

Influence des caractéristiques dynamiques de l'enveloppe d'un bâtiment sur le confort thermique au sud Algérien

N. Fezzioui¹, B. Droui^{1*}, M. Benyamine¹ et S. Larbi²

¹ Centre Universitaire de Béchar, BP 417, 08000 Béchar

² Département de Mécanique, Ecole nationale Polytechnique
10, Avenue Hassan Badi, El Harrach, Alger

(reçu le 8 Février 2008 – accepté le 30 Mars 2008)

Résumé - Le développement des villes du sud Algérien, a été fait à l'instar des villes du nord, marginalisant ainsi les caractéristiques climatiques très rudes de ces régions. De ce type d'habitat découle des problèmes d'intégration climatique qui implique une consommation considérable d'énergie pour assurer le confort thermique. L'objectif visé dans le cadre de ce travail est l'obtention d'un niveau de confort thermique avec une consommation énergétique réduite en étudiant l'influence de l'enveloppe du bâtiment sur sa demande énergétique. Pour cela, nous avons procédé à la description de différentes maisons de la région de sud, ce qui nous a permis de dégager certains logements représentatifs en point de vue des matériaux de construction, de la typologie du plan, et de la gestion du local. La simulation numérique du bâtiment est faite à l'aide du logiciel TRNSYS. Nous intéresserons davantage au confort en période de surchauffe (cinq mois), (une frigorie coûte beaucoup plus chère qu'une calorie). Nous avons essayé d'introduire des éléments d'amélioration de l'habitat étudié: augmentation d'inertie des murs extérieur, isolation des murs extérieurs, isolation de la toiture, et surface des fenêtres. Nous avons choisi deux situations présentant des conditions climatiques différentes, à savoir la ville de Béchar et la ville de Tamanrasset.

Abstract - The development of towns in southern Algeria, was like the northern cities, thus marginalizing the very harsh climatic characteristics of these regions. From this habitat type derived from the integration issues involving climate consume considerable energy for the thermal comfort. The objective in the context of this work is to obtain a level of thermal comfort with energy consumption reduced by studying the influence of the building envelope on its demand for energy. To do this we conducted a description of different houses in the region to the south, which has allowed us to identify some housing representative in the perspective of building materials, typology of the plan, and local management. The numerical simulation of the building is done using software TRNSYS. We focus more comfort in a period of overheating (five months) (a BTU costs a lot more expensive than calorie). We tried to introduce elements of home improvement studied: Increase of inertia exterior walls, insulation of exterior walls, roof insulation and window area We chose two situations with different climatic conditions namely City Bechar and the city of Tamanrasset.

Mots clés: Confort thermique - Performance - Charge énergétique – TRNSYS.

1. INTRODUCTION

L'Algérie, riche en gaz et en pétrole ne s'est intéressé sérieusement à la rationalisation de l'utilisation de l'énergie qu'à la fin des années 80. Le secteur résidentiel et tertiaire se trouve parmi les secteurs les plus énergétivores, avec une consommation de 46 % de l'énergie finale et de 28 % de l'énergie primaire [1].

Le sud Algérien, et vue l'aridité du climat, les bâtiments sont responsable de plus que 70 % de la consommation de l'électricité en période estivale, la solution consiste à installer une climatisation électrique dans chaque local pour assurer le confort estival [2].

Cependant, cette solution pose de nombreux problèmes, à la fois sur le plan de la qualité de l'ambiance (choc thermique peu agréable au passage entre l'intérieur et l'extérieur, contribution à la dégradation du microclimat: l'impact des fluides chlorofluorocarbones [CFC] dans les

* bdraoui@yahoo.com

climatiseurs sur la couche d'ozone), et de l'économie (une augmentation de la consommation énergétique).

Le développement des villes de Sud a été fait à l'instar des villes du Nord, marginalisant ainsi les caractéristiques climatiques très rudes de ces régions. Depuis de nombreuses années, suite à une crise due à une forte demande de logements, l'Etat se trouve victime de cette technologie qui ne reflète pas les aspirations socioculturelles du citoyen algérien et ne répond pas aux exigences climatiques et économiques de ces régions [3]: des bâtiments avec des orientations arbitraires, et des façades comprenant des baies vitrées n'importe comment, du choix inadapté de l'utilisation des matériaux de construction, de l'exposition des bâtiments aux contraintes solaires (non utilisation des brises soleil), la majorité des gens construisent leur propres maisons à leur manière, etc...

La première conséquence, production des bâtiments qui consomme le maximum d'énergie!

Pour réduire les besoins énergétiques, on peut jouer sur plusieurs paramètres, à savoir:

- Le bâtiment lui-même: l'implantation et l'orientation du bâtiment; son architecture: la distribution intérieure, présence des cours, véranda ou patio...; son enveloppe: choix des matériaux, fenêtre, type de vitrage, brises soleils, forme de toiture, hauteur...
- L'amélioration des performances et du rendement des équipements.
- Le recours à l'utilisation des énergies renouvelables.

