



## AMELIORATION DE LA PERFORMANCE THERMIQUE DE L'ENVELOPPE DES BATIMENTS RESIDENTIELS. CAS DE L'HABITAT AUTO-CONSTRUIT A BISKRA

Sihem LATRECHE et Leila SRITI

Département d'architecture, Université de Biskra, BP 145 RP, 07000 Biskra, Algérie

Email : [sihem.latreche21@gmail.com](mailto:sihem.latreche21@gmail.com)

Email : [sritileila@yahoo.fr](mailto:sritileila@yahoo.fr)

**Résumé :** Pour améliorer le confort thermique des occupants et réduire les besoins énergétiques pour le chauffage et le refroidissement dans le bâtiment, il est nécessaire d'agir sur l'élément principal qui contrôle les échanges de chaleur avec l'environnement : l'enveloppe. Celle-ci fait référence à la peau extérieure du bâtiment et est constituée de composants opaques verticaux (les murs) et horizontaux (les toitures) ainsi que de différents dispositifs d'ouvertures. L'enveloppe joue un rôle de séparation entre l'intérieur et l'extérieur et protège les occupants contre les agressions climatiques. La présente étude est basée sur une analyse quantitative portant sur l'architecture résidentielle autoproduite à Biskra ; son but est d'évaluer l'impact de l'enveloppe sur le plan thermique de certains paramètres architecturaux et constructifs relevant des spécificités propres à l'habitat auto-construit à Biskra. Ce papier résume les principaux résultats obtenus à l'issue d'une analyse par simulation réalisée avec le logiciel TYRNSYS 17. A son terme l'étude proposera les moyens d'améliorer la performance thermique de cette forme de production architecturale, tout en préservant l'essentiel de ses spécificités.

**Mots clés :** Enveloppe, confort thermique, matériaux, habitat individuel auto-construit, climat chaud et aride.

### 1. Introduction

L'homme, depuis sa création, n'a cessé d'améliorer son habitat pour assurer une protection toujours plus efficace contre les facteurs climatiques et les conditions de l'environnement extérieur. L'enveloppe, en tant que peau extérieure du bâtiment, contrôle les échanges de chaleur avec l'environnement et constitue, de fait, l'élément primordial dans la réalisation des conditions de confort thermique. La façade, pour sa part, représente plus de 70% de l'enveloppe et détermine, par la nature de son traitement, les besoins de chauffage ou de rafraîchissement du bâtiment.

A partir du 20<sup>ème</sup> siècle, le monde a connu une grande évolution dans tous les domaines et particulièrement l'architecture qui influencée par le mouvement moderne n'était plus l'art de bâtir comme définie primitivement ; elle était devenue un exercice plastique ou encore, pour reprendre une célèbre citation de Le Corbusier "le jeu savant, correct et magnifique des volumes assemblés sous la lumière." Jusqu'aux années 60, le développement des procédés de construction, la recherche de la seule performance quantitative ou esthétique (production rapide des bâtiments, architecture de verre et d'acier...), et enfin l'évolution des modes de vie a entraîné une dépense énergétique croissante.

Pour les pays en développement, cette évolution et l'ouverture sur l'occident a provoqué une rupture avec le passé et a favorisé l'apparition d'une architecture indifférente au climat en surestimant les possibilités technologiques et en les considérant aptes à remplacer l'enseignement des 'anciens'. Le résultat, malheureusement, était la production d'un cadre bâti standardisé, non intégré à l'environnement local, et souvent dépourvu des conditions

minimales de confort. Pour corriger cette situation d'inconfort, le bien être physiologique de l'utilisateur a été délégué à des installations dépendant d'une consommation excessive de l'énergie fossile.

A l'instar des autres pays du Maghreb, l'Algérie, a vécu depuis son indépendance une révolution dans la pratique architecturale qui s'est manifestée par la production d'un cadre bâti en rupture avec son environnement et, en conséquence, gros consommateur d'énergie. Les raisons qui ont pu favoriser cette situation sont étroitement liées aux choix tant formels que constructifs adoptés par les bâtisseurs (architectes, auto-constructeurs,...) qui dans leur recherche de la 'modernité' tendent à éloigner l'architecture de sa dimension environnementale et de ses spécificités locales.

L'habitat individuel témoigne de l'ampleur des transformations survenues dans le secteur du bâtiment, notamment du fait de l'apparition de matériaux nouveaux et le recours à des techniques et procédés de construction mal maîtrisés. Malheureusement, la négligence des spécificités environnementales a engendré l'exploitation abusive et irrationnelle des ressources énergétiques [1]. C'est ainsi que la consommation électrique du secteur résidentiel en Algérie, représente 40% de la consommation totale d'électricité [2]. Cette consommation est essentiellement destinée à couvrir les besoins d'éclairage artificiel, chauffage et climatisation (fig.1).

