

L'IMPACT DE L'ORIENTATION DES PAROIS TRANSPARENTES SUR LE CONFORT THERMIQUE DANS UNE SALLE DE CLASSE A CONSTANTINE

Reçu le 14/05/2008– Accepté le 21/06/2010

Résumé

Les baies vitrées sont des éléments uniques et complexes de l'enveloppe du bâtiments puisqu'elles permettent l'éclairage naturel, la ventilation et la vue sur l'extérieur et fournissent une proportion significative de chauffage d'hiver et de rafraîchissement d'été. Dans les salles de classe, ou les occupants n'ont pas la possibilité de se déplacer, alors que les grandes baies vitrées sont exigées pour répondre à la demande en éclairage naturel, les occupants (élèves) sont exposés au rayonnement solaire inconfortable. Par conséquent, l'évaluation des aspects positifs et négatifs de la paroi transparente, exige une grande attention à plusieurs éléments; comme la dimension de la fenêtre, le type de vitrage, la position, l'orientation et le type de protection solaire associée...etc.

Cependant, le but de cet article est d'évaluer l'impact de l'orientation des fenêtres sur le confort dans les salles de classe sous le climat de Constantine. Une campagne de mesure de températures intérieures et extérieures a été menée sur un model d'école ou les salles de classes sont orientées vers le Nord et le Sud et vers l'Est et l'Ouest. Le logiciel TRNSYS.V14 a été utilisé pour valider les résultats de l'expérimentation et optimiser l'orientation d'une salle de classe.

Mots clés : Baies vitrée, climat, confort thermique, orientation, protection solaire, salle de classe.

Abstract

Windows are unique and most complex buildings elements since they allow natural lighting, ventilation, and view of the outdoor and provide a significant proportion of winter heating and summer cooling. In classrooms, daylight is generally always desirable, whilst, direct sunshine falling on occupants and on the working plans causes thermal and visual discomfort. However, to balance the positive and negative aspects of transparent shell, require great attention to several elements; such as window area, glazing type, window position, window orientation and solar control.

However, the aim of this paper is to investigate the impact of window orientation on comfort in classrooms under Constantine climate. A field of internal and external temperature measurement was carried out on a model of school where classrooms are directed North-South and East-West. The use of software TRNSYS.V14 for simulation, allows the validation of the field research results and the optimization of the orientation of a classroom.

Key words: windows, climate, thermal comfort, orientation, solar control, classroom.

**BOUCHAHM Guermia
BOUREBIA Fatiha**

Laboratoire d'Architecture
Bioclimatique et Environnement
Département d'Architecture et
d'Urbanisme
Faculté des Sciences de la Terre
Université Mentouri Constantine
Algérie.

ملخص

الفتحات الزجاجية هي عناصر بنايات وحيدة ومعقدة لأنها تسمح بالإضاءة الطبيعية، التهوية، والمنظر الخارجي، وإضافة إلى ذلك تزود العمارة بنسبة تسخين شتوي وتبريد صيفي هامين. في قاعات التدريس، ضوء النهار مرغوب فيه عادة ودائما، لكن سقوط أشعة الشمس مباشرة على مستخدمي القاعات أي التلاميذ وكذا على الطاولات تسبب مضايقة حرارية و بصرية. لموازنة المزايا الإيجابية والسلبية للوجهات الشفافة، يتطلب الأخذ بعين الاعتبار لعدة عناصر؛ مثل مساحة النوافذ، توجيهها، نوعية الزجاج، نوعية الإطار و نوع كاسرات الشمس.

. فالغرض من هذا الموضوع، هو فحص تأثير توجيه الفتحات على رفاهة قاعات الدراسة تحت مناخ قسطينة. أجريت دراسة ميدانية لقياس درجات

الحرارة في أقسام موجهة شمال – جنوب و شرق – غرب لمدرسة نموذجية (الأكثر انتشارا عبر الجزائر). و استخدام برنامج TRNSYS يسمح بالمصادقة على النتائج و التوجيه الأمثل للأقسام الدراسية.

الكلمات المفتاحية: فتحات (نوافذ)، مناخ، رفاهة حرارية، توجيه، قيادة شمسية، قاعة الدرس

Introduction

Avec la prise de conscience en matière de consommation énergétique et de protection de l'environnement, la démarche de haute qualité environnementale vise à réduire la consommation énergétique et à contribuer à la création des ambiances intérieures confortables. Dans les bâtiments d'enseignement, le confort a un impact sur les performances intellectuelles et le comportement des élèves [1]. Pour le confort thermique dans les salles de classes ou la densité d'occupation est très élevée et de larges baies vitrées utilisées dans un but fonctionnel, le problème qui se pose souvent, est celui du surchauffe surtout en mi-saison et en été.

Donc l'enveloppe du bâtiment est le premier des éléments sur lequel le concepteur doit intervenir, pour créer, à l'intérieur de son ouvrage des conditions de confort satisfaisantes. Elle protège les occupants des intempéries, du bruit et des intrus tout en limitant les pertes et les apports de chaleur. Contrairement aux éléments opaques du bâtiment, Les fenêtres jouent un rôle prépondérant au niveau de la qualité de vie et du confort dans les bâtiments. Pour l'occupant, les fenêtres laissent entrer la lumière, la chaleur du soleil et l'air frais, et donnent une vue sur le monde extérieur. Pour l'architecte et le concepteur, les fenêtres donnent du caractère à la façade, rompent la continuité d'un mur ou d'une toiture et nécessitent un soin particulier à l'assemblage. Pour l'ingénieur en mécanique, elles sont les causes de surchauffe, de sous-chauffe ou d'infiltration d'air.

L'efficacité énergétique du bâtiment dépend de l'orientation, de la taille des fenêtres, du type de vitrage, des protections externes et internes. L'orientation est le facteur principal dans la conception des fenêtres puisqu'elle fait référence à la situation géographique du bâtiment et détermine la quantité d'énergie solaire et de lumière naturelle reçue. L'impacte de l'orientation sur la surchauffe des salles de classe est confirmé par Langdon, F. J. et Loudon, A. G. (1970) [2] lors d'une expérimentation menée dans 77 écoles en Angleterre, auprès de 914 enseignants et qui ont confirmés que l'orientation et le facteur principale qui cause la surchauffe.

