

Etude de Sensibilité de Paramètres des Bâtiments Climatisés en Algérie

M.H.A.B. Larbi Youcef¹, F. Boukadoum¹, S. Larbi youcef¹, E. Fleury² et A. Bolher²

¹ Centre de Développement des Energies Renouvelables, B.P. 62, Bouzaréah, Alger, Algérie

² Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, 84, Avenue Jean Jaurès, B.P. 2F, 77421 Marne la Vallée Cedex 02, France

Résumé - Dans ce travail, on présente les résultats d'une étude de sensibilité de paramètres des bâtiments climatisés à usage d'habitation et ce en vue de proposer des solutions techniques dans le cadre d'une réglementation thermique en Algérie. A partir d'un cas de base représenté par un logement type déterminé suite à une analyse de la situation du bâtiment, une série de simulations ont été menées par combinaison de paramètres significatifs. Il est possible d'agir soit sur l'enveloppe du bâtiment, soit sur les équipements de chauffage et de climatisation.

En Algérie, il n'existe pas d'environnement normatif pour la détermination des rendements et des puissances des appareils de chauffage ou de climatisation. Ce qui enlève tout intérêt de procéder à une variation de ces paramètres relatifs aux équipements. Par contre, il est possible de se fixer avec une approche très réaliste le fait que l'appareil de chauffage le plus utilisé est le radiateur à gaz naturel avec un rendement de 0.80 et l'appareil de rafraîchissement est le climatiseur de fenêtre avec un rendement de 2. Ces valeurs apposées par le constructeur sont inspirées de normes étrangères (NF, BS, CE) vu que les appareils en question sont dans la majorité des cas importés. Le logement type retenu dans l'étude est donc pourvu de ces deux équipements dits conventionnels dans le contexte algérien.

Les paramètres les plus significatifs pour une étude de sensibilité en Algérie sont ceux relatifs à l'enveloppe du bâtiment où l'on constate une certaine diversité. Nous avons retenu pour ce travail ceux qui sont les plus utilisés : coefficients K de quatre types de murs, coefficients K de deux types de toitures, trois coefficients d'absorption des murs, trois types de gestion des protections solaires, et enfin coefficients K de deux fenêtres. La méthode utilisée est la simulation numérique par le code de calcul COMET qui est développé au CSTB et validé pour le contexte algérien par le CDER. Ce code est basé sur la génération d'un réseau R-C des principales variables du bâtiment. Il a été validé par le code TRNSYS et adapté ensuite à l'Algérie notamment en ce qui concerne la météorologie, les apports internes, les scénarios d'occupation, les protections solaires, l'utilisation de l'énergie.

Enfin, pour passer aux solutions techniques, il a fallu proposer une exigence réglementaire réaliste et susceptible d'être appliquée. Dans un premier temps, on se base sur la situation actuelle et tenter de donner les meilleures combinaisons possibles pour atteindre deux cibles : économies d'énergie et confort thermique pour les bâtiments à usage d'habitation dans les six zones climatiques du territoire algérien. En effet, il s'agit dans un premier temps de ne pas provoquer un bouleversement des habitudes actuelles mais plutôt d'adopter une démarche d'incitation et de sensibilisation des acteurs du secteur de la construction pour une application graduelle de la réglementation thermique. Les résultats présentés peuvent faire l'objet d'un document technique réglementaire type solutions techniques tels que prévu par la loi sur la maîtrise de l'énergie votée tout récemment. L'avantage d'un tel document, c'est la simplicité d'utilisation et surtout la mise en oeuvre assez rapide de cette démarche.

Mots clés: Réglementation thermique - Bâtiments climatisés - Sensibilité - Paramètres.

1. INTRODUCTION

La récente loi sur la maîtrise de l'énergie votée en 1999 en Algérie apporte de nouvelles perspectives d'application d'une réglementation thermique qui est en cours de mise en place. Auparavant, seules quelques études thermiques menées par des équipes de recherche tant sur le plan numérique que sur le plan expérimental pour validation de méthodes de calcul existaient. La situation actuelle provoquée par cette loi met les pouvoirs publics en position de demandeur pour toutes les démarches susceptibles d'aboutir à une rapide publication de documents d'application d'une réglementation thermique.