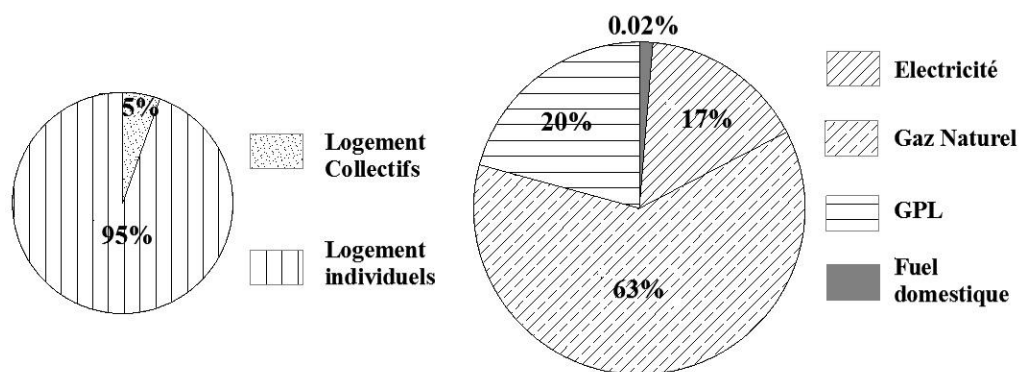


Figure 1 : Répartition de la consommation du secteur résidentiel par types d'énergie et logements (Source : Ministère de l'énergie et des mines, 2012)

La ville de Biskra qui se caractérise par un climat chaud et aride, illustre l'ampleur de ce phénomène. Depuis l'indépendance, le cadre bâti produit dans cette ville ne répond plus aux conditions climatiques très rudes de la saison estivale, ce qui pousse les habitants à se tourner vers les moyens mécaniques pour assurer un certain niveau de confort dont le coût est chaque année plus élevé. Et c'est pour diminuer cette consommation énergétique et assurer un confort climatique optimal qu'il faut agir sur la conception architecturale.

A ce titre, les caractéristiques de conception de l'enveloppe affectent fortement le confort thermique des occupants, ainsi que la consommation d'énergie dans le bâtiment. La performance thermique et énergétique de l'enveloppe est tributaire des choix constructifs relatifs aux éléments architecturaux, notamment, les murs, la toiture et les ouvertures généralement considérés comme facteurs déterminants dans les échanges thermiques entre le bâtiment et son environnement.

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'impact des éléments architecturaux et constructifs de l'enveloppe sur le plan thermique, tels qu'ils se présentent dans l'habitat résidentiel auto-construit à Biskra. Le but ultime de notre recherche est d'améliorer les performances thermiques de l'enveloppe architecturale de ce type d'habitat tout en respectant ses spécificités.

## 2. Présentation du contexte de l'étude

Biskra est une ville du sud-est algérien située à une latitude de  $34,80^\circ$  Nord et caractérisée par un climat chaud et aride (fig.2). Le cadre bâti résidentiel produit dans cette ville, et notamment, l'habitat en lotissement, communément appelé auto-construit, ne tient pas compte des conditions climatiques particulièrement rigoureuses durant la saison chaude (fig.3). Cette situation impose l'usage des appareils électriques de refroidissement pour des durées de plus en plus longues ce qui entraîne une consommation excessive de l'énergie électrique et augmente les émissions de gaz à effets de serre qui à leur tour accentuent le phénomène de l'îlot de chaleur.



Figure 2 : Situation de la wilaya de Biskra (Source : DPAT, 2005)



Figure 3 : L'habitat auto-construit dans la ville de Biskra (source : auteur, 2017)

## 3. L'enveloppe d'un bâtiment et le confort thermique

Le confort thermique dans un bâtiment dépend principalement du comportement thermique de son enveloppe soumise aux contraintes climatiques. L'enveloppe extérieure du bâtiment est la première barrière de protection et se compose de deux types de parois : les parois opaques (murs et toiture) et les parois transparentes (fenêtres). Un traitement judicieux des parois de l'enveloppe en fonction des conditions climatiques chaudes et arides (choix des matériaux de construction à forte inertie thermique pour les murs et la toiture, réduction des dimensions des fenêtres, protections solaires,...etc.) permet de garantir un confort optimal à l'intérieur du bâtiment, même si les conditions extérieures sont défavorables [3].

## 4. La méthodologie

Cette étude est basée sur une analyse quantitative du cadre bâti résidentiel réalisé dans des lotissements auto-construits à Biskra, et se propose d'évaluer l'impact de l'enveloppe sur le plan thermique de certains paramètres architecturaux et constructifs relevant des spécificités propres à cette forme d'habitat. Le travail a été focalisé sur les principaux composants de l'enveloppe : les ouvertures, les parois verticales (murs) et horizontales (toiture), considérant que ces éléments ont un impact effectif sur le confort thermique et la consommation énergétique.