Dans un souci de réduire la consommation énergétique, une attention considérable a été donnée aux fenêtres pour améliorer leur effet sur les ambiances intérieures. L'utilisation du verre à basse émissivité, le verre réfléchissant et les façades à double peau ont montré leurs efficacités dans l'isolation contre les effets extrêmes du climat. Afin de contrôler la pénétration solaire, Yannas, Simos (1994) [3] a concentré une grande partie de son travail sur les composants des ouvertures et des baies vitrées et leurs protections solaires dans les écoles. Mais, dans les climats chauds et secs, l'orientation des fenêtres avec les protections solaires externes, sont d'excellents dispositifs solaires qui ont une influence directe sur la quantité d'énergie incidente, sans pour autant réduire la qualité d'éclairage. [4]

Les salles de classe, sont des espaces où les surchauffes liées aux apports solaires risquent de survenir très rapidement, en raison de la forte densité d'occupation entraînant des apports internes importants (40 élèves et plus dans un volume de 185.64m³).les surchauffes dans les salles de classes sont très fréquents et peuvent survenir même en période de chauffage [5]. Cependant l'évaluation des aspects positifs et négatifs de la paroi transparente, exige une grande attention à plusieurs éléments ; comme l'orientation des fenêtres et le type de protections solaires, la dimension de la fenêtre, la position de la fenêtre, le type de vitrage et le cadre (le châssis et les intercalaires)

Le but de cet article est d'étudier l'impact de l'orientation des fenêtres sur le confort dans les salles de classe sous le climat de Constantine (36° 17' latitude Nord, de 6°37' longitude Est Greenwich et à une altitude de 637m). Les résultats de la simulation sont comparés aux résultats de l'expérimentation dont le but de valider et d'optimiser l'orientation des salles de classe.

2-METHODOLOGIE ET OUTILS DE TRAVAIL :

L'investigation s'est basée sur l'expérimentation et la simulation. Le travail sur le terrain consiste à mesurer la température ambiante dans trois (03) salles de classe occupées et de différentes orientations, à une hauteur de 100cm au dessus du sol. L'expérimentation s'est déroulée pendant 5 jours de 06h à 21h sur 02 périodes ; hiver et été, (du 15 au 19 Décembre et du 03 au 07 Juin). L'appareillage utilisé est un Thermo hygromètre digital : TES-1360.

La simulation s'est basée sur l'utilisation du logiciel TRNSYS.V 14.2 (Transient System Simulation Program : Programme de simulation de système transitoires) [6]. Un logiciel de simulation en régime dynamique multi zones qui utilise un grand nombre de modules représentant les composants de systèmes courants mais également de sous programmes et de gestion de base de données thermiques. Le module où type 56 est utilisé pour simuler le comportement thermique du bâtiment. Le type 34 permet d'introduire et de simuler les caractéristiques de la fenêtre; dimensions, type de protections, position de la protection avec détail ainsi que l'orientation de la fenêtre elle-même. Cependant l'objectif de ce travail est de valider les résultats de l'investigation et d'optimiser l'orientation des salles de classe sous un climat Constantinois.

3- ETUDE CLIMATIQUE ET BIOCLIMATIQUE DE CONSTANTINE :

Les conditions climatiques d'un lieu peuvent être scindées en contraintes dont on désire se protéger et en avantages qu'on désire exploiter. L'architecture climatique a pour objet la recherche d'une synthèse harmonieuse entre la vocation du bâtiment, le confort des occupants et la prise en compte de ces conditions. C'est pour ces raisons qu'il faut bien évaluer le climat.

Géographiquement, la ville de Constantine est située dans la dépression orientale entre les chaînes de montagne : le Tell et l'Atlas Saharien. Elle est située à 36°17' de latitude nord, à une longitude de 6°37'Est Greenwich et à une

altitude de 687 M. Les hivers sont froids avec une température mensuelle moyenne en janvier de 6.9°C, et une moyenne minimale mensuelle ($T_{\text{moy min}}$) de 2.3°C. Les étés sont chauds et secs avec une température moyenne mensuelle (T_{moy}) de 27.03°C et une moyenne maximale ($T_{\text{moy max}}$) de 34.2 en juillet (Figure-1). Les humidités peuvent atteindre un maximum (HR_{max}) de 94% en Janvier et un minimum (HR_{min}) de 25% en Juillet (Figure-2) [7]. La radiation solaire est très intense et atteint un maximum sur un plan horizontale de 7772wh/m² en Août et un minimum de 2834wh/m² en Décembre (Figure-3) [8]. La vitesse moyenne mensuelle des vents pour la période froide (Décembre-Mars) ne dépasse pas 3m/s et elle est de 1,5 à 2 m/s en période chaude (Juin –Septembre).

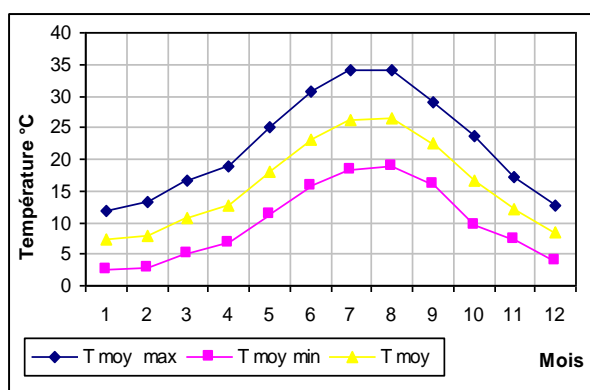


Figure-1 : Variation des températures mensuelles

Source : Auteur (2004)

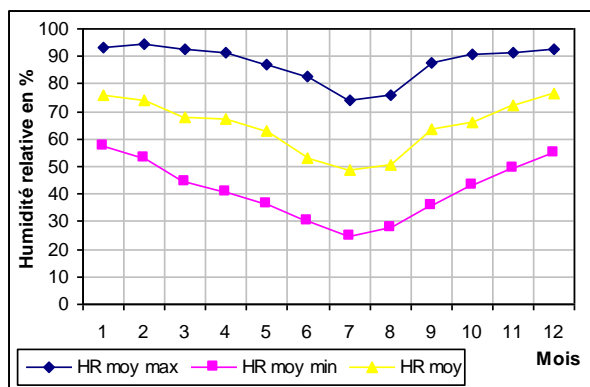


Figure-2 : Variation de l'humidité relative

Source : Auteur (2004)

Dans le but de déterminer les stratégies passives dominantes pour répondre aux exigences humaines en matière de confort l'étude bioclimatique s'est basée sur les méthodes d'analyse de B Givoni et S Szokolay [9,10] et la méthode empirique Auliciems et Humphrey [11] présentée par la (Figure-4). Sous les conditions climatiques de Constantine les stratégies retenues sont : la compacité du plan de masse, la grande capacité thermique de l'enveloppe, la ventilation nocturne et les protections solaires. Mais il faut savoir que ces stratégies ne sont pas absolues mais peuvent être influencées par d'autres paramètres ; culturels et sociaux et surtout le comportement des usagers.