Seulement, la nature de cette application n'est pas encore bien définie puisque on ne sait pas encore, s'il s'agira d'appliquer des règles de calcul ou des solutions techniques simples. Toutefois, les deux possibilités existent au niveau des textes et c'est le ministère de l'habitat qui est chargé de procéder aux demandes. Actuellement deux documents techniques ont été réalisés sur commande du ministère de l'habitat l'un concernant le calcul des déperditions thermiques pour l'hiver ; l'autre sur une méthode de dimensionnement en climatisation artificielle. Le premier texte est largement inspiré des règles françaises dites règles Th. Le second est tout simplement une application de la méthode de Carrier pour l'Algérie.

Pour le second volet qui a trait aux solutions techniques, il n'y a pas à l'heure actuelle de travaux susceptibles d'apporter une réponse à l'attente des pouvoirs publics mis à part l'étude menée dans le cadre du projet de coopération entre le CDER d'Alger et le CSTB de Paris sur la réglementation thermique des bâtiments en

Algérie [1]. Ce projet a permis d'adapter au contexte algérien des méthodes et règles de calcul utilisés en France et en Europe. Les parties chauffage, climatisation naturelle et artificielle constituent les thèmes principaux du projet.

Dans cette étude, on se propose de donner des voies en vue du passage à la réglementation thermique des bâtiments climatisés à usage d'habitation. Le code COMETclim développé au CSTB et approuvé au niveau européen (comité européen de normalisation) constitue notre outil de travail. Il a été adapté et validé pour le contexte algérien par le CDER notamment pour les apports internes, les scénarios d'occupation, les systèmes d'énergie et leur tarification, et bien entendu la météorologie [2]. Par la suite, le travail de proposition de solutions techniques peut être mené en prenant en compte les études sur la partie hiver.

2. LE CODE COMETCLIM

Le code COMETclim est basé sur la génération d'un réseau R-C des principales variables et des données du bâtiment. Le schéma de ce réseau est indiqué en figure 1 avec :

- T_i température d'air intérieur,
- T_r température opérative,
- T_m température de masse équivalente,
- T_{ei} température d'air extérieur,
- T_{er} , T_{em} températures équivalentes air soleil pour les parois extérieures,
- R_{er} , R_{em} résistances thermiques correspondant aux échanges entre l'extérieur et l'intérieur par les parois,
- R_{ir} , R_{mr} résistances thermiques correspondant aux échanges internes entre l'air et les parois,
- C_m capacité thermique quotidienne équivalente,
- F_i flux dus aux apports internes et aux apports solaires directs (part convective),
- F_m , F_r flux dus aux apports solaires directs et aux apports internes (part radiative).

Les algorithmes de base sont les suivants :

$$F_m + (T_r - T_m) \frac{1}{R_{mr}} + (T_{em} - T_m) \frac{1}{R_{em}} = C_m \frac{dT_m}{dt}$$

$$F_r + (T_i - T_r) \frac{1}{R_{ir}} + (T_{er} - T_r) \frac{1}{R_{er}} + \frac{(T_m + T_r)}{R_{mr}} = 0$$