La simulation thermique a été effectuée à l'aide du logiciel TRNSYS 17 [4] et les tests d'amélioration du confort hygrothermique ont porté sur les éléments propres à l'enveloppe architecturale des habitations appartenant au corpus de l'étude, notamment : les caractéristiques de conception des parois extérieures (murs et toiture), les propriétés thermiques des matériaux composant ces parois, les dimensions des fenêtres et les protections solaires. Différentes possibilités d'orientations ont également été testées. Les trois variantes d'enveloppe (Cas 1, Cas 2 et Cas 3) simulées, représentent les systèmes constructifs les plus répétitifs utilisés au niveau des murs de façade dans la ville de Biskra (tab 1).

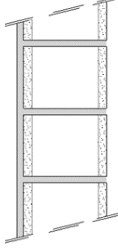
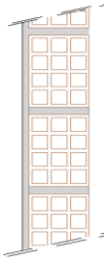
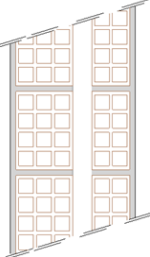
Cas 1 : Murs en parpaing creux 20cm	Cas 2 : Murs simple en brique de 15cm	Cas 3 : Murs double en brique avec lame d'air
		

Tableau 1. Présentation des trois variantes étudiées ; (source : Auteur, 2017)

L'étude paramétrique a porté sur un modèle virtuel représentant une pièce de 16 m<sup>2</sup> et une hauteur de 3 m. Le modèle est muni d'une fenêtre unique à vitrage simple de 1 x 1.2 m<sup>2</sup> avec un encadrement en bois léger (fig. 4). Les surfaces en contact direct avec l'extérieur sont la toiture et une façade unique, la porte donne sur l'espace intérieur.

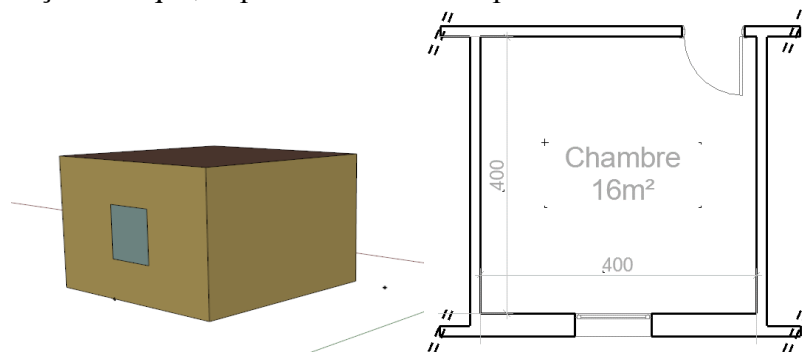


Figure 4 : Le modèle virtuel (source : Auteur, 2017)

Selon Givoni pour assurer le confort hygrothermique sous un climat chaud aride, les bâtiments doivent être adaptés aux conditions d'été, et cela partant du principe que les

exigences d’hiver seront satisfaites par un bâtiment où le confort est assuré en été [5]. Dans cette étude, on se limitera donc à la présentation des résultats obtenus durant la période estivale.

La simulation a été faite pour les conditions d’été, et plus précisément, durant la semaine la plus chaude (du 28 juillet au 3 Aout) qui représente la situation la plus défavorable pour la saison estivale. Notre objectif dans les différentes simulations est d’évaluer la performance thermique de la variante concernée (Cas 1, Cas 2 et Cas 3) en calculant la température de l’air enregistrée à l’intérieur de la pièce qui sera simulée selon les conditions définissant les caractéristiques de la variante considérée. On proposera, ensuite, pour chaque cas les moyens d’améliorer la performance thermique de la variante en agissant sur les paramètres propres à l’enveloppe. Les scénarios d’amélioration ont été proposés dans le respect des spécificités de la maison auto-construite en lotissement à Biskra, et avec l’utilisation des matériaux disponible dans la région (tab. 2).

Les murs	Cas 1 (MC1)		Cas 2 (MC2)		Cas 3 (MC3)	
	Enduit Ext. (1.5cm) Parpaing creux (20cm) Enduit Int. (1cm)		Enduit Ext. (1,5cm) Brique creux (15cm) Enduit Int. (1cm)		Enduit Ext. (1,5cm) Brique creux (15cm) Lame d’air (5cm) Brique creux (10cm) Enduit Int. (1cm)	
La toiture	T1	T2	T3		T4	
	Béton armé (4cm) Hourdi creux (16cm) Enduit mortier Int (1.5cm)	Béton armé (4cm) Corps creux de terre cuite (16cm) Enduit mortier (1.5cm)	Carrelage (3cm) Mortier de ciment (3cm) Béton armé (4cm) Hourdi creux (16cm) lame d’air (5cm) Faux plafond (2.5cm)		Carrelage (3cm) Mortier de ciment (3cm) Béton armé (4cm) Hourdi creux (16cm) Enduit mortier (2cm)	
Dimensions des fenêtres	F1		F2		F3	
	0,6 x 1m		1 x 1,2m		1,2 x 1,5	
Type de vitrage	V1		V2		V3	
	Vitrage simple		Double vitrage avec lame d’air		Double vitrage avec gaz d’argon	
Protections des fenêtres	PS		PP		PT	
	Sans protection (Cas de référence)		Protection partielle ajourée (Mouchrabieh )		Protection totale ombragée (Obstacle)	
Isolation des murs	SI		II		IE	
	Sans isolation		Isolation intérieure (polystyrène)		Isolation extérieure (polystyrène)	
Isolation de la toiture	TSI			TIso		
	Sans isolation			Isolation avec polystyrène		