Notre objectif consiste à chercher les moyens à assurer un niveau de confort thermique acceptable avec une consommation énergétique réduite en étudiant l'influence de l'enveloppe du bâtiment sur sa demande énergétique.

2. METHODOLOGIE

Une étude quantitative des performances thermiques et énergétiques du bâtiment de référence, ainsi que des différentes variantes améliorées, et pour cet effet, nous avons procédé à la description des différentes maisons de la région sud, ce qui nous a permis de dégager certains logements représentatifs au point de vue des matériaux de construction, de la typologie du plan, de la manière d'habiter et de la gestion du local. Cette étude quantitative est basée sur la simulation numérique du bâtiment à l'aide du logiciel TRNSYS [4] pour la saison chaude (de Mai à Septembre) avec un pas de temps de 1 heure. En entrée du logiciel, nous avons introduit la description géométrique et thermophysique ([14-16], [7]) du logement, d'après des plans réels sélectionnés comme étant typiques de la catégorie de logement visé. Nous avons également utilisé les données météorologiques relatives à la ville de Béchar et de la ville de Tamanrasset.

3. ANALYSE BIOCLIMATIQUE

L'analyse de la distribution mensuelle de la température et de l'humidité relative de la ville de Béchar indique que la majeure partie de l'année se situe en dehors de la zone de confort (diagramme bioclimatique de la région), mis à part une partie des mois de Septembre, Octobre, Mars, Avril et Mai.

Une autre zone englobe les mois de Novembre à Janvier. Durant cette période, le bâtiment exige un chauffage pour assurer le confort des occupants.

La troisième zone présente une période de surchauffe. Elle est composée des mois de Mai à Septembre. La masse thermique et la ventilation naturelle peuvent assurer un niveau de confort acceptable, pour une bonne partie des mois de Mai et de Septembre, pour les autres mois les techniques du confort potentiel s'avèrent incapable d'assurer le bien être des occupants, particulièrement l'après-midi. Le faible taux d'humidité handicape l'utilisation de ces techniques. Donc on a souvent recours à l'utilisation des systèmes de refroidissement.

Bien qu'étant situé en plein Sahara, le climat de Tamanrasset est modifié par son altitude et bénéficie donc de températures moins élevées que les régions voisines. Les températures d'hiver

sont voisines de celles du reste du Sahara, alors que les maxima d'été sont inférieurs (35 °C). En hiver, malgré les nuits glaciales, les journées sont douces: de Novembre à Février, la température s'élève à 20 - 30 °C dans la journée, mais les nuits sont fraîches (5 à 10 °C), sinon froides (-5 °C). En octobre et en Mars, il fait un peu plus chaud, jusqu'à 35 °C le jour et 8 - 10 °C la nuit, Avril et Mai sont plus chauds (25 à 40 °C la journée et 15 à 20°C la nuit).

4. LOGEMENT D'ETUDE ET VARIANTES AMELIOREES

4.1 Description du logement

Nous avons choisi une construction typique la plus répandue dans la région.

La maison étudiée est une structure multi zones de 121,5 m² (Fig. 1), la modélisation sous TRNSYS a conduit à définir six (06) zones thermiques.

Les murs extérieurs sont des parois doubles en parpaing creux (10 cm) avec une lame d'air (2,5 cm) avec enduit en plâtre à la surface intérieure et enduit mortier à la surface extérieure. La toiture est un corps creux en ciment (16 cm), avec enduit plâtre à l'intérieur, enduit ciment (2 cm) et couche de béton (4 cm) à l'extérieur. Le plancher bas sur terre plein est une dalle en béton avec carrelage (2 cm). Le vitrage est simple d'une épaisseur de 4 mm, d'une conductance hors résistances superficielles égale à 5 W/m²K et de facteur solaire égal à 0.85 avec un cadre en bois.

4.2 Apports internes

4.2.1 Stratégie d'occupation

Nous avons supposé que notre maison abrite six (06) personnes (la moyenne rencontrée dans la région). Le niveau d'activité métabolique est de 1,5 met de 08 h à 23 h, et de 1 met de 23 h à 08 h. En ce qui concerne la résistance thermique des vêtements, elle est égale à 0,5 clo (tenue d'été), et une vitesse relative d'air égale à 0.1 m/s.

Deux scénarii d'occupation ont été définis correspondant à la semaine et au week end, la puissance dissipée par les personnes est estimée à 120 W [5]. On remarque le groupement des membres de la famille dans une seule pièce, l'après midi et le soir.

