

# De la comparaison du bâti colonial et contemporain à l'optimisation de l'énergie

## Cas d'étude: les immeubles du Quartier Lafayette à Tunis

Athar CHABCHOUB<sup>#1</sup>, Fakher KHARRAT<sup>#2</sup>

<sup>#</sup>PAE3C, Econe Nationale d'Architecture et d'Urbanisme de Tunis  
Rue El Quods, site archéologique de Carthage, Tunisie

<sup>1</sup>chabchoub.ath@gmail.com

<sup>2</sup>fakherkharrrat.enau@gmail.com

**Résumé**—Au vu des fortes températures à Tunis en été, qui dépassent souvent les 40°C, cet article propose d'étudier l'impact de l'enveloppe (parois opaques et parois vitrées) sur la consommation d'énergie. A cet effet, quatre immeubles du centre-ville de Tunis ont été étudiés (deux coloniaux et deux contemporains).

Pour ce faire, nous avons construit une méthodologie fondée sur deux phases; d'abord une approche analytique permettant, à travers une simulation numérique sur le modèle Trnsys, de comparer la demande énergétique de ces quatre immeubles, et ce, durant le mois d'août. Les résultats de cette comparaison ont montré que les immeubles contemporains sont énergivores puisqu'ils consomment le double d'énergie en refroidissement que leurs semblables coloniaux. Ensuite, à la lumière de ces résultats obtenus et ayant en ligne de mire la volonté de pallier aux défaillances du bâti contemporain, la deuxième phase a fait l'objet d'une étude expérimentale consistant à affecter à l'un des immeubles contemporains étudiés les caractéristiques de l'enveloppe des immeubles coloniaux.

A cet effet, par le biais de nouvelles simulations tests, nous avons agi sur deux éléments constituant l'enveloppe. Concernant la composition des parois opaques, deux scénarii ont alors été étudiés ; une première simulation en affectant des murs en moellons, puis la seconde simulation en affectant des murs en briques pleines. Il en découle, de cette première expérimentation, un gain énergétique de 26 à 31%. Pour ce qui est des parois vitrées, nous avons modifié le taux et le type de vitrage ce qui a permis de réduire la consommation énergétique de 21 %.

Ainsi, de ces résultats, qui ont clairement mis en exergue le pouvoir optimisateur d'énergie que peut avoir l'enveloppe d'un bâtiment sur la demande d'énergie, émanent des recommandations, non exhaustives, à prendre en considération pour d'éventuelles rénovations énergétiques ou même pour des futures constructions adaptées au climat méditerranéen.

**Keywords**— Consommation d'énergie, enveloppe, inertie thermique, efficacité énergétique, Trnsys.

### I. INTRODUCTION

L'invention du béton (et surtout le béton armé) a permis l'élargissement du champ d'action nourrissant ainsi la créativité des concepteurs. Son utilisation prend de l'ampleur puisqu'il offre aux concepteurs l'opportunité de construire plus rapidement mais aussi de pouvoir superposer les étages d'où l'apparition de constructions de plus en plus élancées. Depuis, l'architecture contemporaine est à son apogée, et ce, dans les quatre coins du monde. La majorité des villes affichent, de nos jours, des bâtiments hauts plus extravagants les uns que les autres. Mis à part les prouesses structurelles et architecturales, leurs points communs résident non seulement dans l'utilisation de matériaux d'enveloppe souvent polluants, inadaptés au climat et énergivores, mais aussi dans l'excessivité de l'emploi du "mur-rideau" qui est devenu « l'accessoire » indispensable au langage contemporain. Même si le vitrage offre une visibilité à la lumière du jour, en plus de l'apport d'énergie solaire dont il fait profiter le bâtiment, et le béton un gain de temps et une facilité d'exécution, cependant, l'enveloppe d'un bâtiment, si elle est mal conçue, engendre des espaces inconfortables thermiquement poussant à une surconsommation d'énergie (électricité, chauffage/climatisation).

