

Amélioration de la performance énergétique d'un bâtiment résidentiel (cas de la ville de Bechar)

Ibtissame BENOUDJAFER^{#1}, Imane BENOUDJAFER^{*2},

*#1*Department of architecture, University of BECHAR
BECHAR, ALGERIA

tissamo@yahoo.fr

*#1*Department of architecture, University of BECHAR
BECHAR, ALGERIA

imenousse@yahoo.fr

résumé- La maîtrise de l'énergie constitue un véritable enjeu pour les problèmes environnementaux, économiques et sociaux et le secteur résidentiel offre des possibilités importantes en vue de réduire la consommation énergétique. Nous intéressons plus particulièrement au contexte saharien où la consommation d'énergie est presque éternelle où aucune réglementation thermique ou énergétique n'est appliquée pour ce secteur. Pour ce faire, nous proposerons de faire des enquêtes sur le terrain et des questionnaires réalisés au cours de cette étude, nous permettent de mettre en évidence les défauts de la construction à Bechar et les besoins des occupants. Ces enquêtes nous amènent à comprendre la situation réelle et les problèmes sur terrain. En second lieu, après un diagnostic des cas existants, nous proposons une série de simulation des systèmes passifs pour un type d'habitation, en s'appuyant pour cette dernière sur les spécificités de fonctionnement et d'usage du bâtiment et de ses équipements de chauffage, d'eau chaude sanitaire et électroménagers. Elle est formée d'une phase d'analyse sur site et de mesures et d'une phase de calcul des consommations et du potentiel d'économie d'énergie. Nous montrons dans cette étude l'intérêt et les difficultés de la prise en compte la spécificité de la région à travers la littérature et des simulations numériques.

Mots clés : secteur résidentiel, la maîtrise d'énergie, les performances énergétiques, La consommation d'énergie.

I. INTRODUCTION

Maintenir à un niveau raisonnable reste un défi majeur dans le domaine de construction, un des secteurs clés pour réformer le modèle énergétique.

Le gisement d'économie d'énergie dans ce secteur est mieux l'exploiter, permet de diminuer la facture des ménagers, de gagner le confort et réduire les émissions en gaz à effet de serre.

Le secteur résidentiel est particulièrement sensible à la problématique de la réduction des consommations énergétiques.

Il est apparu essentiel d'améliorer la performance énergétique dont le secteur résidentiel.

La consommation dans le secteur de la construction est comprise entre 40% et 55% de la demande totale dans la ville du sud en Algérie [16].

Dans cette étude, on s'emploiera à améliorer la performance énergétique pour ce secteur, par des scénarios d'amélioration qui seront élaborés sur la base de programme de la performance énergétique cohérent et adaptés aux régions à climat chaud et sec, en générale et de la ville de Béchar, en particulier.

Il convient de souligner que l'Algérie a pris conscience de valoriser les ressources pour améliorer le cadre énergétique des constructions.

Citons la mise en application de la loi 99.09 relative à la maîtrise de l'énergie dans le secteur du bâtiment, et un décret exécutif n°2000-90 qui a pour objectif l'introduction de l'efficacité énergétique dans les bâtiments neufs à usage d'habitation et autres et dans les parties de constructions réalisées comme extension des bâtiments existants.

Afin d'amorcer une réglementation, on souligne ici trois

documents techniques réglementaires à l'usage des professionnels du bâtiment à savoir: DTR C 3-2 et DTR C 3-4 qui visent la limitation de la consommation énergétique relative au chauffage et la climatisation des locaux et DTR C-3.31 qui fournit les principes généraux qu'il y a lieu d'adopter lors de la conception des installations de ventilation naturelle.

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 (Larbi Youcef, 2001).

Cependant, l'absence d'appliquer la réglementation thermique aux logements construits, issue une situation d'inconfort des habitations et une augmentation des prix des factures d'électricité et des matériaux de construction.

Dans ce contexte, et plus largement le domaine de construction n'est soumis à aucune obligation en termes de confort thermique et de consommation énergétique.

A l'heure actuelle, Le secteur des bâtiments résidentiels en Algérie, a cherché tout développement d'une utilisation rationnelle de l'énergie vis-à-vis des ressources énergétiques (combustibles, électricité, etc.).