Tableau 2. Présentation des scénarios d’amélioration au niveau de l’enveloppe ; (source : Auteur, 2017)

## 5. Résultats et interprétations

### 5.1 Effet de l'orientation sur le confort thermique

Les premiers tests ont été effectués pour déterminer l'effet de l'orientation (Nord, Sud, Est et Ouest) sur la température intérieure pour les trois variantes de référence en faisant prévaloir les caractéristiques de l'enveloppe extérieure propres à chaque variante. Les résultats obtenus sont présentés dans la figure 5.



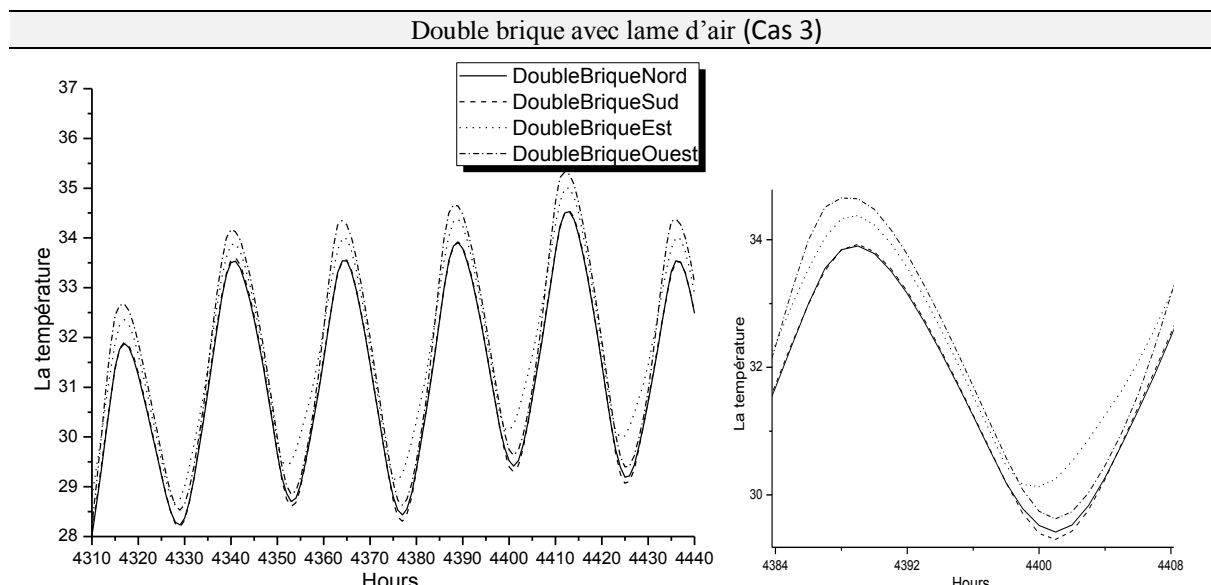


Figure 5. Comparaison entre les températures intérieures obtenues selon différentes orientations (Source : Auteur, 2017)

Les graphes (fig. 5) montrent que les orientations Nord et Sud présentent des températures internes plus basses que l'orientation Est et Ouest, et ce, pour les trois variantes simulées. Cette différence s'explique par la quantité du rayonnement solaire incident sur l'enveloppe et les propriétés thermo-physiques des matériaux de construction lesquels retardent le transfert de la chaleur à l'intérieur.

Pour les trois variantes simulées, les courbes de température moyenne intérieure dans les modèles orientés Nord et Sud sont presque superposées. La température moyenne intérieure enregistrée pour les modèles orientés Est et Ouest est de 0.5 à 0.7 C° supérieure aux cas orientés Nord et Sud. D'après les résultats obtenus pour les trois variantes, on peut dire que l'orientation optimale pour le confort thermique intérieur est soit le Nord soit le Sud, alors que les orientations Est et Ouest sont à proscrire.

## 5.2 L'amélioration de la performance thermique des trois variantes de base

Après avoir montré que l'orientation optimale pour les trois cas étudiés est soit le Nord soit le Sud, on a choisi une orientation Sud pour effectuer la deuxième série de simulations, l'objectif étant d'améliorer la performance thermique de l'enveloppe. Pour ce faire, on a commencé par simuler chaque variante d'enveloppe en faisant prévaloir les caractéristiques les plus récurrentes dans la réalité (cas de référence). Ensuite, pour chaque variante, on a maintenu le système constructif, utilisé au niveau des murs extérieurs, constant (soient MC1, MC2, MC3 qui représentent respectivement la composante des murs pour : Cas1, Cas2 et Cas3) et on a procédé à des modifications relativement à certains éléments de l'enveloppe et à leurs caractéristiques, notamment : les dimensions des fenêtres, le type de toiture, le type de vitrage, les protections solaires, l'isolation des murs et l'isolation de la toiture. Les modifications effectuées sont détaillées dans le tableau 2.