La production en masse d'« enveloppes » inadaptées au climat constitue l'une des raisons qui ont fait du secteur du bâtiment le plus gros consommateur d'énergie et l'un des secteurs les plus polluants. En effet, sa consommation s'élève à **40%** de la consommation mondiale et contribue à hauteur

de près de **50%** des émissions mondiales des gaz à effet de serre (GES) [1-2]. Les répercussions sont telles que nous nous retrouvons désormais face à un double problème ; d'une part la raréfaction des énergies non-renouvelables et les questions soulevées sur la sécurité d'approvisionnement qui en découlent, et d'autre part, l'impact négatif de ces énergies sur l'environnement qui ont engendré un dérèglement climatique qui n'est pas sans conséquence sur l'être humain. En Tunisie, le déficit énergétique national qui a dépassé, depuis 2015, les 4 Mtep (millions de tonnes équivalent pétrole) [3] s'explique par une forte dépendance des énergies

fossiles (98% de la consommation d'énergie), une croissance continue de la consommation d'énergie de l'ordre de 4% par an et d'un faible taux du potentiel pour l'efficacité énergétique (EE) dans le secteur industriel, du bâtiment et du transport [4]. Dès lors, et face aux débats environnementaux et énergétiques actuels, la réflexion s'oriente de plus en plus vers des solutions d'efficacité énergétique.

A cet égard, les recherches attestent qu'agir sur l'enveloppe d'un bâtiment constitue la meilleure solution passive capable d'assurer une optimisation considérable d'énergie [5-10]. En effet, l'enveloppe d'un bâtiment agit comme la peau pour un être humain. Si la peau est saine et interagit bien avec l'environnement, l'être humain va bien se porter, dans le cas échéant il y aura un inconfort (exemple de la sudation). Il en est de même pour le bâtiment.

Étant l'élément qui sépare l'intérieur de l'extérieur, l'enveloppe d'un bâtiment, à travers ses composants opaques (les murs et planchers) ainsi que ses différents dispositifs d'ouvertures, protège les occupants aussi bien des nuisances (sonore, pollution,...) que des conditions météorologiques et joue également un rôle prépondérant dans les échanges thermiques qui peuvent y avoir entre le bâtiment et son environnement. Ces échanges ne peuvent être favorables qu'en opérant des choix judicieux relatifs aux matériaux (plus précieusement leurs propriétés thermo-physiques ou en d'autres termes leur inertie thermique), aux épaisseurs des différentes couches constituant les parois, aux dimensionnements des parois vitrées et aux orientations [11]. De là, en fonction de sa qualité et surtout des matériaux qui la composent, l'enveloppe peut assurer aux occupants des espaces confortables thermiquement tout en réduisant la consommation énergétique de 40 % [11].

Dans cette perspective, l'objectif du présent article est d'évaluer l'impact des éléments constituant l'enveloppe, en l'occurrence les parois opaques et vitrées, sur la consommation énergétique d'immeubles à Tunis dans le but de formuler des recommandations permettant d'optimiser les performances énergétiques des futures constructions.

## II. MÉTHODE EXPÉRIEMENTALE

### A. Présentation de la zone d'intervention

La Tunisie est le pays le plus au nord du continent africain. Tunis, sa capitale administrative, politique, économique et culturelle, est située dans le Nord-Est du pays, au fond du golfe de Tunis qui se termine au port de la Goulette s'ouvrant sur la mer Méditerranée.

En sortant de l'enclos de la Médina, le centre-ville de Tunis se caractérise par le tissu colonial, qui regorge d'immeubles légués de la période coloniale. Depuis quelques années, et par un changement radical des mœurs et des modes de vie, les immeubles coloniaux, qui initialement étaient destinés à l'habitation, se voient tertiaires et certains d'entre eux démolis pour laisser place aux immeubles contemporains.