Ce secteur constitue un gisement potentiel important d'économie d'énergie, notamment par la rationalisation de l'utilisation de l'énergie finale, et plus particulièrement de l'électricité.

C'est dans ce contexte que s'insère notre étude.

Nous nous appuyons dans ce travail de recherche d'améliorer la performance énergétique du secteur résidentiel

Pour ce type de bâtiment, les simulations thermiques permettent d'une part d'identifier les voies d'amélioration et d'autre part de justifier l'opération pour la recherche de financement.

Dans le milieu de la recherche, cette démarche de réhabilitation passe actuellement par des techniques d'optimisation afin d'aider le concepteur dans la recherche et le choix de solutions [1].

Afin de réduire le nombre de simulations à réaliser, nous avons choisi d'étudier les systèmes passifs pour l'enveloppe.

Les résultats obtenus seront ensuite rassemblés dans le but d'évaluer les différentes combinaisons d'actions envisageables. La réalisation de ce dernier point nécessite de développer une méthode permettant de calculer la consommation d'électricité des appareils de climatisation directement à partir des besoins de refroidissement des bâtiments.

Dans la pratique, des simulations annuelles au pas de temps horaire sont réalisées afin d'obtenir une évaluation globale du bâtiment. L'indicateur classique d'estimation des performances énergétiques est le besoin d'énergie en kWh/m².an. [1]

Parmi ces systèmes étudiés, l'isolation peut se placer de diverses manières dans un mur : à l'extérieur, en sandwich ou à l'intérieur.

Pour ces trois cas, la valeur des transmittances des parois restent les mêmes et par conséquent les déperditions à travers l'enveloppe également.

Cependant, la position de l'isolant modifie l'inertie de la paroi : seule la masse située à l'intérieur de l'isolation contribue à une inertie utile pour le volume intérieur. [2]

Avant l'apparition ces matériaux isolants, la construction traditionnelle avait privilégié deux types de systèmes constructifs : la construction massive en pierre ou en brique (à forte inertie) et la construction légère en bois (à faible inertie).

Ces pourquoi nous avons choisie l'inertie comme un deuxième système.

Les propriétés thermiques des matériaux de construction ont une influence considérable sur le comportement énergétique du bâtiment que ce soit en termes d'inertie thermique ou de propriété isolante.

En effet, les propriétés des matériaux et la façon dont ils sont agencés définissent les caractéristiques qu'aura l'enveloppe du bâtiment.

Malgré l'importante avancée que connaît aujourd'hui le secteur du bâtiment, il n'existe pas une réelle méthodologie qui permette de mettre en œuvre une sélection convenable de ces matériaux. [2]

Une étude a été effectuée pour ces régions dans le but de maintenir un confort par des conceptions architecturales passives des bâtiments résidentiels. Citons l'étude d'une maison traditionnelle avec ouverture dans les climats chauds et secs, réalisée par FIZIOUI N. et BENYAMINE M, en 2016. Les résultats sont présentés sous forme d'heures chaudes et froides en un an, maximum et minimum. Les températures de confort intérieures et la fréquence de ventilation efficace par personne comme indicateur de performance de qualité de l'air dans chaque pièce. [16]

Plusieurs études ont été réalisées dans le but d'augmenter la performance énergétique des bâtiments résidentiels. Citons l'étude de rénovation d'une maison à Marseille, dans le sud de la France, réalisée par C. FLORY CELINI en 2008.

Cette étude montre une réduction des besoins d'un facteur. Les systèmes passifs adoptés sont : l'isolation transparente, des fenêtres performantes (double vitrage basse émissivité), un puits canadien, des matériaux à changement de phase (MCP), des stores opaques et l'isolation de la toiture.[3]

Une étude a été réalisée par BENOUDJAFER I., présente une étude comparative relative à l'efficacité énergétique de deux appartements situés à Béchar, montre que la majorité des constructions des habitations fait appel à une nouvelle conception architecturale, prenant en compte des matériaux nouveaux inadaptés au climat aride des zones sahariennes [14]. Il s'agit principalement du matériau béton (structure poteaux-poutres et blocs de parpaings) connu pour ses multiples avantages (plasticité, facilité de mise en œuvre, résistance mécanique importante acquise à court terme, etc.). Son inconvénient est lié à sa faible résistance

thermique, qui ne fait pas de ce matériau, un matériau de choix sur le plan du confort thermique et qui par

conséquent, augmente la consommation électrique pour permettre à l'utilisateur d'obtenir des ambiances de qualité.