La figure 6 illustre les résultats obtenus pour les trois variantes de base selon leur état initial, les améliorations ne sont pas encore introduites. On voit que l'enveloppe qui fait prévaloir des murs extérieurs en double parois de brique (Cas 3) est la plus performante.

Les trois variantes de base : les cas de référence

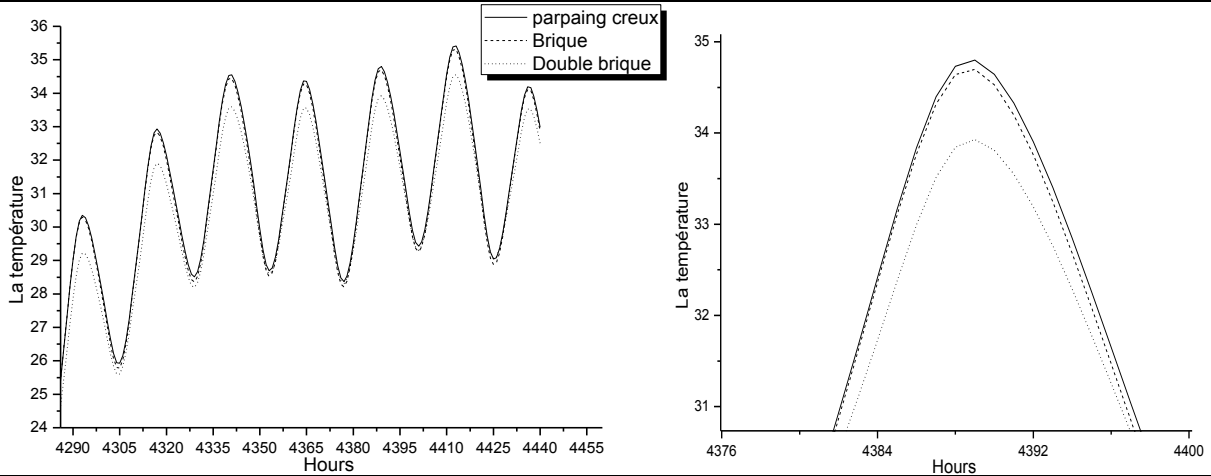
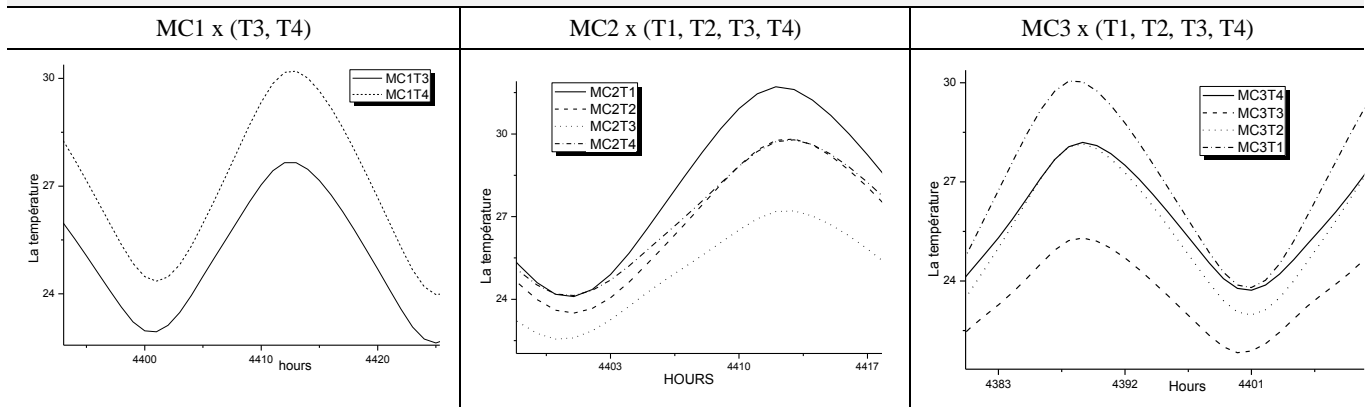


Figure 6. Comparaison entre le fonctionnement thermique des trois variantes de base (Source : Auteur, 2017)