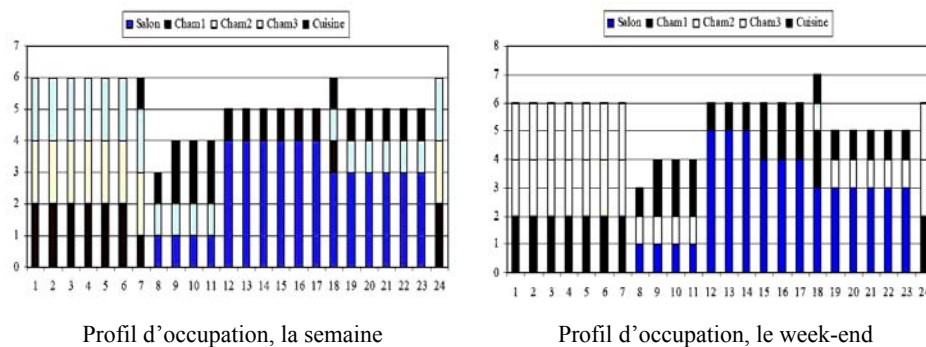


Fig. 1: Scénarii d'occupation des différentes zones

4.2.2 Appareils électroménagers

Ils sont à la fois, liés à la présence et à l'activité humaines.

Tableau 1: Puissances dégagées par les appareils électroménagers

| Appareil | Zone | Temps d'utilisation | Puissance (W) |
|-------------------|---------------------|---------------------|---------------|
| Réfrigérateur | Cuisine | 24/24 | 70 |
| Téléviseur | Salon, Cham1, Cham2 | en occupation 12à22 | 150 |
| Appareils Cuisson | Cuisine | En occupation | 200 |
| Ordinateurs | Cham3 | 09 à 12 et de 18-22 | 100 |

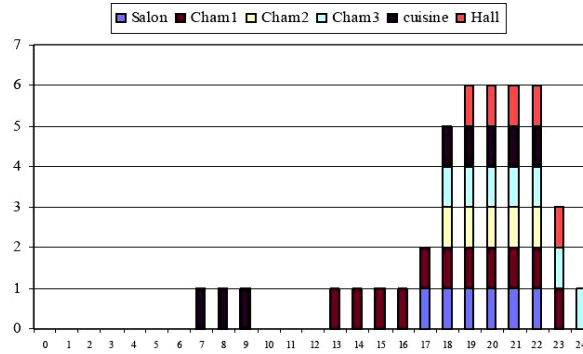


Fig. 2: Scénarii d'éclairage des différentes zones
(Eclairage artificiel 10 W/m²)

4.2.3 Renouvellement de l'air

Le taux de renouvellement de l'air est considéré égal à 2 volumes/heure, on a supposé que les occupants ouvrent les fenêtres les matins, et les soirs après 18 h.

Afin d'assurer d'une part le confort dans la cuisine, et d'autre part améliorer la qualité d'air intérieur dans la cuisine, on a placé un ventilateur de 0,31 v/h (la cuisine contribue à hauteur de 20 % des apports internes) [6].

4.2.4 Equipements

Nous considérons l'utilisation des climatiseurs électriques avec une température de consigne égale à 26 °C en saison chaude [7]. Le scénarii de climatisation est donné comme suit:

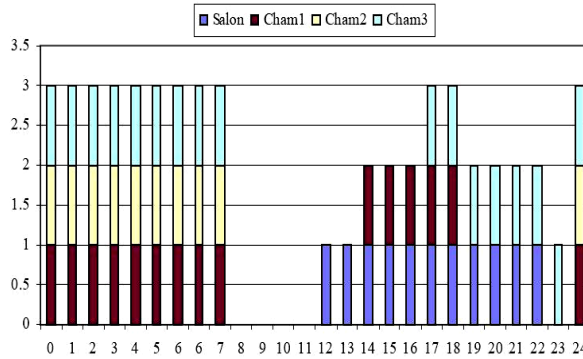


Fig. 3. Scénarii de climatisation des différentes zones

L'outil de simulation utilisé pour cette étude est le logiciel TRNSYS 'TRaNsient System Simulation' est un environnement de simulation dédié au calcul des performances thermiques des bâtiments multizones et de leurs équipements, ainsi que des systèmes thermiques en général. TRNSYS possède une architecture modulaire: de nouveaux composants peuvent facilement être ajoutés et des problèmes de simulation dans des domaines complètement différents peuvent être traités en utilisant uniquement la partie 'solveur' de TRNSYS.

4.3 Paramètres étudiés

4.3.1 Compositions des parois

L'enveloppe du bâtiment joue un rôle de séparation thermique entre l'ambiance intérieure et extérieure, elle intervient comme stockage de la chaleur dans le bâtiment et comme distributeur de

cette dernière à l'air intérieur et extérieure [11-13], nous proposons d'étudier en détails le comportement thermique de paroi mono ou multicouches de différentes compositions, afin d'identifier celles qui permettent la plus grande économie d'énergie dans le cas de conditionnement d'air pour le contexte Saharien.