$$F_i + (T_r - T_i) \frac{1}{R_{ir}} + (T_{ei} - T_i) \frac{1}{R_{ei}} = 0$$

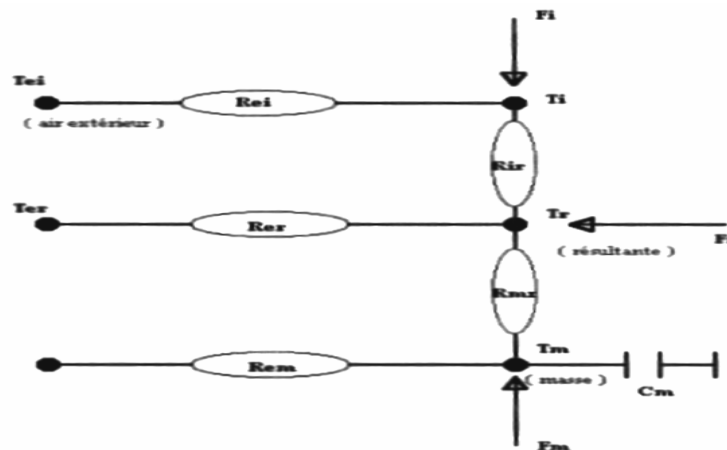


Fig. 1: Réseau R-C du code COMET

La résolution numérique de ces équations est décrite dans le rapport [3]. La validation de ce code a été effectuée à l'aide de TRNSYS sur un logement type dit cas de base [2].

3. DESCRIPTION DU CAS DE BASE

Le bâtiment étudié a été défini dans une précédente étude sur l'état de la situation actuelle dans le domaine de la construction en Algérie [1]. C'est un logement collectif du secteur résidentiel de type F3 de surface habitable égale à 70 m^2 et dont le volume est de 200 m^3 . Le schéma est reporté en figure 2. La constitution des parois du

bâtiment dépend de la région climatique dans laquelle il est implanté. On distingue quatre zones climatiques A, B, C, D et deux sous zones B' et D' [1]. Pour les régions du Nord (zone A, B, B' et C), et les régions sahariennes (D et D') les configurations sont les suivantes.

La toiture est constituée de 1 cm d'enduit plâtre, 12 cm de dalle en béton, 4 cm de polystyrène, 5 cm de forme de pente en béton, 1 cm de feutres bitumés, son coefficient $K = 0.76 \text{ W/m}^2\text{°C}$. La paroi verticale extérieure du logement régions Nord contient 1 cm enduit, 20 cm béton et 1 cm enduit plâtre, son coefficient K est de $K = 3.11 \text{ W/m}^2\text{°C}$. Les cloisons intérieures contiennent 1 cm de plâtre, 10 cm de brique de résistance $R_u = 0.20 \text{ m}^2\text{°C/W}$ et 1 cm de plâtre. La cloison cage et les autres cloisons intérieures contiennent 1 cm enduit plâtre, 12 cm béton et 1 cm enduit plâtre. Le plancher contient 2 cm carreaux de granito, 3 cm sable + mortier de pose, 10 cm béton et 1 cm enduit plâtre. La fenêtre a un coefficient $K = 5 \text{ W/m}^2\text{°C}$. Pour les régions du sud (zones D et D'), la toiture et le plancher restent les mêmes; par contre les murs extérieures et les cloisons sont constitués de 29 cm de béton de terre stabilisée dont le coefficient K est de $2.20 \text{ W/m}^2\text{°C}$.