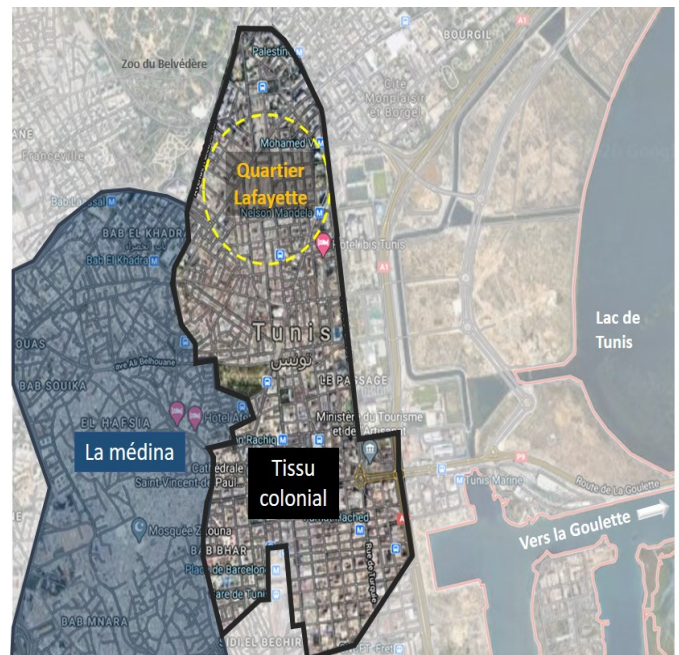


Fig 1. Localisation de la zone d'intervention

Après un inventaire intégral que nous avons fait du tissu colonial du centre-ville de Tunis, celui là compte aujourd'hui plus de 400 immeubles contemporains dont près de la moitié d'entre eux se situent dans le quartier Lafayette justifiant ainsi notre choix de la zone d'intervention [12].

### B. Le climat et la détermination de la période d'étude

La problématique de ce travail étant en rapport avec l'adaptation de l'enveloppe d'un bâtiment au climat et de son impact sur la consommation d'énergie, le climat constitue un élément important au vu des préoccupations actuelles d'ordre environnemental.

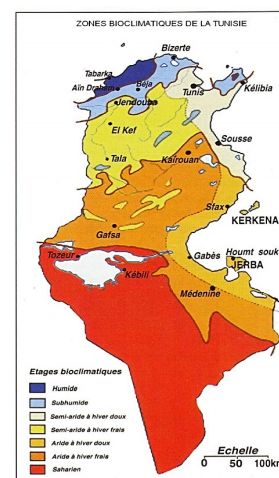


Fig 2. Etages bioclimatiques de la Tunisie (Source : <http://www.environnement.gov.tn>)

En se référant à la carte (Fig. 3) nous remarquons que la ville de Tunis profite d'un climat semi-aride à hiver doux. Ce

climat, qui est caractérisé par l’alternance d’une saison chaude et sèche avec une saison fraîche et pluvieuse, doit ses traits essentiels à la latitude qui commande le régime thermique des saisons ; à la Méditerranée qui tempère à la fois le froid hivernal et la chaleur estivale, et aux mouvements des masses d’air dans l’hémisphère Nord et au relief.

Il faut tout de même noter que ce climat « assez modéré », peut prendre un caractère excessif, que ce soit en hiver, qui constitue la période la plus humide de l’année, mais surtout en été où les températures dépassent souvent les 40°C dans les rues de la capitale. De ce fait, et vu que les occupants des immeubles du centre-ville se plaignent plus des fortes températures estivales que du froid hivernal, en plus du fait qu’en périodes chaudes le recours aux systèmes de climatisation est souvent à l’origine d’une consommation énergétique très élevée, nous entreprenons notre investigation durant le mois le plus chaud; à savoir le mois d’août

### C. Présentation des cas d’étude

Le paysage urbain et architectural du centre-ville de Tunis, et notamment celui du quartier Lafayette, est dessiné par deux types d’immeubles; les immeubles coloniaux et les immeubles contemporains. Pour les besoins de cette étude nous avons constitué un corpus qui renferme quatre immeubles ; deux immeubles de la période coloniale et deux contemporains (l’un d’angle et l’autre mitoyen de trois côtés avec seulement la façade principale donnant sur la rue).



Fig 3. Corpus d’étude

Les deux immeubles contemporains (Cont.R, Cont.A) ont le même procédé constructif, à savoir : des murs en double cloisons en brique creuse et le plancher en corps creux « 16+5 ». Les immeubles coloniaux, quant à eux, ils ont la même composition des planchers qui sont des planchers sur voutains en briques creuses chargées à la terre et poutrelles

métalliques en I (IPN). Pour ce qui est des murs, l’immeuble colonial d’angle (Col.A) est en moellons tandis que l’immeuble colonial n’ayant qu’une seule façade sur rue est en brique pleine.

### D. Méthodologie

Notre recherche s’intéresse à l’impact que peut avoir l’enveloppe d’un bâtiment (parois opaques et parois vitrées) sur ses performances énergétiques. A cet effet, nous avons mis en place une méthodologie constituée de deux phases; d’abord la comparaison, sur le plan énergétique, des quatre spécimens, ensuite une étude paramétrique.