Cette situation provoquée par la pression du besoin d'habiter et la crise du logement, a révélé de nouvelles contraintes sur le plan du confort (isolation absente ou insuffisante, nécessité d'une climatisation onéreuse et inesthétique, etc.).[14]

II. METHODOLOGIE

Le choix d'un outil de simulation thermique dynamique permet d'évaluer les besoins énergétiques et le niveau de confort thermique des bâtiments de manière plus détaillée que les méthodes basées sur des bilans mensuels.

Le logiciel TRNSYS(Laboratoire ENERGARID, Université TAHRI Mohamed, Bechar)est un outil de simulation thermique dynamique de bâtimentdéveloppé plusieurs années. Le logiciel calcule le comportement de différentes zones thermiques d'un bâtiment en régime dynamique et il permet également desimuler le comportement de l'enveloppe. Il calcule également les consommationspour le chauffage et laclimatisation. Avec unenouvelle bibliothèque TESS (matériaux, éléments, systèmes, équipements, etc.) permet d'avoir la possibilité de modéliser tous les éléments souhaités dans l'enveloppe et son système. Celle-ci comporte souvent :

Une description géométrique du bâtiment par saisie de plans, où l'on spécifie les dimensions et orientations des pièces, parois, vitrages, ouvrants.

les données de localisation correspondantes (latitude, longitude et altitude).

Une description de l'enveloppe du bâtiment, avec indication de la composition des parois, des vitrages, des portes... et des propriétés physiques (thermiques et optiques) des matériaux qui les constituent.

Une description des équipements (chauffage, ventilation, eau chaude sanitaire, éclairage...) à travers les paramètres qui décrivent leur fonctionnement.

Une description des sollicitations externes (données météorologiques) et internes (scénarios/données de ventilation, occupation...). [7]

L'objectif est donc l'amélioration du comportement thermique des bâtiments par proposition des solutions passives. Dans notre contexte d'étude, ces solutions d'amélioration seront évaluées en termes de potentiel d'économie d'énergie et aussi de performance énergétique. Ceci permettraitd'établir des recommandations sur les meilleures solutions à privilégier en vue de diminuer les impacts liés au confort d'été.

III. SIMULATIONSET RESULTATS

A. Description de l'enveloppe de référence

Une description complète de l'enveloppe nécessite une connaissance des éléments entrant dans la construction pour pouvoir établir un modèle du bâtiment. Ces informations sont résumées en trois catégories et illustrées dans le tableau 1 :

types et composition des parois opaques (épaisseurs, matériaux) avec leurs caractéristiques thermo physiques ;
 caractéristiques des menuiseries (vitrages et cadres) ;
 mode constructif, pour essayer de déterminer les ponts thermiques linéaires et l'infiltration d'air.

B. Descriptions de différents systèmes étudiés

Pour maintenir un confort pour notre habitation, il est indispensable de rechercher des solutions techniques adoptables et cohérentes avec notre ville en matière de conditions d'application (techniques disponibles et savoir-faire locaux). L'objectif est de réduire la consommation énergétique et d'améliorer le confort dans les logements résidentiels. Parmi ces systèmes passifs, nous pouvons citer les suivantes :

Inertie : l'emploi d'une double paroi, avec une lame d'air permet de déphaser et d'amortir les apports de chaleur externe ; cette masse volumique peut jouer un rôle d'accumulateur au cœur du bâtiment.

Fenêtres performantes : en utilisant un double vitrage. C'est un élément essentiel, avec un rôle important aux niveaux énergétique et visuel.