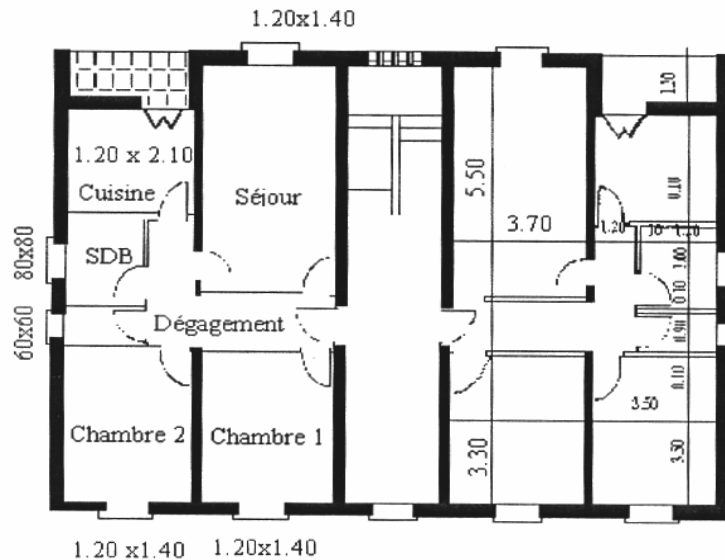


Fig. 2: Schéma du logement type. Cas de base

4. RESULTATS DES SIMULATIONS SUR LE CAS DE BASE

Le code COMET a été utilisé sur ce logement type avec deux configurations ; l'une pour le nord et l'autre pour les régions sahariennes qui se différencient par les parois verticales extérieures. Un scénario d'occupation et des apports internes dits conventionnels qui sont les plus proches des habitudes actuelles sont introduits en entrée. Les villes les plus représentatives de chaque zone climatique constituent les données climatiques dans lesquelles les rayonnement solaires ont été déterminées par TRNSYS. On présente les résultats dans le tableau 1 des températures maximum (été) et minimum (hiver) à l'extérieur et à l'intérieur du logement et les consommations de chauffage et de rafraîchissements annuels [4].

Tableau 1: Résultats synthétiques du cas de base par zone climatique

	TR max	TR min	Tex min	Tex max	Chauffage kWh	Climatisation kWh
Alger	27.2	17.5	33.4	-2.6	4311	2424
Constantine	27.3	17	35	-6.1	8822	2490
Chlef	27.6	17.4	37.5	-3.1	4498	5130
Djelfa	27.5	16.7	37	-8.2	10326	3314
Ghardaia	27.7	17.7	43	-4.1	1948	9581
Adrar	28	17.7	47.1	-3.1	1149	14903

Le bâtiment est équipé d'un système de chauffage de puissance 8 kW et de rendement 0.80 avec une consigne de 19 °C ; le climatiseur a une puissance de 8 kW, un rendement de 2 et une consigne de 26 °C.

Quelques remarques s'imposent déjà à la lecture de ces valeurs : les zones B (Constantine) et C (Djelfa) qui sont situées respectivement dans les régions de l'Atlas Tellien et des Hauts Plateaux nécessitent des mesures réglementaires pour l'hiver. Les zones D (Ghardaia) et D' (Adrar) situées dans le Sahara, imposent par contre une réglementation pour la saison d'été.

Pour les autres zones climatiques, un compromis peut être recherché pour que le bâtiment réponde aux exigences d'hiver et d'été. En tout état de cause, ces résultats constituent à notre sens l'état de la situation actuelle en Algérie du point de vue thermique des bâtiments climatisés à usage d'habitation. Toute construction nouvelle devrait au moins respecter ces valeurs qui constitueraient l'exigence réglementaire actuelle. Dans cette étude, on va analyser les comportements de ce bâtiment en variant les paramètres concernant l'enveloppe.

4. DEFINITION DES PARAMETRES DE L'ETUDE DE SENSIBILITE

En Algérie, les appareils de chauffage et de climatisation ne peuvent faire l'objet d'une analyse détaillée par une étude de sensibilité parce que l'environnement normatif actuel ne le prend pas en compte. On se limitera donc dans ce cas, à la définition des paramètres de l'enveloppe. Les plus significatifs d'entre eux sont :

- le coefficient K_m de transmission thermique des murs en W/mK,
- le coefficient K_T de transmission thermique des toitures en W/mK,
- le coefficient K_B de transmission thermique des baies en W/mK,
- l'indice IGPS de gestion des protections solaires,
- la couleur des murs,

Les valeurs sont calculées ou déterminées selon les pratiques actuelles en matière de construction de bâtiments en Algérie. On remarquera qu'il n'existe pas une grande variété pour chaque paramètre. La raison principale est que généralement on utilise les constructions à parois lourdes à cause de la sismicité du Nord de l'Algérie et de la recherche de l'inertie thermique pour les constructions en régions arides et sèches du Sahara. Il faut noter également que seules les toitures sont isolées et ce seulement dans certains programmes publics. Les valeurs recueillies selon nos recherches sont reportées ci-dessous.