La première phase nous a permis, par le biais de la simulation numérique sur le modèle Trnsys (version 16), d’analyser et de comparer la consommation d’énergie, durant le mois d’août, des quatre immeubles situés dans le quartier Lafayette au centre-ville de Tunis.

La deuxième phase, quant à elle, a fait l’objet d’une étude expérimentale nous permettant, par le biais de nouvelles simulations tests, d’agir sur deux paramètres (composition des murs / taux et type de vitrage). Nous sommes, à cette fin, intervenus sur l’immeuble contemporain d’angle (Cont.A) en lui affectant les caractéristiques des immeubles coloniaux.

Concernant la composition des parois opaques, deux scénarii ont alors été étudiés;

- Une première simulation en affectant des murs en moellons
- Une seconde simulation en affectant des murs en briques pleines

Nous précisons que nous avons uniquement intervenu sur la composition des murs tout en gardant le plancher contemporain de l’immeuble.

Pour ce qui est du deuxième paramètre relatif aux parois vitrées, nous avons, sur le même immeuble contemporain, modifié le taux et le type du vitrage. En effet, nous avons calculé le taux de vitrage dans les deux types d’immeubles et nous avons trouvé que le pourcentage de vitrage de la façade est de 25.09% (Col.A présente un taux de vitrage de 24.80% et celui du Col.R est de 25.38%) dans les immeubles coloniaux et de 46.34% dans les immeubles contemporains (Cont.A présente un taux de vitrage de 49.48% et celui du Cont.R est de 43.20%). De là, nous avons donc réduit le taux de vitrage de l’immeuble contemporain d’angle de manière à ce que le pourcentage de vitrage des façades se rapproche considérablement de celui des immeubles coloniaux (en d’autres termes nous avons réduit le taux de vitrage de l’immeuble contemporain de presque la moitié afin qu’il atteigne 25%).

De plus, comme les murs rideau (ainsi que les autres fenêtres) des immeubles contemporains sont en double vitrage SECURIT (8mm STOPSOL bleu à l’extérieur + 10 mm lame d’air + 8mm de vitrage clair à l’intérieur) et que ce genre de vitrage réflecteur engendre une surchauffe à l’intérieur des espaces, nous avons également modifié le type de vitrage en

le remplaçant par un vitrage clair de 4mm comme celui des immeubles coloniaux.

### III. RÉSULTATS

#### A. Comparaison de la demande énergétique

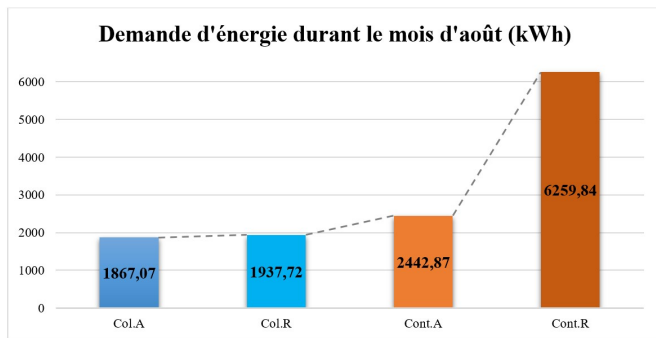


Fig 4. Comparaison de la demande énergétique en refroidissement des immeubles étudiés (kWh)

En étudiant la demande en énergie des quatre immeubles, nous constatons que la consommation énergétique des immeubles coloniaux (Col.A vs Col.R) affiche un écart minime, les immeubles contemporains (Cont.A vs Cont.R), quant à eux, affichent un écart considérable. En effet, l'immeuble contemporain n'ayant qu'une seule façade sur rue (Cont.R) consomme plus que le double de la consommation de l'immeuble contemporain d'angle (Cont.A).

En calculant la moyenne de la consommation d'énergie des immeubles coloniaux (1902.40 kWh) et celles des immeubles contemporains (4351.36 kWh), les résultats montrent que les immeubles contemporains sont très énergivores puisqu'ils consomment plus que le double d'énergie en refroidissement que leurs semblable coloniaux.