Pour les parois opaques, nous considérons les variantes les plus utilisées dans le secteur de construction des bâtiments au Sud Algérien. Nous retenons des types de toitures et de murs (interne et externe) de différentes inerties et de différents niveaux d'isolation, la composition de ces parois est donnée dans le tableau suivant:

Tableau 2: Composition des murs et de toiture

| Paroi | | Constitutions (de l'intérieur vers l'extérieur) |
|---------------------|----|---|
| Groupe A | A1 | Enduit mortier (2cm), Parpaing plein (10cm), lame d'air (2.5cm), parpaing plein (10cm), enduit mortier (2cm) |
| | A2 | Enduit plâtre (2cm), Parpaing plein (10cm), lame d'air (2.5cm), parpaing plein (10cm), enduit mortier (2cm) |
| | A3 | Enduit mortier (2cm), Parpaing plein (25cm), enduit mortier (2cm) |
| | A4 | Enduit plâtre (2 cm), Parpaing plein (25 cm), enduit mortier (2 cm) |
| Groupe B | B1 | Enduit mortier (2cm), Parpaing creux (10cm), lame d'air (2.5cm), parpaing creux (10cm), enduit mortier (2cm) |
| | B2 | Enduit plâtre (2cm), Parpaing creux (10cm), lame d'air (2.5cm), parpaing creux (10cm), enduit mortier (2cm) |
| | B3 | Enduit mortier (2cm), Parpaing creux (25cm), enduit mortier (2cm) |
| | B4 | Enduit plâtre (2cm), Parpaing creux (25cm), enduit mortier (2cm) |
| Groupe C | C1 | Enduit mortier (2cm), Brique creuse (10cm), lame d'air (2.5cm), brique creuse (10cm), enduit mortier (2cm) |
| | C2 | Enduit plâtre (2cm), brique creuse (10cm), lame d'air (2.5cm), brique creuse (10cm), enduit mortier (2cm) |
| | C3 | Enduit mortier (2cm), brique creuse (25cm), enduit mortier (2cm) |
| | C4 | Enduit plâtre (2cm), brique creuse (25cm), enduit mortier (2cm) |
| Groupe D | D1 | Enduit plâtre (2cm), pierre calcaire (40cm) |
| | D2 | Enduit plâtre (2 cm), Adobe (30cm), enduit mortier (2cm) |
| | D5 | Enduit plâtre (2cm), Adobe2 (30cm), enduit mortier |
| | D8 | Enduit plâtre (2cm), pierre lourde (40cm) |
| Groupe I | I1 | Mortier ciment (2cm), brique creuse (10cm), polystyrène (4cm), brique creuse (10cm), mortier ciment (2cm) |
| | I2 | Mortier ciment (2cm), brique plâtrière (6.5cm), lame d'air (4cm), brique creuse (15cm), mortier ciment |
| | I4 | Mortier ciment (2cm), brique plâtrière (6.5cm), polystyrène (4cm), brique creuse (15cm), mortier ciment (2cm) |
| | I5 | Mortier ciment (2cm), béton lourd (15cm), mortier ciment (2cm) |
| | I7 | Béton lourd (15cm) |
| Groupe G Toiture | G1 | Enduit plâtre (2cm), hourdi (15cm), béton à granulats fins (10cm), mortier de ciment (0.5cm) |
| | G2 | Faux plafond (2.5cm), lame d'air (4cm), hourdi (15cm), béton à granulats fins (4cm), mortier ciment (0.5cm) |
| | G3 | Faux plafond en bois (2.5cm), lame d'air (4cm), hourdi (15cm), béton à granulats fins (4cm), mortier ciment (0.5cm) |
| | G5 | Enduit plâtre (2cm), corps creux de terre cuite (16cm), béton (5cm), polystyrène (5cm), béton à granulats fins (10cm), mortier ciment (5cm) |
| Groupe K | K1 | Enduit plâtre (2cm), parpaing plein (10cm), enduit plâtre (2cm) |
| | K2 | Enduit ciment (2cm) parpaing creux (10cm), mortier ciment (2cm) |
| | K3 | Enduit plâtre (2cm), parpaing creux (10cm), enduit plâtre (2cm) |
| | K4 | Enduit ciment (2cm), parpaing creux (10cm), enduit ciment (2cm) |
| | K5 | Enduit ciment (2cm), brique creuse (10cm), enduit ciment (2cm) |
| | K6 | Enduit plâtre (2cm), brique creuse (10cm), enduit plâtre (2cm) |

| | | |
|----------|----|--|
| Groupe E | E2 | Enduit plâtre (2cm), brique creuse (10cm), lame d'air (3cm), brique creuse (10cm), enduit ciment |
| | E3 | Enduit plâtre(2cm), brique creuse (10cm), lame d'air (5cm), brique creuse (10cm), enduit ciment |
| | E4 | Enduit plâtre(2cm), brique creuse (10cm), lame d'air (10cm), brique creuse (10cm), enduit ciment |
| Groupe F | F1 | $\alpha = 0,3$ |
| | F4 | $\alpha = 0,6$ |
| | F6 | $\alpha = 0,7$ |

4.3.2 Surface des fenêtres

La fenêtre contribue dans le bilan énergétique, elle dépend de nombreux facteurs, tels que le climat local, l'orientation, le cadre (châssis + intercalaire), la surface relative (fenêtre plancher), la performance des occultations nocturnes et solaires [13]. Dans ce cas, on se focalise sur la surface de la fenêtre.

