures obtenues par simulation, ils nous montrent une élévation de la performance thermique en fonction des heures de la journée par rapport au cas mesuré. Vu les rapprochements des courbes des températures simulées et mesurées, on pourra conclure que les résultats des prédictions du programme de calculs par TRNSYS sont fiables et validés par les mesures.

Effet de l'orientation sur la température intérieure :

Les résultats de la simulation par le biais du logiciel TRNSYS (version 14.1) présentés dans la (fig.13) montrent l'effet de l'orientation de la paroi extérieure sur les ambiances intérieures durant la période estivale. Plusieurs possibilités ont été testées. Les résultats obtenus à cet égard montrent l'impact du changement d'orientation qui est surtout perceptible dans le cas des orientations semi cardinal Sud-est Nord-est et Sud-ouest. D'autre part, les orientations Nord et Sud pour la période d'été sont considérées les plus favorables, mais n'ont pas les mêmes effets, or l'orientation Nord a permis un abaissement de la température de 0.5°C par rapport a

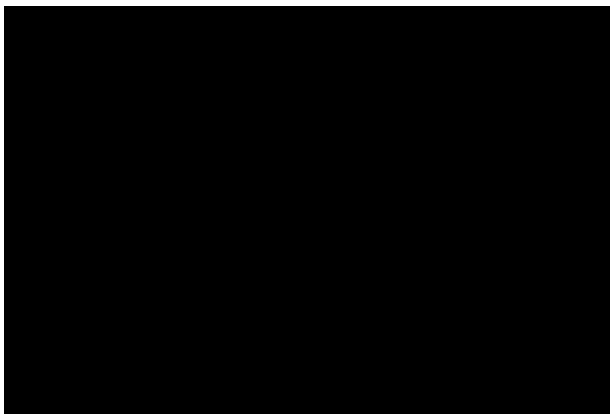


Fig.12 : Comparaison des températures intérieures pour l'orientation Nord-est [période d'été] Journée du 20-07-2004.

L'orientation Sud, et l'écart entre la mauvaise orientation et la meilleure est de 2.20°C ce qui rejoint les conclusion d'OLGYAY- 1957[12], de GIVONI- 1978 [8] et de MARTIN EVANS -1980 [15].

Cependant l'orientation Ouest et Est sont à éviter vu les hausses des températures enregistrées durant 24 heures.

Un habitat adapté au climat local permet de profiter des apports solaires au mieux, de réduire les besoins en chauffage et climatisation [12].

Effet de l'orientation sur la consommation énergétique (besoin en climatisation) :

Les simulations sont effectuées avec climatisation afin de tester le besoin en énergie suivant l'orientation. D'après le graphe (fig.14) la demande en énergie sensible est plus élevée surtout pour les orientations Est et Ouest qui sont à éviter. il reste que l'orientation Sud, Nord, l'orientation à 30° d'azimut Est et l'orientation à 15° d'azimut Ouest présentent des consommations très réduite par rapport à d'autres orientations. La consommation est plus appréciable surtout pour les orientations Ouest qui sont plus élevée.

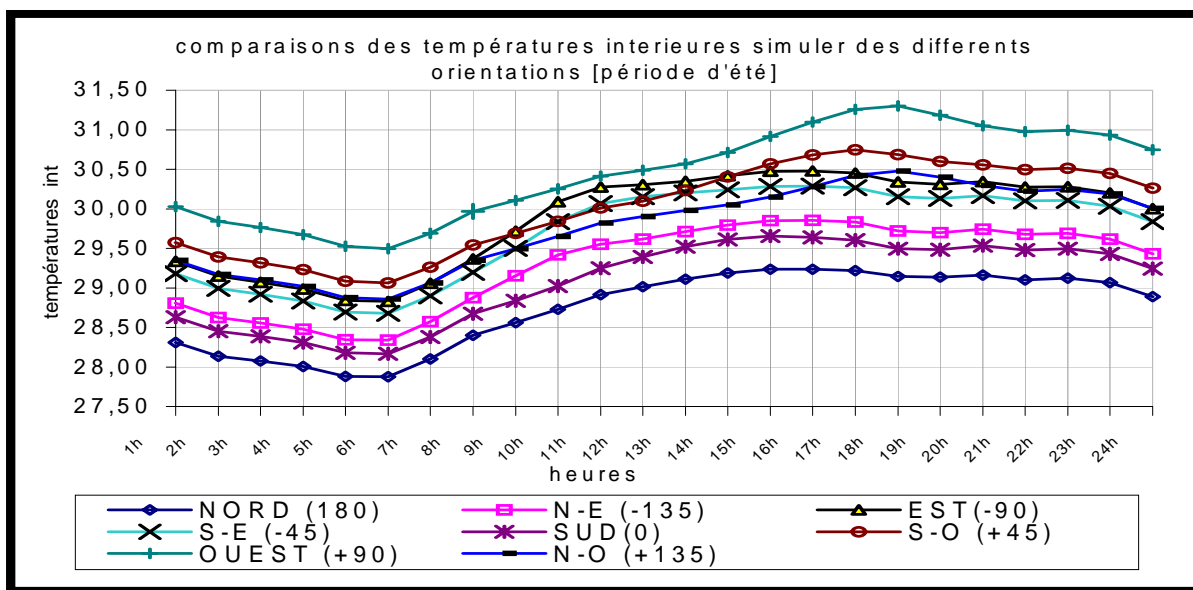


fig.13 : Effet de l'orientation sur la température intérieure [période d'été]