Par ailleurs, n'ayant pas la même superficie, nous avons ramené la consommation d'énergie à la surface des immeubles, nous obtenons les résultats présentés dans le tableau ci-dessous;

Tableau 1. Moyenne de la consommation d'énergie des immeubles coloniaux et contemporains (kWh)

	Moyenne de la consommation d'énergie (kWh)	Superficie (m <sup>2</sup> )	Consommation d'énergie / Superficie
Immeubles coloniaux	1902.40	1776	4.4 kWh/m <sup>2</sup>
Immeubles contemporains	4351.36	2014	8.3 kWh/m <sup>2</sup>

En additionnant la consommation d'énergie des immeubles coloniaux, rapportée au m<sup>2</sup>, et celle des immeubles contemporains, nous constatons, là encore, que les immeubles contemporains, avec 8.3 kWh/m<sup>2</sup>, consomment presque le double des immeubles coloniaux (qui eux ne consomment que 4.4 kWh/m<sup>2</sup>).

#### B. Etude expérimentale

Pour essayer de comprendre les raisons de la forte demande énergétique des immeubles contemporains, nous avons affecté à l'immeuble contemporain d'angle (Cont.A) les caractéristiques des immeubles coloniaux relatifs à l'enveloppe (composition des murs, taux et type de vitrage). Nous précisons que nous avons modifié, à chaque fois simulation, un seul et unique paramètre dans le but d'évaluer l'action de chaque paramètre isolé sur la consommation d'énergie des immeubles.

- *Paramètre 1 : Impact de la modification de la composition des murs (parois opaques)*

Dans la perspective d'une amélioration de la qualité thermique des espaces intérieurs, et ce, sans recours aux systèmes de chauffage ou de refroidissement, l'idée consiste à intervenir sur le flux de chaleur.

Dans cette optique, substitué les matériaux, contemporain de faible inertie thermique, composant les parois opaques par ceux des immeubles coloniaux, connus pour leur forte inertie thermique.

Les résultats montrent que les deux scénarii étudiés nous ont permis d'optimiser la consommation énergétique en refroidissement durant le mois d'août. De ces deux scénarii, le deuxième scénario 2 (murs en briques pleines) s'avère être plus efficace puisqu'il offre un gain de l'ordre de 752.69 kWh.

Le premier scénario (murs en moellons), quant à lui, a permis une réduction de la demande en énergie de 634.64 kWh.

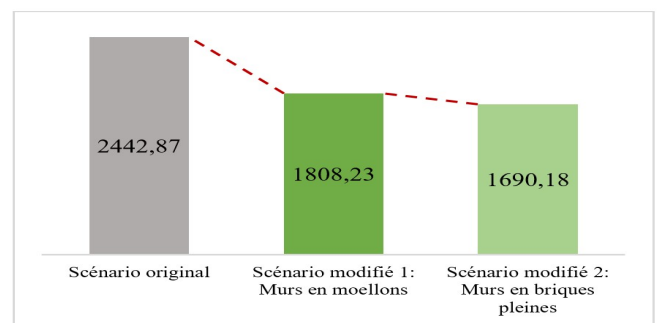


Fig 5. Impact de la modification de la composition des parois opaques sur la consommation d'énergie (kWh)

- *Paramètre 2 : Impact de la modification du taux et type de vitrage (parois vitrées)*

La réduction du taux de vitrage de l'immeuble contemporain Cont.A de 25% et en modifiant le type de vitrage (d'un vitrage double à simple), les résultats permettent de déduire clairement un gain de la consommation énergétique de l'ordre de 533.28 kWh.

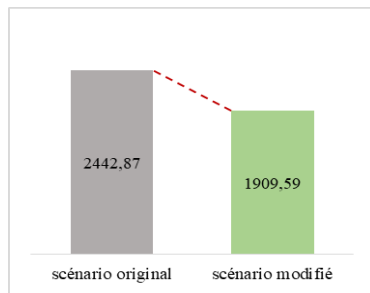


Fig 6. Impact de la modification des parois vitrées sur la consommation d'énergie (kWh)

#### IV. DISCUSSION

Dans une ère de transition énergétique et au regard des résultats de cette étude expérimentale, nous pouvons en déduire que les matériaux sont d'une importance capitale quant à l'optimisation de la demande en énergie. En effet, nous sommes arrivés à démontrer qu'en affectant à l'immeuble contemporain d'angle Cont.A les caractéristiques de l'enveloppe des immeubles coloniaux cela a permis de réduire considérablement la facture énergétique du bâtiment et indirectement limiter son impact aussi bien sur la santé des occupants que sur l'environnement. Cependant, des deux paramètres étudiés, il s'avère que le paramètre le plus influant est celui relatif au changement de la composition des parois opaques (paramètre 1).