Tableau 4: Surfaces des fenêtres

| | Surface |
|----|-----------------------|
| N1 | $S = 1,2 \text{ m}^2$ |
| N2 | $S = 1,5 \text{ m}^2$ |
| N3 | $S = 2 \text{ m}^2$ |

5. RESULTATS

Du point de vue topographique, l'habitation étudiée se trouve sur un site ouvert à tout vent et compte tenu du manque de masques naturels (absence de végétation), favorisant l'exposition des façades au rayonnement solaire. L'irradiation globale sur un plan vertical orienté vers le Sud, pour le mois de juillet est respectivement de 231889.56 W/m^2 pour Béchar et de 157419.70 W/m^2 pour Tamanrasset.

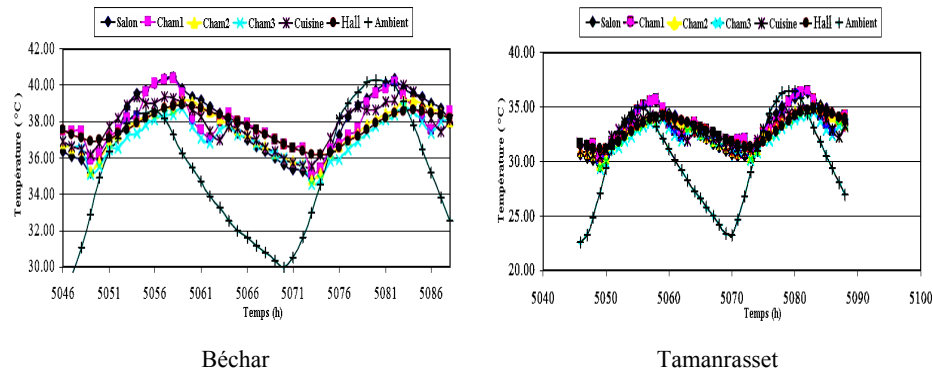


Fig. 4: Evolution de la température dans une maison typique sur 48 heures

La figure 4 exprime les allures de la température de chaque zone de la maison, ainsi que la température extérieure pour la maison de référence. On constate que l'allure de la courbe des températures suit celle de l'extérieur, mais la température intérieure nocturne est supérieure à celle de l'extérieur, cette différence est égale à $7 \text{ }^\circ\text{C}$ et des fois plus.

La température de l'air intérieur montre des variations pendant la journée qui sont liées aussi aux profils journaliers des gains internes prédéfinis.

On remarque les températures les plus élevées pour la cuisine de 3 °C jusqu'à 5 °C par rapport aux autres locaux non conditionnés.

5.1 Influence de la surface des fenêtres

Pendant la saison chaude, la fenêtre préserve de la surchauffe, donc un intérêt particulier doit être porté à ses dimensions et son système de protection [13].

Les résultats de la simulation sont présentés sur la figure 5. Les courbes de température intérieure sont confondues de 07 heures jusqu'à 19 heures. La courbe présentant la plus grande surface, connaît un abaissement de 0,1 °C durant la nuit, ceci explique l'ouverture des fenêtres, le soir. Ces résultats indiquent que le paramètre considéré n'a aucune influence sur l'abaissement des températures. De ce fait, on peut dire que l'effet de la protection des fenêtres est plus important que celui des dimensions.

Dans la perspective d'amélioration du confort d'été, il est possible de changer le type de vitrage notamment en prenant soin de choisir un faible facteur solaire afin de diminuer les gains solaires qui peuvent provoquer des surchauffes.

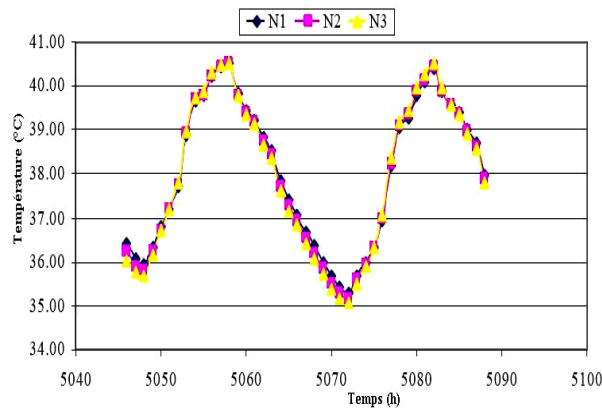


Fig. 5: Effet de surface de fenêtre sur la température intérieure du local

La protection solaire bien dimensionnée pour favoriser le confort estival sans nuire au confort d'hiver semble représenter un bon compromis. La protection solaire permet de limiter le gêne visuel dû à l'ensoleillement direct et à limiter les gains d'énergie directe lorsque l'énergie solaire est importante.