4.1 Coefficient K de transmission thermique des murs extérieurs

Nous avons recensé quatre types de murs :

- le mur du cas de base en béton armé de 20 cm avec un enduit extérieur en ciment de 1cm et un enduit intérieur de 1 cm de plâtre ; la valeur du coefficient K est de 3.11 W/mK, - mur à double cloison en briques creuses à deux rangées d'alvéoles avec enduit extérieur en ciment et enduit intérieur en plâtre, le coefficient K est égal à 1.30 W/mK.

- murs en béton de terre stabilisé (BTS) ou de pierre ferme ou pierre tendre de 29 cm d'épaisseur avec un enduit de 1cm de plâtre à l'intérieur et 1cm de ciment à l'extérieur. Ce mur a été utilisé dans le cas de base pour les régions sud de l'Algérie et la valeur du coefficient K est donnée par $K = 2.20$ W/mK.

- mur en pierre calcaire ferme de 35 cm avec enduit plâtre et enduit ciment ; la valeur du coefficient K est de 2.83 W/m°C.

4.2 Calcul des coefficients K des toitures

On a recensé deux types de toitures : les toitures terrasse et les toitures avec ferme et couvertures en tuiles. La valeur du coefficient K de la toiture terrasse a été déterminée dans le cas de base et elle est égale à 0.76 W/mK. La valeur du coefficient K d'une toiture avec panne et ferme et dont le plancher est isolé par 4 cm de feutre de laine minérale est égale à 0.66 W/mK. Cette valeur est obtenue conformément aux règles Th K.

4.3 Valeur des coefficients K des baies vitrées

Nous avons considéré deux cas de baies de qualité moyenne avec un K de 3.5 W/mK et médiocres (cas très courant actuellement) dont le coefficient K est de 5 W/mK.

4.4 Valeurs de l'indice de gestion de protection solaire IGPS

Trois cas sont considérés : protection solaire absente IGPS = 0, protection solaire installée à moitié IGPS = 1, protection solaire entièrement installée IGPS = 2.

4.5 Couleurs des parois extérieures

Trois cas sont considérés pour ce paramètre représenté par le coefficient α d'absorption solaire : couleur claire $\alpha = 0.4$, couleur moyenne $\alpha = 0.6$, couleur sombre $\alpha = 0.8$.

5. RESULTATS DE L'ETUDE DE SENSIBILITE

L'ensemble des paramètres représente 144 cas par zone soit un total de 864 pour tout le territoire. Il est évident qu'il serait fastidieux de vouloir présenter toutes les configurations dans un travail synthétisé. Par conséquent, il était nécessaire d'affiner l'étude pour réduire le nombre de cas. L'examen des résultats a montré que dans tous les cas l'absence de protection solaire n'améliore pas les résultats du cas de base. Il est donc inutile d'afficher ce cas et de recommander que les logements soient munis de protections solaires. D'autre part, les murs en béton et en brique creuse ne peuvent être utilisés dans les régions sahariennes et les murs à forte inertie en BTS et en pierre calcaire ne peuvent l'être dans les régions nord et ce en raison du code de la construction en Algérie. Il faut tout de même noter que dans certaines constructions traditionnels qui sont généralement non contrôlées, ce code n'est pas respecté. Enfin, les toitures inclinées en tuiles ne sont pas utilisées dans les régions sahariennes. Toutes ces considérations nous permettent de réduire le nombre de cas à 48 pour les zones nord et 24 pour les zones sud.

L'hypothèse retenue dans cette étude est que les consommations de chauffage et de climatisation doivent être simultanément inférieures ou égales à celles du cas de base.