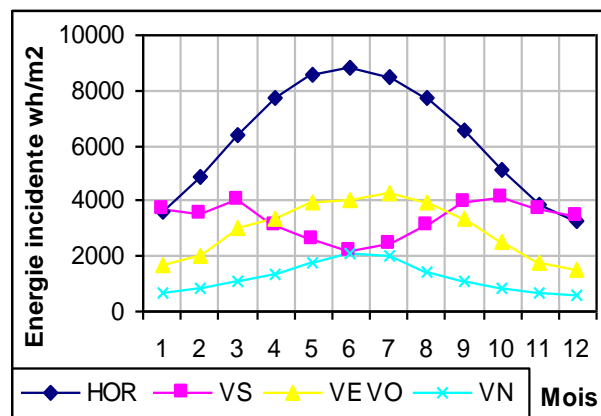


Figure-3 : Radiation globale incidente sur différents plans pour la période 1990 – 2003
Source : Auteur (2004)

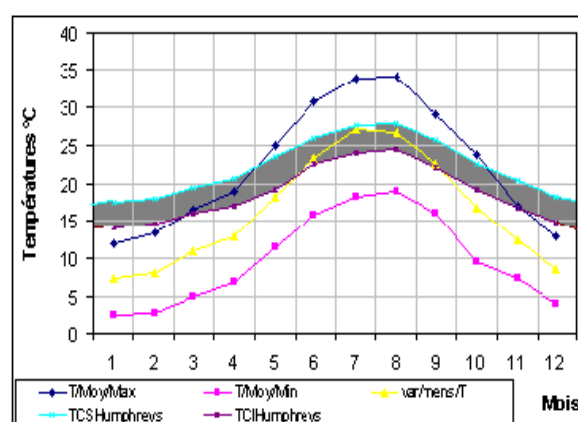


Figure-4: Comparaison des limites de températures de confort De Humphrey et la température extérieure de l'air pour la période 1990 – 2003
Source : Auteur (2004)

Pour parvenir à une diminution de la consommation énergétique tout en maintenant, voir en augmentant, le confort des occupants, dans les salles de classe, les plus importantes stratégies sont l'orientation et la protection solaire des baies vitrées, qui sont exigées avec une attention particulière pour prévoir un confort thermique intérieur acceptable, sans pour autant perturber le confort visuel qui est aussi d'une importance extrême.

4-EFFET DE L'OUVERTURE SUR LE CONFORT THERMIQUE :

A partir de l'analyse climatique et bioclimatique de la région de Constantine, il a été déduit que les radiations solaires sont très intenses et la température de l'air est extrêmement élevée sur une longue période de l'année. Donc, le confort thermique dépend de la réduction de l'énergie transmise et absorbée à travers les parois vitrées en particulier et l'enveloppe en général. Pour réaliser ceci, les principes de base appliqués sont tout à fait simples, l'inertie thermique dans les murs et les dalles, les structures à grande capacité thermique la compacité de l'enveloppe avec de petites ouvertures et l'introversion des bâtiments

L'IMPACT DE L'ORIENTATION DES PAROIS TRANSPARENTES SUR LE CONFORT THERMIQUE DANS UNE SALLE DE CLASSE A CONSTANTINE

(cour intérieure bien ombrées). Cependant, la situation est différente dans les bâtiments d'enseignement où des niveaux élevés de l'éclairage et de la ventilation sont exigés. Les fenêtres doivent être plus grandes que dans les bâtiments résidentiels. Mais, le rayonnement direct du soleil incident sur les occupants et sur les plans de travail représente la source principale d'inconfort thermique et visuel [4] (Figure- 5).



Figure-5: Gène causée par la radiation solaire dans les classes

Source : Auteur (2003)

Le confort des occupants d'une salle de classe peut être affecté par la présence de grandes baies vitrées. Les températures de surface des fenêtres sont très irrégulières par rapport à celles des autres surfaces. Les ouvertures absorbent et transmettent une quantité significative du rayonnement solaire. Le rayonnement absorbé influence la température du verre ; sa surface intérieure peut atteindre des températures de plus de 50°C dans des conditions d'été, et la température radiante près de la fenêtre peut augmenter de 8°C. Les occupants peuvent éprouver un malaise significatif en raison de l'échange thermique radiatif avec la surface de fenêtre. Une personne assise près d'une fenêtre sous la radiation directe peut éprouver un gain d'énergie équivalent à 11°C [12] (figure-3).

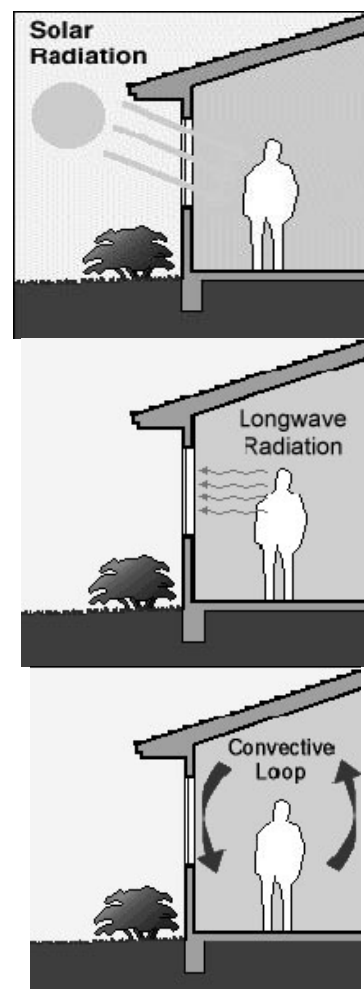


Figure-6: Impact de l'ouverture sur le confort thermique des occupants

Source : Charlie Huizenga et al. (2006)

En été, les gains solaires directs transmis à travers le vitrage et l'énergie absorbée peuvent soumettre les occupants dans la zone périphériques des espaces, à des températures radiantes inconfortables au-dessus de 60°C [13].