Isolation des parois opaques et toiture : en utilisant des plaques en polystyrène expansives à l'extérieur. Ce système d'amélioration apporte des avantages pour l'hiver comme pour l'été. L'isolation extérieure en hiver peut diminuer l'échange thermique et les déperditions de chaleur avec l'extérieur. En revanche, en été, l'isolation joue un rôle dans la diminution des apports de chaleur de l'extérieur par les parois. « L'isolation est sans doute le facteur le plus important puisqu'elle conditionne votre consommation de chauffage en hiver, voir la climatisation en été » [12]

TABLEAU 3. DESCRIPTION DES SYSTEMES PASSIFS ETUDIES MATERIAUX, EPAISSEUR ET COEFFICIENT U-VALUE

| Composition | Description | Epaisseur en (m) | U-Value (W/m ² K) | | |
|--|-------------------------------|------------------|------------------------------|---------|-----------------|
| Isolation des parois opaques extérieures | Enduit extérieur | 0.02 | 0.29 | | |
| | Enduit de finition | 0.02 | | | |
| | Enduit en polyuréthane | 0.02 | | | |
| | Plaque en polystyrène expansé | 0.08 | | | |
| | Brique rouge | 0.20 | | | |
| | Enduit en plâtre | 0.02 | | | |
| Isolation de la toiture | carrelage | 0.02 | 0.77 | | |
| | mortier | 0.02 | | | |
| | sable et gravier | 0.05 | | | |
| | béton lourd | 0.04 | | | |
| | Polystyrène expansé | 0.04 | | | |
| | Enduit de finition | 0.02 | | | |
| | Bloc en hourdis | 0.16 | | | |
| | mortier | 0.01 | | | |
| Peinture blanche | 0.03 | | | | |
| Isolation du plancher bas | carrelage | 0.02 | 0.27 | | |
| | mortier | 0.02 | | | |
| | sable et gravier | 0.05 | | | |
| | béton lourd | 0.25 | | | |
| | mortier | 0.01 | | | |
| Inertie thermique | Enduit Extérieur | 0.015 | 0.69 | | |
| | Brique rouge creuse | 0.20 | | | |
| | Lame d'air | 0.02 | | | |
| | Brique rouge creuse | 0.10 | | | |
| | Enduit en plâtre | 0.02 | | | |
| Fenêtre performante | U-value | g-Value | T.sol | Rf- sol | Facteur solaire |
| | 2.95 | 0.77 | 0.72 | 0.12 | 0.45 |

C. Résultats des simulations des différents systèmes passifs

III.3.1. Indice d'été : « IPS »

La simulation est effectuée, pendant la semaine la plus froide (du 7 au 10 janvier 2016) et la semaine la plus chaude (du 18 juillet au 24 Juillet 2016).

| Chambre chaude | T ° Réf | T ° isolation parois opaques | T ° toiture | T ° fenêtres performantes | T ° inertie thermique |
|----------------|---------|------------------------------|-------------|---------------------------|-----------------------|
| T°max | 37.54 | 31.50 | 32.78 | 32.88 | 30.23 |
| Δ T°Max | | 6.04 | 4.76 | 4.66 | 7.31 |
| T°Moyenne | 32.50 | 31.85 | 30.63 | 31.74 | 31.57 |
| Δ T°moyenne | - | 0.65 | 1.87 | 0.76 | 0.93 |
| Tconfort | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 |
| IPS | - | 0.10 | 0.28 | 0.11 | 0.14 |

Pour le système d'isolation des parois, la température intérieure est constante toute la journée de 10°C. L'isolation extérieure augmente la température intérieure dans la journée de 0,3 °C, et dans la nuit de 1,3 °C en moyenne, ce qui traduit la conservation de la chaleur à l'intérieur.

Pour l'été, nous pouvons constater une diminution de température de 0,6 °C en moyenne pour la protection solaire et 0,8 °C pour la ventilation nocturne dans la journée et de 1,6 °C pendant la nuit. Le système d'inertie permet aussi une diminution de température maximales plus faibles (0,8 C), et des températures minimales plus élevées (0,7 °C). De la même manière, les fenêtres performantes permettent de réaliser une diminution de la température maximale de l'ordre de 0,3 °C, et une augmentation des températures minimales de 0,1 °C.

Le tableau 4 présente les valeurs de confort d'été pour chaque système étudié.