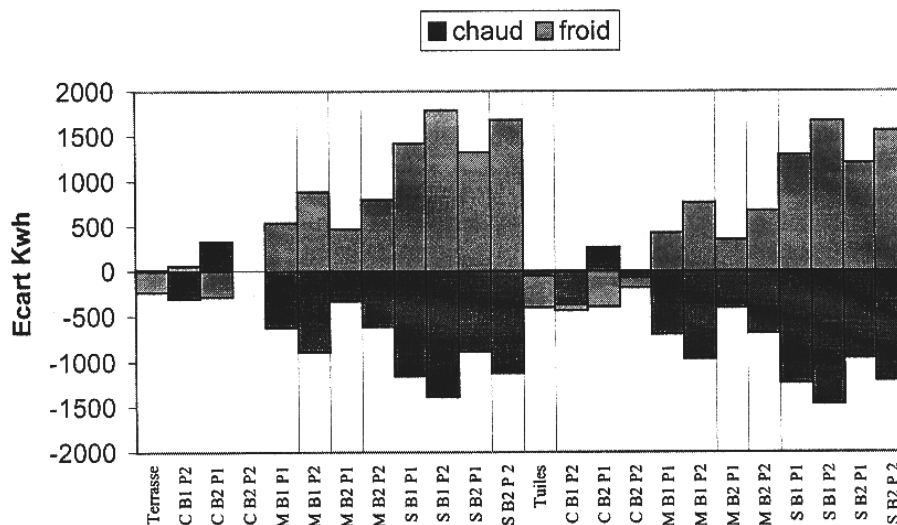


Fig. 3: Ecart annuel à Alger par rapport au cas de base des logements avec mur en béton
 C : couleur claire, M : couleur moyenne, S : sombre. B1 : baie avec $K = 3.5$,
 B2 : baie avec $K = 5$. P1 : protection solaire 1, P2 protection solaire 2.

L'analyse des résultats de la courbe 3 montre que les seuls logements qui respectent le niveau d'exigences réglementaires sont ceux dont les parois verticales sont claires. Pour la baie 2 ($K = 5 \text{ W/m}^2\text{C}$), il faut que la protection solaire à moitié disposée (désignée par P2). Lorsque la protection solaire est entièrement installée, elle est désignée par P1. Par contre, pour les logements avec mur en brique les gains simultanés en consommations d'énergie de chauffage et de climatisation sont importants par rapport à l'exigence proposée. En zone climatique B' (vallée du Chellif), toutes les variantes étudiées respectent l'exigence et naturellement ceci incite à recommander des constructions à parois verticales avec ce type de mur (Fig. 4).

Pour les autres zones du nord (zones A, B, et C), il n'y a que les logements avec mur en brique de couleur sombre qui ne respectent pas les limites imposées.

Pour les zones D et D', le constat est simple ; le cas de base avec mur en BTS de couleur claire constitue le meilleur compromis pour répondre aux exigences réglementaires proposées (Fig. 5). L'application de la réglementation thermique pour les zones sahariennes s'en trouve ainsi facilitée surtout si on ajoute à cela le nombre de constructions qui est moins important relativement aux régions du nord du fait de la faible densité de population.

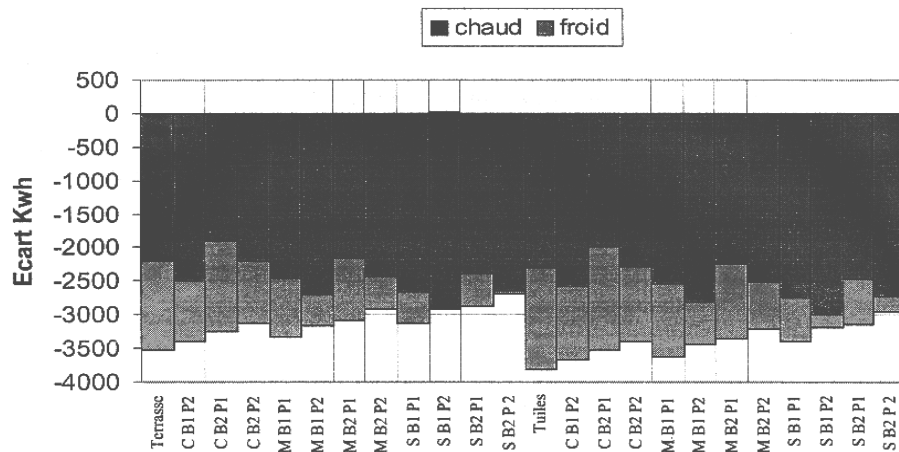


Fig. 4: Ecart par rapport au cas de base à Chleff pour les logements avec mur en brique