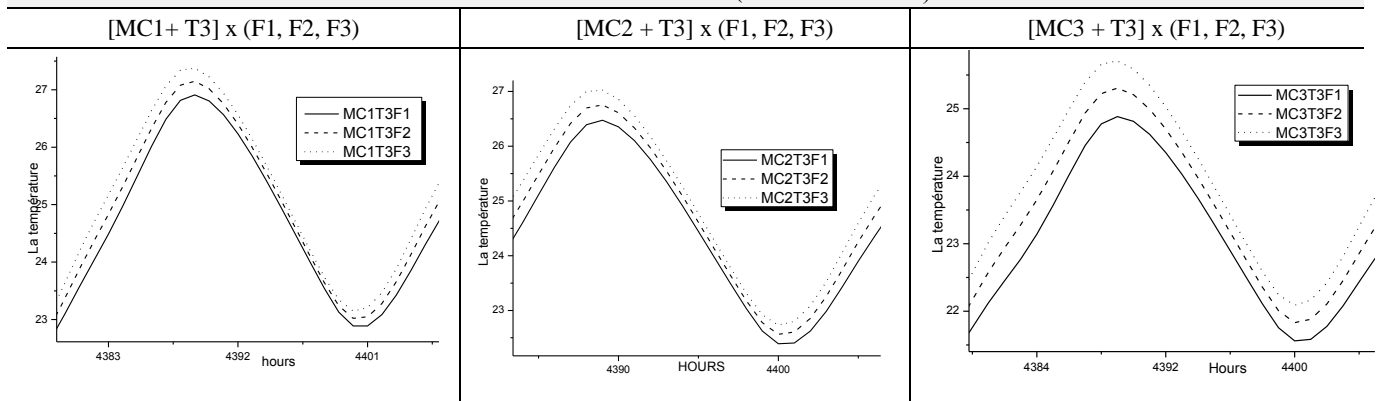
Le tableau 3 illustre les résultats obtenus en introduisant les modifications successives sur les trois variantes de base. Parmi toutes les possibilités d'optimisation envisagées dans le tableau 2, seuls les scénarios réalistes et effectivement réalisés seront retenus.

Toiture



Dans les trois cas de référence, la température intérieure la plus basse est enregistrée avec la toiture T3.

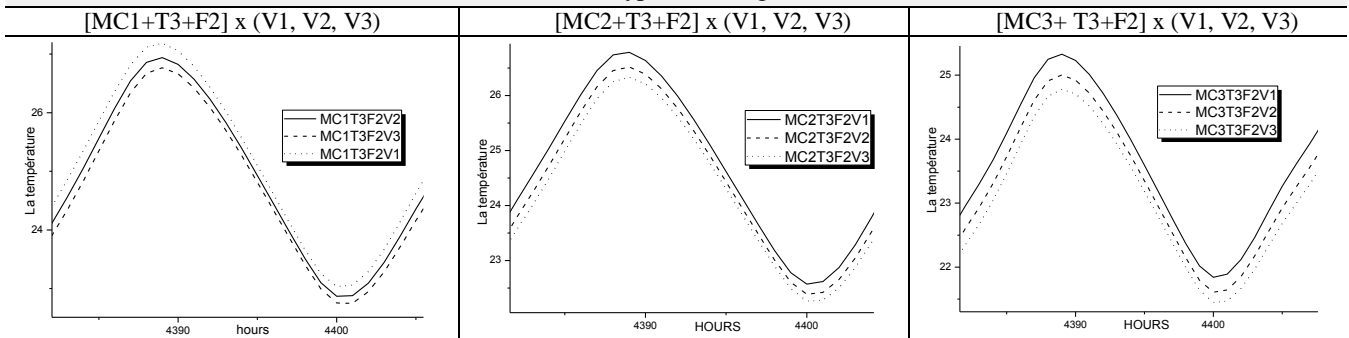
Dimension des fenêtres (ratio d'ouverture)



Le ratio d'ouverture est un facteur déterminant pour la quantité d'énergie solaire pénétrant à l'intérieur d'un local. Pour un climat chaud et aride, l'augmentation de la taille de la fenêtre provoque des problèmes d'éblouissement et de surchauffe. Dans les simulations effectuées, on voit que le ratio F1 ( $0,6 \times 1\text{m}^2$ ) donne les meilleurs résultats, cependant pour assurer à la fois un niveau d'éclairage suffisant dans la pièce et un confort thermique acceptable le ratio F2 ( $1 \times 1,2\text{m}^2$ ) sera retenu.