TABLEAU 4 : VALEURS DE L'IPS CORRESPONDANT A CHAQUE SYSTEME D'AMELIORATION (ZONE NORD, SEMAINE 33)

T°max : température intérieure maximale (C°)
 Δ T° max : écart entre température maximale référence et de système
 T moyenne : moyenne de la température intérieure d'une semaine
 ΔT° moyenne : écart entre moyenne de température intérieure référence et de système
 IPS : indice de confort d'été $IPS = (T^{\circ}ref - T^{\circ} \text{ système}) / (T^{\circ}ref - 26)$

III.3.2. Indices de performances des systèmes « Iéco » et « IPR »

Les différentes consommations en énergie pour produire le chaud et le froid dans notre site d'étude montrent la nécessité de chercher la rentabilité et la pertinence de chacun des systèmes. Un nouveau critère va donc nous aider à juger chaque système en termes de rentabilité en valeur de consommation (chauffage et climatisation).

La consommation en chauffage et en climatisation est calculée par TRNSYS en kWh. Nous pouvons donc exprimer l'indice Iéco dans la relation suivant :

L'observation de tableau 6 montre que la meilleure performance est celle du système de ventilation naturelle, puis de l'isolation parois opaques, toiture isolée, l'inertie thermique, enfin, la protection horizontale.

Nous constatons une performance négative pour le système des apports internes, avec un effet marginal des fenêtres performantes.

L'observation de tableau 6 montre que les systèmes isolation, inertie, et ventilation nocturne sont économes en termes de consommation énergétique. Par contre, le système des fenêtres performantes sont moins économe. Ce résultat permet de valider les choix en systèmes d'amélioration vis-à-vis de l'économie en consommations énergétiques.

TABLEAU 6 : VALEURS DE L'INDICE IEICO SELON CHAQUE SYSTEME D'AMELIORATION

Cep-chauffage : consommation d'énergie en chauffage (KWh/m2an)

Cep-froide : consommation d'énergie en climatisation (KWh/m2an)

Iéco : Iéco = (Cepchauffage-Réf – Cepchauffage-Sys)+ (Cep froide-Réf – Cep froide-Sys)

IPR % : Indice de réduction

L'analyse de ces valeurs est synthétisée de la manière suivante :

- le système de fenêtre performante : ce système se traduit une hausse en besoin de Chauffage en hiver.

- L'inertie thermique : C'est un facteur qui agit principalement par le déphasage et il apporte des bénéfices en été comme en hiver. Plus l'inertie est élevée, plus les améliorations sont donc effectives.

-Le système d'isolation des parois verticale et horizontale : permet une performance importante en confort d'été, produit par l'isolation, empêchant la pénétration de la chaleur à l'intérieur du bâtiment.

Cette amélioration effectuée par application des systèmes passifs disponibles et de mettre en place des valeurs limites de ces indices que nous pourrions atteindre dans notre

| | B Réf érence | B isolation parois opaque | B toiture | B fenêtres performantes | B inertie thermique |
|---------------|--------------|---------------------------|-----------|-------------------------|---------------------|
| Cep-chauffage | 277.71 | 101.44 | 185.01 | 223.00 | 112,95 |
| Cep-froide | 51.73 | 47.25 | 37.25 | 40.33 | 48,67 |
| TOTAL | 329.44 | 144.69 | 222.26 | 263.33 | 161,62 |
| Iéco | - | 184.75 | 107.18 | 66.11 | 167.82 |
| Réduction % | | 56,08 | 32,53 | 20,067 | 50,94 |
| IPR % | - | +54,86 | +32,53 | +20,06 | +50,94 |
| Jugement | - | Retenue | Retenue | éliminée | Retenue |

contexte spécifique. Nous pouvons d'apprécier les meilleures solutions de point de vue énergétique, économique et de confort.

IV. CONCLUSION

Dans cette étude, nous avons proposé des solutions passives innovantes et disponibles sur le marché local, afin d'améliorer la performance énergétique des bâtiments résidentiels de Bechar.

Pour ce faire, nous avons effectué une simulation dans le but d'améliorer des indices de performance tel que l'indice de confort d'été IPS et deux indices de la consommation d'énergie IPR et l'Eco.