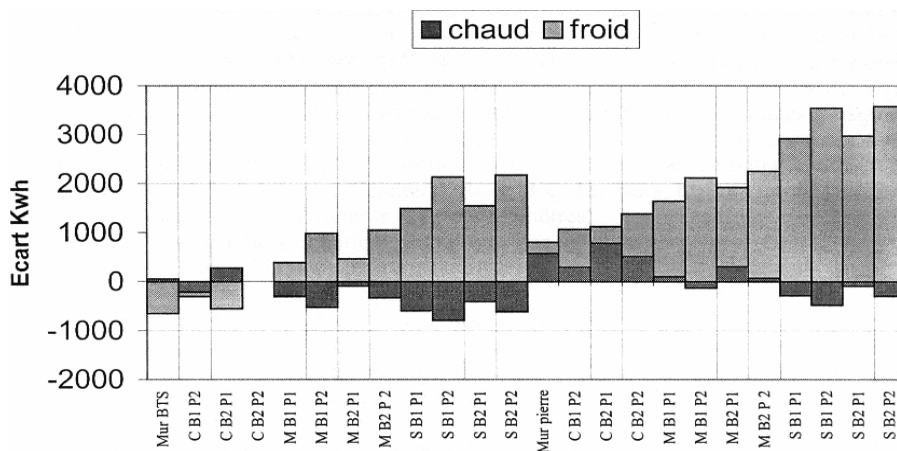


Fig. 5: Ecart par rapport au cas de base à Ghardaia pour les logements avec Murs en BTS et Pierre calcaire

6. CONCLUSION

L'examen des résultats exposés dans cette étude permet de dégager plusieurs enseignements sur les logements équipés de climatisation artificielle en Algérie. La mise en place d'une protection solaire pour chaque baie est indispensable dans toutes les régions du territoire. Il faut savoir que certains logements construits sur des programmes publics sont livrés sans protections solaires (persiennes, stores déroulant) faute de moyens financiers. D'autre part, mis à part la zone B' (vallée du Chellif), la couleur des murs extérieurs ne doit pas être sombre. Dans certaines régions sahariennes, notamment en zone D' (Tanezrouft) le code impose des couleurs sombres à cause de l'intensité du rayonnement lumineux réfléchi. C'est un impératif de santé des personnes vis à vis de leur organe sensoriel. A ce moment, il serait intéressant de poursuivre cette étude en recherchant une compensation aux apports solaires induits par ces parois verticales sombres notamment par une meilleure isolation ou protection des toitures en régions sahariennes.

Ce qui a été présenté dans cette étude n'est qu'une proposition réaliste pour une première application d'une future réglementation thermique des bâtiments climatisés en Algérie. Les bâtiments non climatisés feront l'objet d'une recherche ultérieurement. Enfin si les pouvoirs publics algériens réussissent dans cette première étape, il est possible à l'avenir de passer à une exigence réglementaire plus sévère notamment par une recherche sur l'isolation des parois verticales et l'installation de fenêtres plus performantes en PVC par exemple.

REFERENCES

- [1] MHAB Larbi Youcef et al., 'Les méthodes de mise en place d'une réglementation thermique des bâtiments', JITH, Marseille, 1997.
- [2] MHAB Larbi Youcef, 'Utilisation de TRNSYS et Validation du Code de Calcul, COMET des Bâtiments Climatisés en Algérie', Rapport Interne, CDER, Alger, 1998.
- [3] J.R. Millet, A. Bolher et P. O'Kelly, 'Etude Méthodologique pour le Calcul des Consommations d'Energie des Locaux Climatisés', Rapport CSTB, Paris, 1994.
- [4] MHAB Larbi Youcef, 'Détermination de la Situation Actuelle en Consommations Energétiques des Bâtiments Climatisés', Rapport Interne, CDER, Alger, 1997.