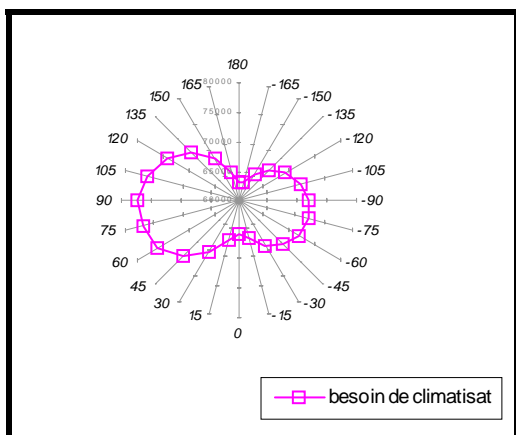


fig.14 : consommation énergétique (besoin de climatisation) suivant l'orientation (en kJ)

CONCLUSION

Les résultats de l'investigation montrent que le climat peut être un élément déterminant dans l'architecture. Le contrôle des facteurs orientation par rapport aux rayonnements solaires, le vent et l'ombrage participent au comportement thermique des espaces intérieurs, et à la création d'ambiance confortable.

Il ressort que l'impact de l'orientation est perceptible dans la création du confort intérieur, et suivant le degré d'exposition de la façade au rayonnement solaire direct qui influe directement sur l'élévation de la température intérieure. Les résultats ont révélé que la radiation solaire directe a participé dans la performance des séjours analysés, le fait est dû à l'inefficacité des protections utilisées et par le manque d'ombrage^[16].

Les résultats de l'investigation démontrent que l'orientation Sud-est reste la plus confortable par rapport aux deux autres orientations. Le microclimat environnant marque aussi une certaine importance dans l'augmentation des températures de l'air du site et qui participe à l'augmentation des températures de surfaces extérieures des façades. Leurs conceptions favorisent la réflexion des rayons solaires vers le bâtiment et augmente les températures des parois externes.

La simulation par le biais du logiciel TRNSYS (version 14.1) a démontre la relation qui lie la quantité d'énergie absorbée par la paroi avec la température intérieure, qui dépend étroitement de l'orientation.

La consommation énergétique est fonction de l'orientation. Cependant l'orientation idéale est évidemment le sud, qui a fourni les meilleurs résultats. Une orientation optimale a été retenu pour la ville de Constantine de 30° d'azimut Est à une orientation de 15° d'azimut Ouest, et qui sont justifiées pour ce type de climat semi aride. Par contre les orientations pleines Est et pleine Ouest restent à éviter.

Pour cela la prise en compte du critère orientation fait participer le bâtiment à une conception plus performante thermiquement et plus économe énergétiquement

REFERENCES

- [1]- **Alain Liebard, Andre De Herde** – Guide de l'architecture bioclimatique-tomme 3 : construire en climat chaud- édition LEARNET « Observ'ER », Paris 2003 p.1
- [2] – **Bernard Château & Bruno Lapillone** - la prévision à long terme de la demande d'énergie: Energie et société. Centre national de la recherche scientifique –CNRS- Paris 1977-
- [3]- la maison bioclimatique : [enligne] <http://www.lesdossiersdebiorespect.com> sur l'énergie, l'environnement.htm (page consulter le 20 mars2004)
- [4] - **SONELGAZ** –Bulletin statistique « Direction de planification- annuaire statistique 62-86, p.38 bulletin annuels statistiques 87-2002/2005.
- [5] - **B .GIVONI** L'homme, L'architecture et le climat Edition : Le Moniteur Paris 1978 p.229-230
- [6] – **TRNSYS** : transient simulation program (solar energy laboratory) Université de Winsconsin-Madison version 14.1 late 1993.
- [7] – **Arbaoui.A,** -l'architecture traditionnelle du sud Algériens comme réponse au climat- Actes du séminaire preparation d'une réglementation pour l'amélioration du confort et la maîtrise de l'énergie dans les bâtiments des pays du Maghreb, 6 novembre 1992. Tunis
- [8] - **B.GIVONI** - L'homme, L'architecture et le climat - Edition : Le Moniteur Paris 1978
- [9] - **G.S YAKUBU et S. SHARPLES** – Bioclimatic Design Studies For Passive And Low Energy Building Design In Hot-Dray/Semi-Arid Climates- world renewable “pergamon press”1992.
- [10]- **AKBARI H, KURN DM, BRETZ SE, HANFORD JW in BOURBIA.F** -Building Cluster And Shading In Urban Canyon For Hot Dry Climate- renewable-energy 29 (2004) Page 297.
- [11]- **ABDOU, S-** Investigation Sur L'intégration Climatique De L'habitat Traditionnel En Région Aride Et semi-Aride D'Algérie. --Cas de Constantine et Ouargla – Thèse de doctorat d'état Université De Constantine, 2003-2004.
- [12] - **OLIVER SIDLER** – Logement A Faible Besoin En Energie- guide de recommandations et d'aide à la conception. Mars, 2000 Internet [En Ligne]Sidler@club-internet.fr. PDF (page consulter le 15 avril 2005.)
- [13] - **J.L IZARD,** Architectures D'été, construire pour le confort d'été- EDISUD, Paris 1993
- [14] – **OLGYAY.V et OLGAYAY.A** -solar control and shading devices-Princeton university press, 1957
- [15] -**MARTIN EVANS** –Housing, Climate and Comfort-the architectural press, London 1980
- [16] –**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.