5.2 Effet de la composition des parois

L'influence thermique des propriétés thermophysiques des matériaux d'une paroi n'est pas le même suivant que le local est conditionné ou pas.

Nous comparons d'abord, dans la figure 6, les parois par rapport à la température ambiante intérieure qui régnerait en l'absence de tout moyen de climatisation.

Les températures sont très élevées pour le salon, pour le 15 et 16 Juillet, journées les plus chaudes de l'année, une pièce principale plus chaude orientée plein Sud et plein Est.

Les résultats montrent que la famille G donne des températures intérieures minimales, avec des faibles fluctuations de la température. On remarque des températures nocturnes les plus élevées la nuit. L'isolation thermique des parois a donné les bons résultats durant la journée. Les familles A, B et C ont donné des résultats similaires avec des différences de températures de

quelques degrés, en cas de présence d'une lame d'air. La famille D a donné des résultats assez bons, avec moins de fluctuation (forte inertie thermique).

Le béton lourd sans isolation a donné les températures nocturnes les plus faibles avec une très forte fluctuation de température.

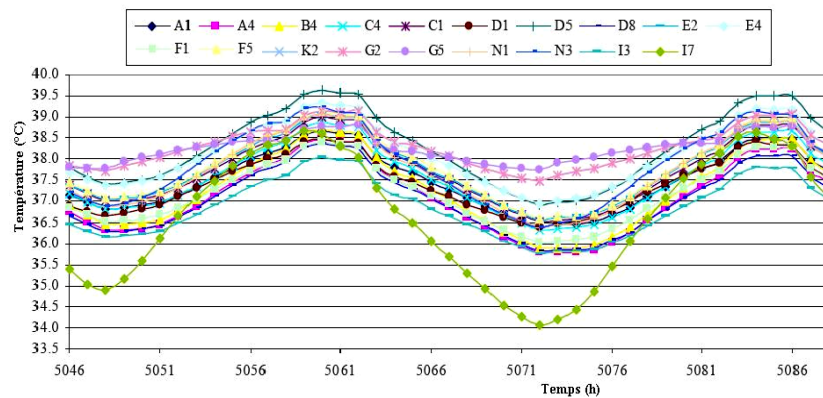


Fig. 6: Variation de la température pour les différents cas

Dans le tableau 9, nous avons effectué d'autres simulations permettant d'étudier les performances des parois en cas de conditionnement. Pour cette étude, une température de consigne est appliquée (soit 26 °C). Et pour mieux comprendre ce comportement thermique des parois, on a choisi deux situations au Sud algérien: Béchar (altitude de 784 m, à une latitude de 31°38'Nord et une longitude de 2°15') et Tamanrasset (altitude de 1378 m, à une latitude de 22°47'Nord et une longitude de 5°31').

La comparaison des besoins de refroidissement pour les différents paramètres étudiés, nous montrent que l'isolation de la toiture a donné les meilleurs résultats, un taux de réduction de l'ordre de 21.55 % pour une toiture avec un faux plafond en plâtre avec lame d'air, et 20.31 % pour un faux plafond en bois avec lame d'air. L'utilisation de polystyrène d'une épaisseur de 5 cm a donné un taux de réduction de 23 %. L'isolation des parois diminue la consommation de refroidissement avec un pourcentage de 2.5 à 3 %, ces valeurs sont plus faibles par rapport à l'isolation par toiture. Ceci peut s'expliquer par le taux élevé de l'irradiation totale sur un plan horizontal 816.333 kW/m² contre 231.889 kW/m² sur un plan vertical sud. L'isolation de la toiture pour la ville de Tamanrasset a entraîné des réductions similaires que celle de la ville de Béchar mais avec des valeurs différentes.

Les matériaux utilisés avec une capacité thermique élevée (pierre, brique de terre) dans un local conditionné ont donné des résultats faibles, on a remarqué une augmentation de consommation de refroidissement pour le cas D8 pour la ville de Béchar (diminution de 0.8 % pour la ville de Tamanrasset), ceci s'explique par l'effet des apports internes (occupants dans le salon 4 à 5 personnes) appareils, et éclairage), la forte inertie de ces parois empêche les gains internes, ce qui fait augmenter la température du local et donc augmenter les besoins de refroidissement. L'augmentation de la hauteur du bâtiment, qui est un facteur estimé dans ses régions surtout dans le passé où il n'y avait pas un recours aux moyens de climatisation, a donné de mauvais résultats pour un habitat conditionné, ceci s'explique par le facteur psychosociologique, les occupants utilisent les climatiseurs pendant la nuit (comme c'est cité en haut), quelque que soit la température extérieure. La hauteur du bâtiment participe à la création d'un puits de fraîcheur après ouverture des fenêtres le soir (après 19 heures), et fait diminuer l'écart de température entre le plafond très chaud et le sol [coupole].