En hiver, les conditions de confort thermique sont modifiées par la présence de grandes parois froides. Celles-ci peuvent en effet être à l'origine de l'inconfort des occupants soit à cause de la chaleur radiante émise par les occupants vers la paroi froide, soit à cause des courants d'air froid émanant de la paroi. Ce qui provoque une asymétrie de température dans l'espace, d'où un inconfort de l'occupant particulièrement pour les positions sédentaires. Près de l'ouverture, avec une température ambiante de 20°C et une vitesse moyenne de l'air 0.1m/s le pourcentage prévisible d'insatisfaits (PPD) augmente de 10% [14]. Le PPD est un modèle théorique basé sur un sondage qui permet de traduire le sentiment de confort thermique tel qu'il est exprimé par les sujets eux-mêmes.

Les résultats de la simulation du confort dans un modèle expérimentale ont démontré que, pendant une journée d'été, (rayonnement solaire de 780 W/m²) le passage du simple

vitrage au double vitrage n'a pas amélioré le confort thermique de manière significative [15]. Alors que, la réduction de la taille de l'ouverture (rapport verre / plancher de 40% à 20%) à contribuer à la création d'une ambiance intérieure confortable [16]. Huizenga, C, Mattelaer, H.Z.P, (2006)[17] ont également discuté l'inconfort due aux ouvertures et déclarent que le rayonnement solaire direct devrait être évité dans la zone occupée, par des dispositifs de protections solaires ou par la conception et l'orientation du bâtiment.

5-DESCRIPTION DU MODEL D'ETUDE :

L'exemple d'école choisies se situe dans la localité de Didouche Mourad, à une vingtaine de kilomètres de la ville de Constantine. Construite en 1980, l'école remplissait la fonction d'un collège d'enseignement moyen. Une époque, ou les responsables s'occupaient beaucoup plus de garantir l'accès à l'instruction d'une jeunesse en forte croissance que de prendre en charge le confort thermique. Mais, aujourd'hui les occupants (élèves aussi bien qu'enseignants) sont confrontés à des problèmes de surchauffe des classes même en saisons froide lorsque la salle de classe est occupée (taux d'occupation de 40 élèves et plus).

5.1-Organisation du volume :

Le projet est conçu sous forme d'un seul volume de deux étages avec un bloc sanitaire détaché. (Figure- 7). Le rez-de chaussées comprend 07 classes et deux bureaux pour l'administration, et un et une loge pour le gardien. L'étage abrite 08 autres salles. La barre principale du volume est orientée vers le Nord et le Sud et abrite 12 classes qui bénéficient d'une bonne orientation (sud) et d'un éclairage naturel bilatéral. Le côté Nord est couvert d'un préau de 2.70m qui abrite la circulation horizontale. Les trois (03) autres classes occupent avec l'escalier la partie perpendiculaire au bâtiment principal et sont orientées vers l'Est et l'Ouest avec une galerie couverte à l'Est (Figure-8).

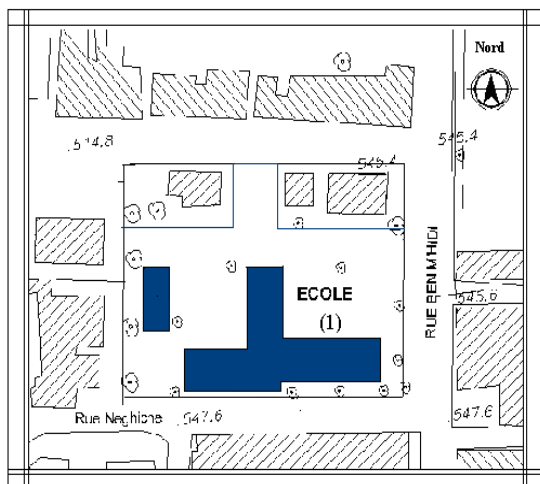


Figure-7: Plan de masse de école expérimentée

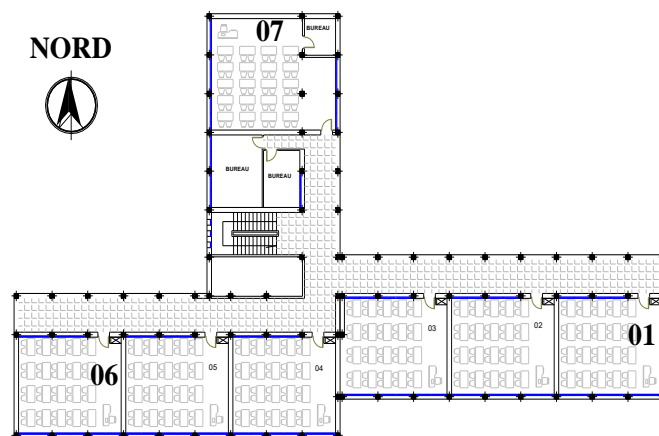


Figure -8 : Plan rez-de-chaussée et position des classes testées

Source : auteur (2003)

5.2- Les façades :

Les façades constituent une enveloppe d'une structure poteaux poutres et un remplissage en deux rangées de briques creuses et une lame d'air. C'est une enveloppe d'une inertie moyenne avec un coefficient de transmission thermique

(U-valu) de $0.882 \text{ w/m}^2\text{C}^\circ$ et un déphasage de 09 heures. La façade Sud est dotée de trois ouvertures de $2.40\text{m}/2.10\text{m}$ chacune avec un pourcentage de 56%. Alors que les deux ouvertures du côté Nord représente 36.9%. La menuiserie des ouvertures est en bois avec un vitrage simple clair de 3mm ayant un facteur de transmission de 0.8 et un U-valu de $4.14 \text{ w/m}^2\text{C}^\circ$ [4]. Les fenêtres sont placées à une distance de 20cm par rapport à la surface extérieure du mur et ne sont dotées d'aucune protection ni extérieure ni intérieure. (Figure-9).