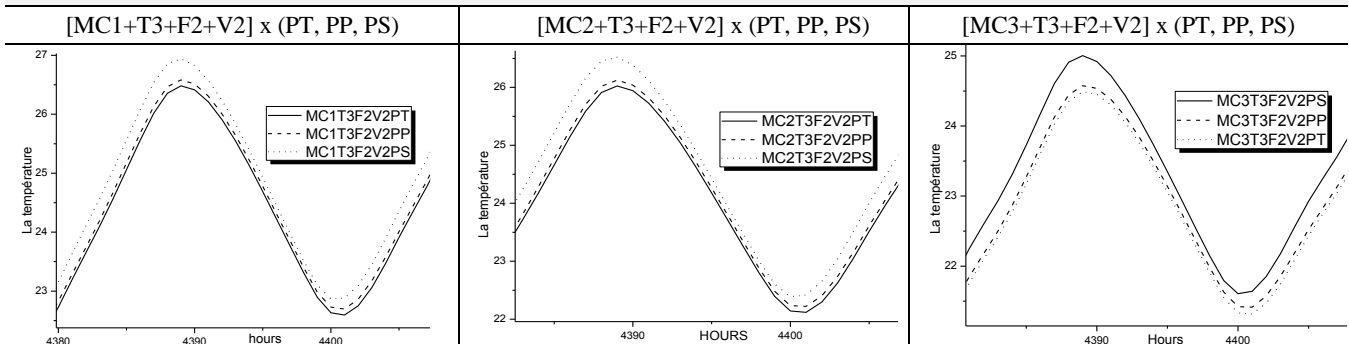


### Type de Vitrage



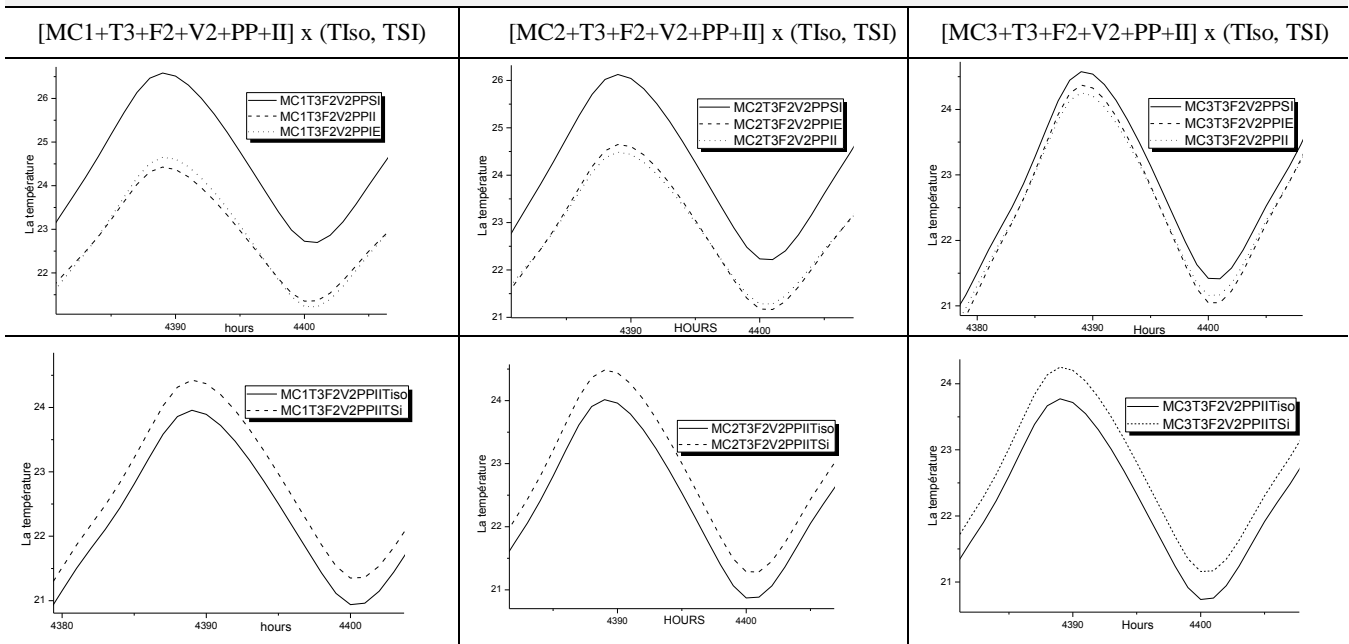
En comparant les graphes obtenus, il apparait que le vitrage V3 est meilleur que V2 et V1. Cependant, pour des raisons de faisabilité, on optera pour V2 (Double vitrage avec lame d'air) du fait de sa disponibilité contrairement à V3 (Double vitrage avec gaz d'argon).