L'orientation du bâtiment (Est - Ouest) augmente le besoin de refroidissement de l'ordre de 2 %. Cette orientation n'est jamais favorable, et elle conduit à des surchauffes en été. Les

ouvertures sur cette façade seront donc dimensionnées au plus juste pour satisfaire aux conditions de l'éclairage naturel.

En ce qui concerne l'isolation des cloisons intérieures, on remarque une réduction de 2,5 % par rapport au cas de référence pour le cas K4. Même en hiver, ce cas donne le même taux de réduction de besoins de chauffage: 14.215 kWh (cas K4) et 14.648 (référence), donc une réduction en besoins de chauffage de 3 % pendant l'hiver à une température de consigne de 18 °C pour la ville de Béchar.

L'utilisation des briques creuses avec lame d'air, briques de terre ont participé avec un taux de 2 à 3,5 % de réduction des besoins de refroidissement, tandis que les couleurs des parois directement atteintes par le soleil ont une influence très faible pendant l'été de l'ordre 05 %.

Table 7: Besoins en rafraîchissement pour les différents paramètres

| Type | Besoin de rafraîchissement annuel Béchar (kWh) | Taux de réduction (%) | Besoin de rafraîchissement annuel Tamanrasset (kWh) | Taux de réduction (%) |
|------|--|-----------------------|---|-----------------------|
| A1 | 30167.60 | 0.2 | 22366.94 | -0.5 |
| A2 | 29980.16 | 0.5 | 22252.26 | -0.6 |
| A3 | 32154.96 | -6.8 | 22670.06 | -1.7 |
| A4 | 31744.71 | -5.4 | 22483.26 | -0.57 |
| B1 | 30307.81 | -0.6 | 22464.54 | -0.7 |
| B2 | 30127.90 | - | 22354.81 | - |
| B3 | 31725.82 | -5.35 | 22366.45 | -0.1 |
| B4 | 32138.23 | -7 | 22555.64 | -1 |
| C1 | 29531.35 | 2 | 22310.41 | 0.3 |
| C2 | 29371.07 | 2.55 | 22193.83 | 1 |
| C3 | 29744.39 | 1.27 | 22278.58 | 0.6 |
| C4 | 29568.53 | 1.49 | 22158.91 | 1.4 |
| D1 | 29687.89 | 1.47 | 21853.30 | 1.3 |
| D2 | 29093.66 | 3.5 | 21942.69 | 2 |
| D6 | 29951.95 | 0.6 | 22036.15 | 1.5 |
| D7 | 29921.21 | 0.7 | 22007.22 | 1.7 |
| D8 | 31061.62 | - 3.1 | 22179.55 | 0.8 |
| E2 | 29975.10 | 0.50 | 22338.55 | 0.1 |
| E3 | 29588.16 | 1.8 | 22302.13 | 0.7 |
| E4 | 29199.95 | 3.1 | 22280.99 | 0.4 |
| F1 | 30116.79 | 0.04 | 22344.46 | 0.04 |
| F2 | 30120.59 | 0.03 | 22347.94 | 0.03 |
| F3 | 30122.86 | 0.025 | 22350.25 | 0.025 |
| F4 | 30123.97 | 0.013 | 22351.13 | 0.016 |
| F5 | 30126.13 | 0.058 | 22353.08 | 0.007 |
| K2 | 30132.99 | 0.1 | 22350.86 | 0.1 |
| K3 | 29641.81 | 1.7 | 22016.88 | 1.51 |
| K4 | 29454.44 | 2.3 | 21874.64 | 2.41 |
| G2 | 23640.56 | 21.55 | 17779.15 | 20.45 |
| G3 | 24011.04 | 20.31 | 18082.96 | 19.10 |
| G4 | 28883.38 | 5 | 21730.50 | 2.8 |
| G5 | 23213.78 | 23 | 17505.60 | 21.7 |
| M2 | 26291.97 | 12.88 | 18388.76 | 17.74 |
| M3 | 22625.70 | 25 | 14636.53 | 35 |
| M4 | 19163.10 | 36.4 | 11193.75 | 50 |
| N2 | 30405.20 | -1 | 22570.26 | -9 |
| N3 | 30852.76 | -2.5 | 22915.55 | -2.5 |
| I1 | 29194.18 | 3.1 | 22256.40 | 0.5 |
| I2 | 29267.29 | 2.9 | 22222.28 | 0.59 |
| I3 | 29367.83 | 2.6 | 22281.26 | 0.32 |
| I4 | 29114.87 | 3.5 | 22201.70 | 0.7 |
| I5 | 29132.93 | 3.35 | 22132.74 | 1 |
| I6 | 29089.34 | 3.5 | 22047.09 | 1.5 |