**L'IMPACT DE L'ORIENTATION DES PAROIS TRANSPARENTES
SUR LE CONFORT THERMIQUE DANS UNE SALLE DE CLASSE A CONSTANTINE**



Figure-9 : Matériaux de construction et traitement de façade
Source : auteur (2004)

6-LES EFFETS DE L'ORIENTATION :

L'énergie solaire pénétrant dans un bâtiment par les baies vitrées des parois extérieures, est l'une des sources principales de chaleur des bâtiments d'enseignements en été comme en hiver. Cette chaleur est indésirable vu la demande en climatisation et l'important taux d'occupation. La chaleur n'est pas la seule difficulté causée par le rayonnement solaire passant au travers des fenêtres; l'éblouissement est également un phénomène important. Un soleil arrivant, même de côté, sur l'œil amène une lumière parasite sur la rétine plus de trois fois supérieure à celle du message délivré à la craie sur le tableau. Ces contraintes s'ajoutent au rayonnement thermique direct sur les personnes (L'asymétrie de température créée par le rayonnement transmis par les fenêtres) ainsi qu'au problème de surchauffe d'été et de mi-saison dans les salles.

Selon l'orientation les apports solaires à travers une surface vitrée verticale sont plus ou moins importants, et ont une intensité différente selon la saison [18].

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.

Les rayons encore brûlants ont un faible angle d'incidence et pénètrent facilement dans les salles. L'exposition de l'intérieur des salles et des occupants au soleil est intenable. Une protection solaire sera indispensable et difficile à gérer. Une fenêtre orientée vers le sud reçoit globalement plus de soleil qu'une fenêtre orientée vers l'est, mais réparti autrement : un maximum en hiver, un peu moins en mi-saison, et encore moins en été. En hiver, le soleil même à midi est bas dans le ciel ($30^{\circ}38'$ pour la latitude $36^{\circ}17'$). Les rayons frappent la vitre avec un faible angle d'incidence et la traversent facilement. Un vitrage placé côté sud récupérera facilement cette énergie solaire. L'apport de chaleur est désirable mais le rayonnement direct est à exclure pour une salle de classe [19].

En été, le soleil à midi est très haut dans le ciel. Les rayons qui frappent une vitre côté sud auront un angle d'incidence de $77^{\circ}16'$ et seront presque intégralement renvoyés vers l'extérieur. Relativement peu de chaleur pénètre dans les classes, Voir (Figure-10 a, b et c).

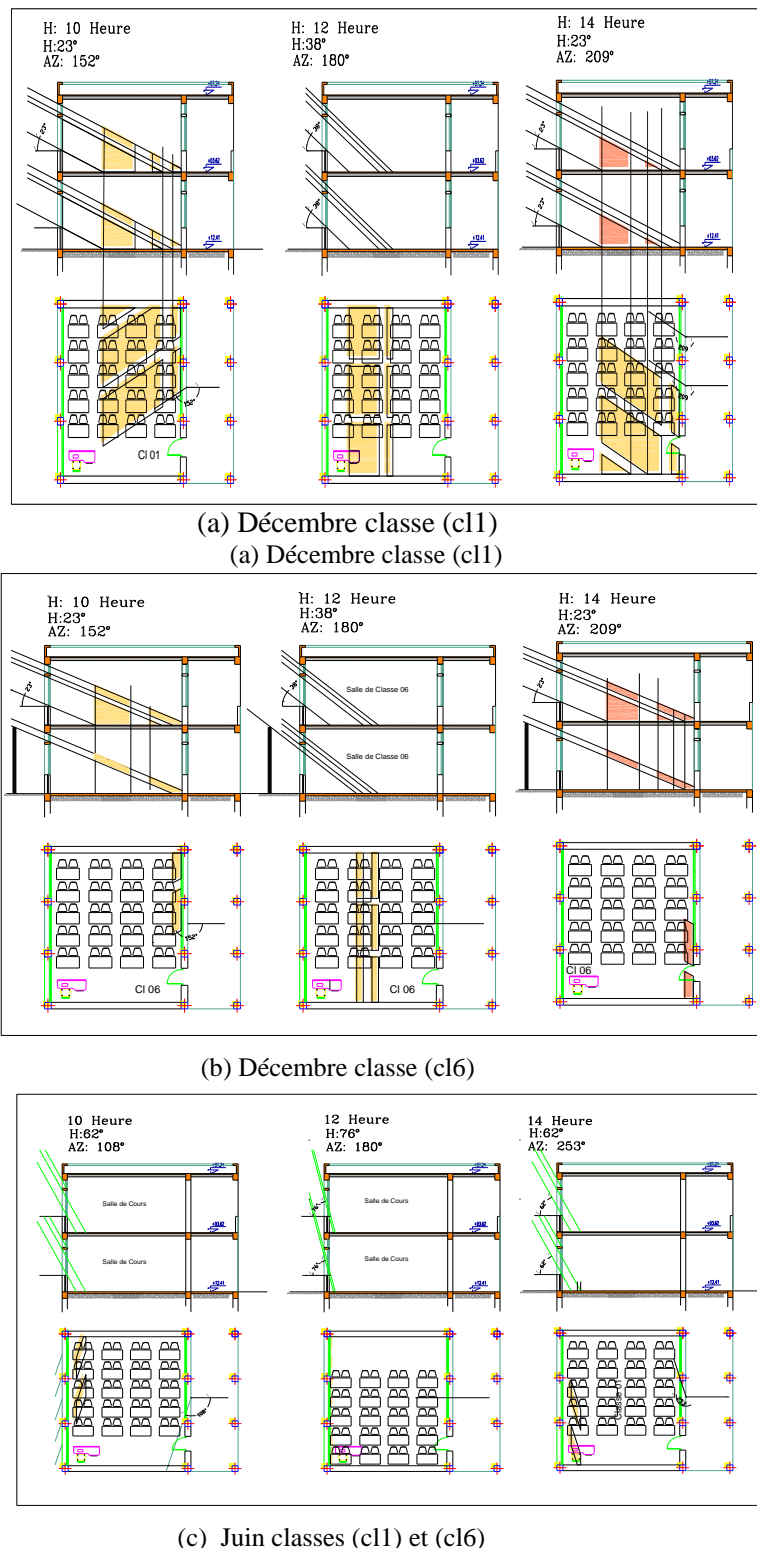


Figure 10 (a) (b) et (c): Ensembles des classes 1 et 6 orientées Nord et Sud en Décembre en (Juin)
Source : auteur (2004)