Le résultat de cette simulation a montré également la synthèse suivante :

L'isolation extérieure des parois verticales ou horizontales, présente une amélioration positive en confort d'été et une consommation d'énergie très importante. Les pertes thermiques sont réduites en hiver, et en été, l'isolation permet de diminuer les apports de chaleur par les parois.

Le système d'inertie thermique qui agit principalement en été, marque un déphasage dans notre climat chaud, apporte des bénéfices en été comme en hiver. Plus l'inertie est élevée, plus les améliorations dans les trois indices sont donc effectives.

Par contre, les fenêtres performantes adonc un impact négatif sur le besoin en rafraîchissement.

Nous pouvons constater que la meilleure solution et la plus économe en consommation énergétique est réalisée par le système d'isolation, avec une réduction de 56,08 %, et 54% pour l'inertie thermique. Par contre, le système des fenêtres performantes ne produit pas de changement important au niveau de la consommation énergétique globale.

Il nous semble dès lors nécessaire de revenir aux systèmes passifs innovants, disponibles et efficaces énergétiquement afin d'améliorer la performance énergétique des bâtiments résidentiels existants ou neufs.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] RABOUILLE M., thèse de doctorat, Recherche de la performance en simulation thermique dynamique : application à la réhabilitation des bâtiments. Génie civil. Université de Grenoble, 2014. Français
- [2] CHAHWANE L., thèse de doctorat Valorisation de l'inertie thermique pour la performance énergétique des bâtiments. Architecture, aménagement de l'espace. Université de Grenoble, 2011. Français
- [3] FLORY-CELINI C., thèse de doctorat en modélisation et positionnement de solutions bioclimatiques dans le bâtiment résidentiel existant, université Lyon 1, 2008, p. 31.
- [4] DURAN. C.S., Architecture and energy. Un enjeu pour l'avenir pp 10, 2011, paris, Edition place des victoires383p
- [5] ADRA N., Thèse de doctorat, 2001 Proposition d'une procédure de certification énergétique des logements et application au contexte libanais
- [6] IBRAHIM M., Improving the buildings envelopes energy performance using aerogel-based insulating mineral rendering, Mohamad Ibrahim 2015
- [7] BONTEMPS S. Validation expérimentale de modèles : application aux bâtiments basse consommation. Construction durable. Université de Bordeaux, 2015. Français.
- [8] MOTHANNA S., thèse de doctorat, Développement d'un label énergétique destiné aux bâtiments résidentiels de la région Est-Méditerranée (Syrie et Liban). Architecture, aménagement de l'espace. Conservatoire national des arts et métiers - CNAM, 2014. Français. .
- [9] SDO, Données annuelles d'Electricité et du Gaz.
- [10] Règlementation thermique des bâtiments d'habitation, Règles de calcul des déperditions calorifiques Fascicule 1(D.T.R C3-2) 1972
- [11] EUGENE D.V., Isolation thermique des constructions en Algérie, Alger 1986 p225
- [12] BRIGITTE V., Choisir une énergie renouvelable adaptée à sa maison,
- [13] EYRELLES, 2006 pp5 p93
- [14] DJELLOUL A., Simulation du comportement énergétique des bâtiments résidentiels au sud algérien, Courrier du Savoir – N°17, Décembre 2013, pp.113-119
- [15] BENOUDJAFER L., Etude comparative relative à l'efficacité énergétique de deux appartements situés à Béchar, Algérie, Revue des Energies Renouvelables Vol. 15 N°1 (2012) 1 - 12
- [16] RIVALIN L., thèse de doctorat, Vers une démarche de garantie des consommations énergétiques dans les bâtiments neufs : méthodes d'évaluation des incertitudes associée à la simulation thermique dynamique dans le processus de conception et de réalisation. PSL Research University, 2016, Français.
- [17] GRIGNON-M. L., thèse de doctorat Développement d'une méthodologie d'analyse coût-bénéfice en vue d'évaluer le potentiel de réduction des impacts environnementaux liés au confort d'été : cas des climatiseurs individuels fixes en France métropolitaine.
- [18] FEZIOUI N., et all : The traditional house with horizontal opening: a trend towards zero energy house in the hot, dry climates, Science
- [19]