6. CONCLUSION

Pour conclure, nous dirons que le résultat de cette étude a mis en évidence les aspects qui ont impact sur le besoin de refroidissement dans le Sud algérien. D'un point de vue pratique, les résultats présentés dans cette étude montrent que le choix de l'enveloppe du bâtiment a une incidence notable sur la consommation d'énergie. Cependant, un mauvais choix peut coûter très cher au long terme vis-à-vis des dépenses énergétiques pour assurer le confort thermique à l'intérieur des logements. La mesure d'amélioration la plus justifiée économiquement est l'isolation de la toiture. L'isolation des murs est pertinente, mais pas trop rentable en cas d'un local conditionné, on a remarqué l'influence du facteur psychosociologique (ouverture des fenêtres, mise en marche des climatiseurs) sur ce dernier. L'augmentation des surfaces des fenêtres s'avère une solution non souhaitable pour le cas considéré, ainsi que la hauteur du bâtiment. Une ventilation nocturne peut présenter une solution qui remplace les climatiseurs pour les jours des mois de Mai à Juin, et Septembre où la température nocturne peut descendre au-dessous de la température extérieure.

REFERENCES

- [1] S. Nezzar and M. Gourdache, '*Etude des Performances Energétiques d'une Conception Bioclimatique en Région Aride*', World Energy Council, 1999.
- [2] Document, '*Données Sonelgaz*'.
- [3] N. Fezzioui, '*Modélisation de la Convection Forcée lors d'un Ecoulement d'Air Chaud à Travers un Cylindre Poreux en Vue de Stockage de la Chaleur Sensible dans l'Habitat*', Mémoire de Magister, Centre Universitaire de Béchar, 2003.
- [4] Document, '*TRNSYS Version 16, User Manual*', Solar Energy Laboratory, University of Wisconsin, Madison.
- [5] J. Malchaire, '*Travail à la Chaleur*', EMC-Toxicologie Pathologie, Vol. 1, pp. 96 – 116, 2004.
- [6] Document, '*ASHRAE, Fundamentals*', American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, 1997.
- [7] N. Ghrab, '*Analyse et Simulation du Comportement Thermique des Structures Architecturales vis-à-vis des Apports Solaires*', Thèse de Doctorat d'Etat, Faculté des Sciences de Tunis, 1991.
- [8] Document, '*ISO: International Standard 7730, Moderate Thermal Environments: Determination of PMV and PPV Indices and Specification of the Conditions for Thermal Comfort*', International Organisation for Standardisation, Geneva, 1994.
- [9] Document, '*ASHRAE 55-1981: Standard 55, Thermal Environment Conditions for Human Occupancy*', American Society of Heating Refrigeration and Air Conditioning Engineers, Atlanta, Georgia, USA, 1992.
- [10] C. Bouden and N. Ghrab, '*An Adaptive Thermal Comfort Model for the Tunisian Context : A Field Study Results*', Energy and Buildings, Vol. 37, N°9, pp. 952 – 963, 2005.
- [11] C.K. Cheung, R.J. Fuller and M.B. Luther, '*Energy Efficient Envelope Design for High Rise Apartments*', Energy and Building, Vol. 37, N°1, pp. 37 – 48, 2005.
- [12] V. Cheng, E. Ng and B. Givoni, '*Effect of Envelope Colour and Thermal Mass on Indoor Temperatures in Hot Humid Climate*', Solar Energy, Vol. N°4, pp. 528 – 534, 2004.
- [13] N. Safer, '*Modélisation des Façades de Type Double-Peau Equipées de Protections Solaires : Approches Multi-Echelles*', Thèse de Doctorat, INSA de Lyon, Centre de Thermique de Lyon, 2006.
- [14] R. Ben Habib, A. Ait-Mokhtar and F. Allard, '*Analyse Bioclimatique de l'Habitat Traditionnel des Régions Désertiques Nord Sahariennes*', Conférence Européenne, Performance Energétique et Qualité des Ambiances dans le Bâtiment, Lyon, Novembre 1994.
- [15] Document, '*Réglementation Thermique des Bâtiments d'Habitation- Règles de Calcul des Déperditions Calorifiques*', Fascicule 1, D.T.R. C3-2, CNERIB, 1998.
- [16] Document, '*Climatisation, Règles de Calcul des Apports Calorifiques des Bâtiments*', Fascicule 2, DTR C3-4, CNERIB, 1998.