7- DISCUSSION ET INTERPRETATION DES RESULTATS :

Les résultats de l'investigation sont présentés par les graphes ci-dessous. Les profils de températures intérieures mesurées, pour la période de Décembre, ne sont pas très différentes pour les trois orientations durant la matinée. Mais, après le lever du soleil, la classe **01**(cl1), orientée vers le Nord et le Sud connaît une augmentation de la température ambiante de l'air, pour atteindre un maximum de 17,2 °C à 16h. Par contre, la température ambiante dans la classe **06** (cl6), atteint son maximum à la même heure avec une valeur de 15,9 °C, soit 1,3°C de moins par rapport à la classe cl1. Ce résultat est affecté par l'existence de la végétation et d'un vis-à-vis provoqué par le mur de clôture éloigné de 1.50m et haut de 3.50m par rapport à la façade Sud de la classe cl6. Ce qui empêche la pénétration du rayonnement solaire direct en hiver (Figure-10 b). La classe **07** (cl7), orientée Est et Ouest, présente les températures ambiantes les plus basses (maximum de 14,8°C à 14h) (figure 11, Décembre). Il faut noter aussi, que pour la période hivernal, la pénétration du rayon solaire, provoque un inconfort visuel et une asymétrie thermique pour un nombre très important d'occupants (Figure 10-a)

En été, les conditions thermiques dans les trois (03) classes sont similaires pendant la matinée. Mais après l'occupation et la pénétration du soleil, les températures dans les classes cl1, cl6 augmentent pour atteindre un maximum de 34,7°C dans la classe (cl1) et 33,8 °C dans la classe (cl6), voir figure 11 Juin. Les températures d'ambiances dans la salle de classe (cl7) orientée Est et Ouest sont presque les mêmes que ceux des classes 1 et 6, mais, avec la pénétration des rayons intenses de l'après midi, elles augmentent pour donner un maximum de température 36,6°C à 16 heure.

La (figure-11, Juin), montre que pour la période 10h-18h les courbes de température de l'air extérieure mesurées (mesure in situ). Ce qui explique l'impact de grandes baies vitrées non protégées et exposées aux radiations solaires intenses et l'effet radiatif du simple vitrage. Ces résultats sont conformes à ceux de GIVONI, B. (1998) [3], et CHAPMAN, S. (2004) [14].

Après analyse et comparaison, la majorité des résultats de la simulation sont similaires à ceux des résultats obtenus par investigation (mesure in situ). Seulement les températures simulées sont relativement inférieures en hiver par rapport à celles mesurées (figure 11et 12, Décembre). L'écart entre les températures simulées et les températures mesurées varie entre 2,01°C pour la classe (cl7) à 2.41°C pour la classe (cl1). Ceci est dû aux infiltrations de l'air à travers le cadre en bois qui ont été prises égales à 2 volumes d'air par heure lors de la simulation et au microclimat où se situe l'école.

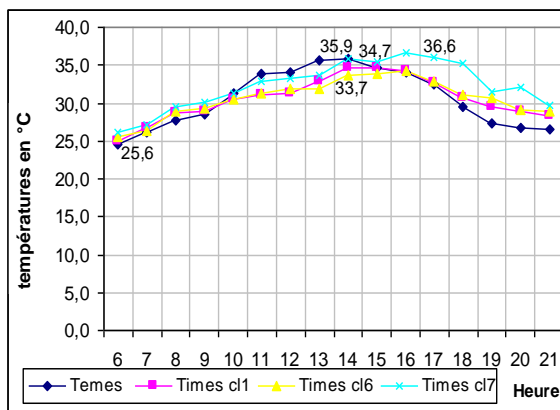
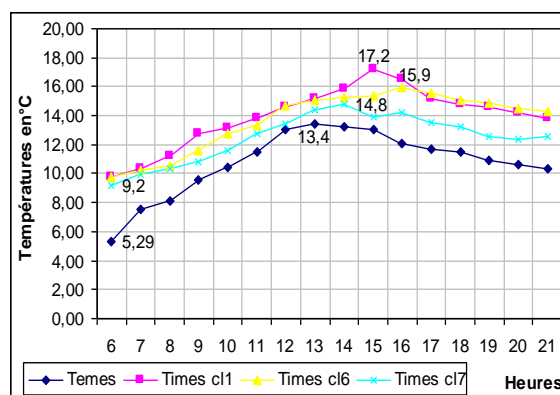
Tout, comme en l'hiver, en été les températures intérieures simulées sont plus basses que les températures mesurées.

. Orientée à l'Est et à l'Ouest, la classe (cl7) est la plus chaude avec un maximum de température de 36,21 °C à 18h avec une différence de 1,6 °C par rapport à la classe cl1et cl6, provoquée par les gains de chaleur directes à

travers un simple vitrage non occulté et les gains internes des occupants (Figure 12, Juin).

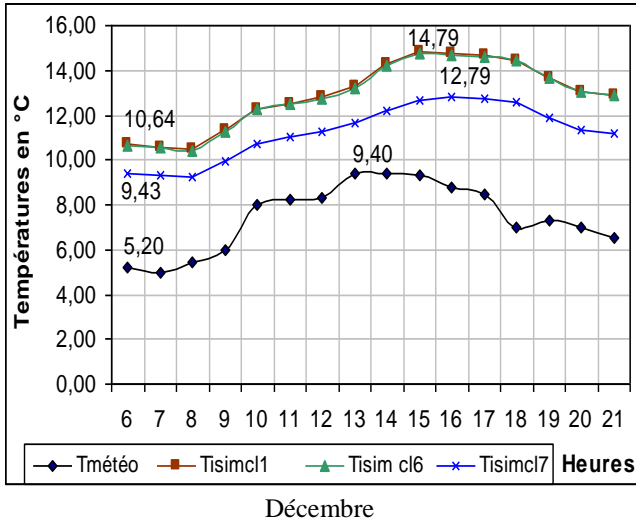
Les courbes de la figure 13 indiquent une différence entre les températures intérieures simulées et les températures intérieures mesurées entre 0,39 °C et 0,72 °C. Ce-ci affirme que les températures intérieures dans des salles de classe, où le pourcentage d'ouvertures est très important, sont gouvernées par la variation diurne de la température extérieure. En été, les températures extérieures mesurées sont plus élevées que les températures météo du à la présence d'une grande courbe nue, bitumée et exposée au soleil toute la journée. Le logiciel TRNSYS ne prend pas en considération les masques environnementaux, par conséquent, les températures intérieures simulées sont moins élevées que les températures mesurées.