### Protection solaire



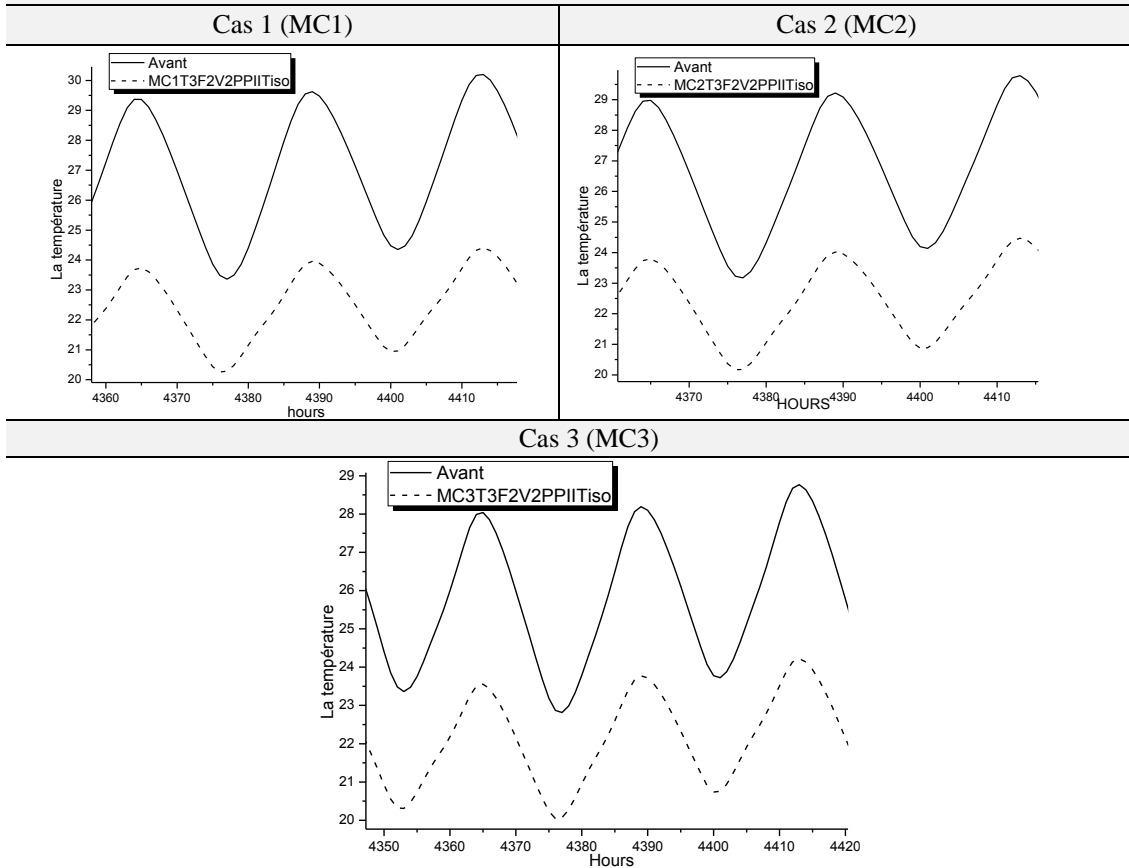
L'effet des protections solaires est de contrôler la pénétration de l'énergie solaire incidente à travers les ouvertures, et donc de limiter le rayonnement solaire direct. Dans les trois cas analysés, on remarque qu'il n'y a pas une grande différence entre la protection totale PT (bâtiment voisin avec une grande hauteur) et la protection partielle ajourée (Mouchrabieh), les deux graphes de température qui leur correspondent sont presque superposés. L'absence de protection (PS), par contre, influe nettement sur l'augmentation de la température intérieure.

### Isolation des murs et de la toiture



L'isolation des murs de l'intérieur (II) ou de l'extérieur (IE) diminue la température intérieure en comparaison avec des parois sans insolation (SI). De la même manière, un toit isolé (T Iso), assure un abaissement de la température de 0.5 C°.

Comparaison entre les trois variantes modélisées selon les caractéristiques optimales de l'enveloppe



Pour les trois variantes étudiées, la température intérieure a pu être diminuée de 4 à 5C° par l'application des solutions d'amélioration au niveau de l'enveloppe.

Tableau 3 : Résultats obtenus par optimisation des caractéristiques de l'enveloppe grâce à l'application des solutions optimales (Source : Auteur, 2017)

## 6. Conclusion

Cette étude consacrée à l'évaluation du fonctionnement thermique de l'enveloppe des bâtiments relevant de l'habitat auto-construit à Biskra, a mis en évidence l'impact des éléments architecturaux et constructifs de l'enveloppe sur les conditions de confort durant la période estivale. Certaines possibilités d'optimisation du fonctionnement thermique de l'enveloppe architecturale de ce type d'habitat, ont été testées. Les résultats de la simulation ont montré qu'il est possible d'améliorer la performance thermique de l'habitat auto-construit à Biskra tout en préservant l'essentiel de ses spécificités, et ce, en agissant de manière judicieuse sur l'enveloppe. Les tests d'optimisation ont montré qu'un abaissement de la température intérieure de 4 à 5C° a été réalisé par l'application de stratégies d'adaptation climatique au niveau de certains éléments et caractéristiques l'enveloppe.

## Références

- [1] : LATRECHE. S., SRITI. L., Etude de l'impact des choix constructifs de l'enveloppe d'un bâtiment sur sa performance thermique. Cas de l'habitat individuel autoproduit à Biskra, Séminaire International sur les Matériaux Locaux et la Construction Durable (SIMaLoCoD), Adrar, le 04 et 05 décembre, 2016.
- [2] : MINISTERE DE L'ENERGIE ET DES MINES, 'Consommation Energétique Finale de l'Algérie, 2012.
- [3]: IZARD. J.L., GUYOT. A., Archi Bio. Editions Parenthèses, Roquevaire, 1979.
- [4]: TRNSYS version 17, User Manual, Solar Energy Laboratory, University of Wisconsin, Madison. USA.
- [5] : GIVONI. B., L'homme l'architecture et le climat. Editions Le Moniteur, Paris, France, 1978.