La simulation de l'effet de l'orientation avec un pas de 30° (Figure 14) confirme que les orientations Sud et Sud +30° OU -30° répondent aux exigences de confort aussi bien en été qu'en hiver . Pour le climat de Constantine, où l'ensoleillement a une considération importante pour le confort de l'occupant, spécialement pour les salles de classe ou l'éclairage naturel et très recommandé, la protection solaire est un facteur qui affecte et modifie les effets de l'orientation. Les protections solaires ont pour objectifs de protéger du rayonnement solaire et de réduire l'apport d'énergie solaire, de réduire les déperditions thermiques vers l'extérieur, d'occulter et de réguler les apports lumineux, de protéger l'intimité. La vérification de l'efficacité des protections solaires fera l'objet d'un autre travail de recherche.

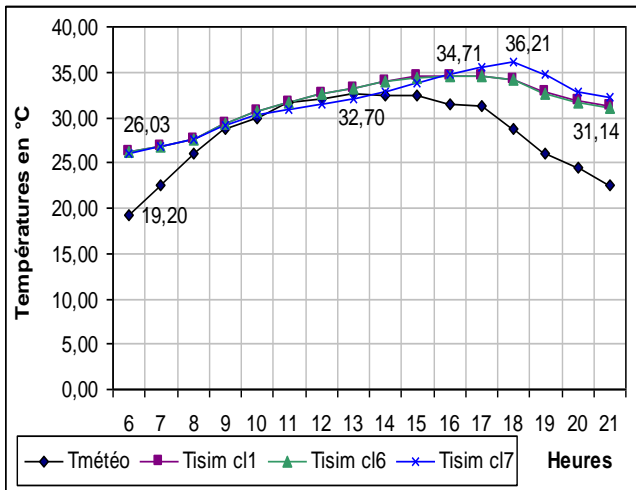


**L'IMPACT DE L'ORIENTATION DES PAROIS TRANSPARENTES
SUR LE CONFORT THERMIQUE DANS UNE SALLE DE CLASSE A CONSTANTINE**

Figure 11 : Comparaison de la variation des températures mesurées des classes 1,6 et 7 pour les deux périodes
Source : auteur (2006)

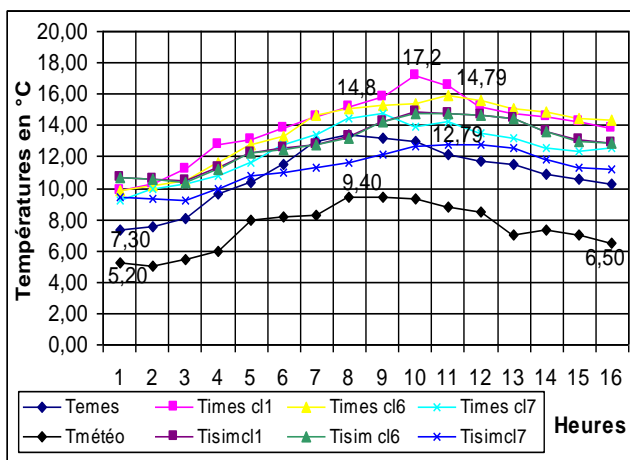


Décembre

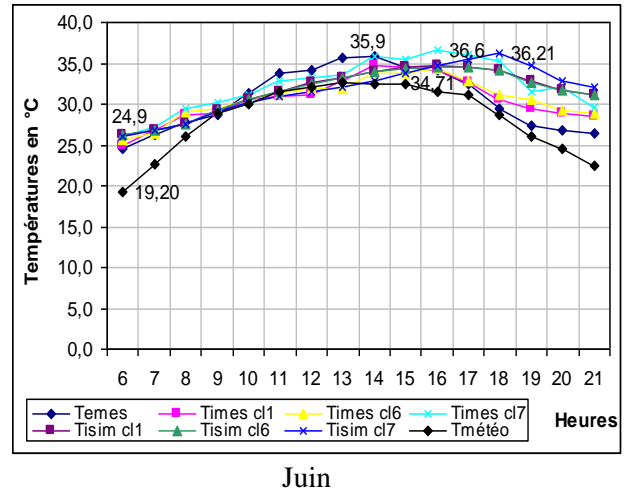


Juin

Figure 12 : Comparaison de la variation des températures simulées des classes 1,6 et 7 pour les deux périodes
Source : auteur

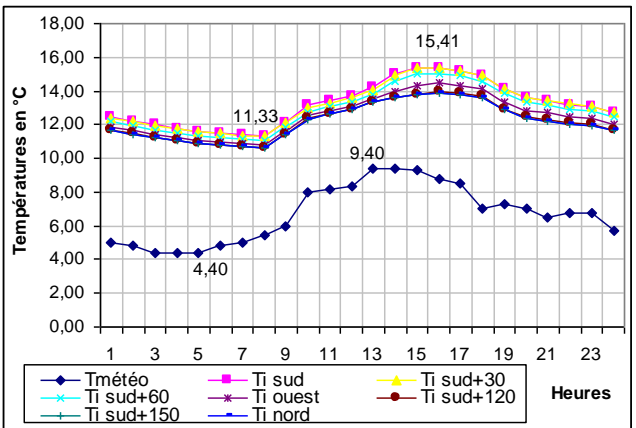


Décembre

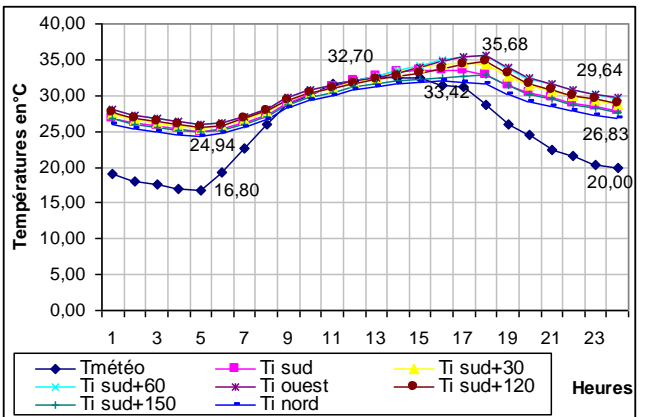


Juin

Figure 13 : Comparaison de la variation des températures simulées et mesurées des classes 1,6 et 7 pour les deux périodes
Source : auteur



Décembre



Juin

Figure 14 : Effet de l'orientation sur la variation des températures intérieures simulées avec un pas de 30°
Source : auteur

CONCLUSION

L'effet de l'orientation des baies vitrées dans les climats semi-arides a fait l'objet de plusieurs recherches dans le secteur résidentiel qui favorisent tous l'orientation Sud parce qu'elle est facile à protéger et l'orientation Nord avec un minimum de pourcentage d'ouvertures. Dans les équipements tertiaires, particulièrement les bâtiments scolaires, les effets de l'orientation sont conditionnés par la demande en éclairage naturel, la ventilation naturelle et l'efficacité des protections solaires.

Les résultats du présent travail montrent, que la température intérieure d'une salle de classe dont les ouvertures ne présentent aucune occultation, est gouvernée par le rayonnement entrant par une surface vitrée importante ainsi que le rayonnement absorbé par toute la paroi. En hiver le profil de la demande thermique d'une salle de classe, dont les baies sont en simple vitrage non protégé avec un % de vitrage très important, par rapport à la surface des façades (56% au Sud et à l'Ouest et 40% au Nord et à l'Est), est en coïncidence avec le profil de l'apport solaire et avec le taux d'occupation très élevé de 40 élèves, soit 3000 w/h. En été les classes et leurs occupants sont très sensibles à un risque de surchauffe très élevé (36, 6°C) pour les classes orientées vers l'Ouest et l'Est et 35,9°C pour les classes orientées vers LE Sud et le Nord. Ce résultat s'approche aussi de ceux de nombreux chercheurs qui reconnaissent que le confort intérieur est gouverné par l'orientation des baies non occultées et les protections solaires sont efficacement recommandées ; [20] et [21]. Les orientations Nord-Sud sont intéressantes si le Sud est bien traité sur le plan des protections solaires. De gros progrès ont été réalisés sur le plan technique pour optimiser les échanges énergétiques en façade. La vérification de l'efficacité des protections solaires fera l'objet d'un autre travail de recherche .

REFERENCES

- [1]-Moujalled, Bassam –Cantin Richard – GuarracinoGerard – (2006): Contraintes du confort d'été lors de la réhabilitation d'un lycée Climamed 2006. Ecole Nationale des travaux Publics de l'Etat. Département Génie Civil et Bâtiment – URA CNRS 1652. Laboratoire des Sciences de l'Habitat (LASH).p: 2
- [2]- Langdon, F. J. et Loudon, A. G (1970): Discomfort in schools from overheating in summer .Journal of the institution of heating and ventilating engineer, v 37 p 265-274
- [3] - Yannas, Simos (1994): Climat responsive design portfolios .Design of educational buildings. Primer. Environment and energy studies programme. Architectural Association Graduate School, London. p: 48
- [4] - Givoni, B.(1998): Climate consideration in building and urban design. John Wiley and sons, INC p: 64
- [5] - Bouchahm, G. (1987) : Passive design for schools in the Constantine region of Algeria.Masters Degree in architecture,Masckintosh School of Architecture Glasgow University.
- [6]-TRNSYS 1997 : Transient Simulation Program, Solar Energy Laboratory, University of Wisconsin, Madison USA
- [7]- Station météo Ain El Bey (1990-2002) : Données climatiques relevées auprès de la station météorologique de Ain El Bey Constantine 1990-2004.
- [8]- Capderou Michel (1985) : Atlas solaire de l'Algérie Tome 2, Aspect énergétique, Office des publications universitaires 1985 ,p 60 .
- [9]- Givoni, B 1998 : Climate consideration in building and urban design. John Wiley and Sons, INC.p36-45
- [10]- Szokolay, S. (1986-1987) : Climat annalsis based on the psychrometric chart.Ambient Energy Vol 7 p 171-181
- [11]- SQUARE ONE (2003): "Confort human response" Square ONE research PTY LTD /http:// www.squ1.com.
- [12]- Arens, E., Gonzalez, R., and Berglund, L. (1986): Thermal Comfort under an Extended Range of Environmental Conditions, ASHRAE Transactions 92 (1).
- [13]- Lyons, P.R.A., Arasteh D. and Huizenga, C. (1999): Window Performance for Human Thermal Comfort . ASHRAE Transactions 73 (2), 4.0 – 4.20.
- [14]- Kirby, S. Chapman, Jeet Sengupta (2004): Window Performance for Human Thermal Comfort National Gas Machinery Laboratory Kansas State University. Final Project Report Research Project 1162 Prepared for :The American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers p 04
- [15]- Sengupta, J, Chapman, K.S. and Keshavarz, A. (2005) : Window Performance for Human Thermal Comfort". ASHRAE Transactions, 111 (1).
- [16] - Olesen, B.W. Parsons, K. C. (2002): Introduction to thermal comfort standards and to the proposed new version of EN ISO 7730". Energy and Buildings, Volume 34,Issue 6.in Window performance for human thermal comfort. Final report to the national fenestration rating council . p: 06
- [17]- Huizenga ,C. , Mattelaer, H.Z.P.,Tiefeng, Yu ,Arens, E.(2006) :Window performance for human thermal comfort. Final report to the national fenestration rating council . p-06

**L'IMPACT DE L'ORIENTATION DES PAROIS TRANSPARENTES
SUR LE CONFORT THERMIQUE DANS UNE SALLE DE CLASSE A CONSTANTINE**

[18]- Architecture et Climat – UCL (2004) : Conception énergétique d'un bâtiment tertiaire. Les cahiers des charges Energie +. Ministère de la Région Wallonne DGTRE Place du Levant, 1 Direction Générale des Technologies, p-20.

[19]- Rouag Djamila 2001: Sunlight problems within new primary school classroom in Constantine. Thèse de doctorat .Université Mentouri Constantine 2001.pp:199

[20]- Givoni, B 1978 : L'homme, l'architecture et le climat, traduction de J, L, Izard, Edition du Moniteur ,p :199-226.

[21]- Izard, Jean-Louis (1993): Architectures d'été. Construire pour le confort d'été. Aix en Provence. Edisud, pp : 101