- *Retour sur les résultats relatifs à la modification des matériaux des parois opaques*

Les résultats montrent que les matériaux qui composent l'enveloppe des immeubles coloniaux sont plus performants et économes en énergie. L'impact de la modification des propriétés physiques des parois opaques s'explique par le fait que les immeubles coloniaux, de par les matériaux naturels, lourds et compacts avec lesquels ils sont construits, présentent une forte inertie thermique. Cela revient à dire, qu'avec une forte inertie thermique, ces immeubles ont pu, d'une part contrôler la quantité du rayonnement absorbé et d'autre part équilibrer les températures en accumulant le jour, la chaleur qu'ils restitueront la nuit pour assurer une température moyenne intérieure évitant ainsi tout inconfort thermique incitant à l'utilisation des systèmes de conditionnement d'air.

En revanche, les parois des immeubles contemporains, qui sont construites avec des matériaux à faible inertie thermique, suivent sans amortissement ni retard les fluctuations de la température extérieure (autrement dit si les températures extérieures augmentent, les températures intérieures vont également augmenter parallèlement et simultanément), expliquant ainsi leurs demande élevée en énergie.

De là, les résultats appuient ces dires en montrant qu'avec le recours à des matériaux à forte inertie thermique, dans le climat méditerranéen, nous pouvons optimiser l'énergie en refroidissement par un gain de près de 26% en substituant les

matériaux des parois opaques de l'immeuble contemporains par des murs en moellons, et de près de 31 % en les remplaçant par des briques pleines.

- *Retour sur les résultats relatifs à la modification des parois vitrées*

Même si le vitrage constitue un gain solaire important pour le bâtiment, cependant, ce gain est en très grande partie responsable de divers effets sur le bâtiment. Il peut être efficace en hiver puisqu'il constitue un apport gratuit d'énergie et néfaste en été en causant un inconfort thermique poussant ainsi à une grande consommation d'énergie.

En réduisant le taux de vitrage de l'immeuble Cont.A de 25% (pour avoir le même taux de vitrage présent sur les façades des immeubles coloniaux) et en remplaçant les murs rideau en double vitrage par de simples vitraux clairs et de petite épaisseur, les résultats affichent un gain d'énergie de 21%. Cela s'explique du fait qu'un double vitrage ne réfléchit que les rayons solaires à petite et moyenne longueur d'onde et les empêche de pénétrer à l'intérieur du bâtiment, mais il ne réfléchit pas les rayons à grande longueur d'onde ce qui permet leurs pénétrations à l'intérieur des espaces en provoquant ainsi leurs surchauffes.

Nous retenons alors que la nature du vitrage (type) a une grande influence sur la transmission énergétique du rayonnement solaire suivant si le vitrage en question est clair, absorbant ou réfléchissant.

Nous notons aussi que le fait de réduire la largeur des fenêtres et d'augmenter la longueur garanti une meilleure aération et un apport considérable de lumière, et ce en prenant en considération aussi bien l'orientation que les différentes saisons, sans altère la qualité thermique (ni le confort visuel).

#### CONCLUSION

Cette étude nous a permis de prouver que le choix des matériaux de l'enveloppe a un impact considérable sur le confort et sur la consommation d'énergie. Ce choix est tributaire de l'inertie thermique des matériaux, de l'orientation et du climat puisqu'ils constituent des facteurs déterminants dans les échanges thermiques entre le bâtiment et son environnement. Des résultats émanent des recommandations, non exhaustives, que les concepteurs doivent prendre en considérations pour concevoir des bâtiments adaptés au climat méditerranéen.

- D'abord, nous recommandons de prendre exemple sur l'enveloppe (parois opaques) des immeubles coloniaux et de construire avec des matériaux à forte inertie thermique puisqu'ils se sont avérés être les mieux adaptés à notre climat en limitant l'inconfort dû aux variations des températures extérieures (surtout en été) et en offrant la possibilité de se passer de la climatisation ou au mieux de réduire son utilisation.

Nous préconisons également d'éviter les constructions actuelles (double paroi en briques creuses) en raison de

leurs faible inertie thermique, en plus, du fait qu'en Tunisie généralement nous ne posons pas d'isolation entre les deux parois qui composent le mur ce qui engendre des déperditions thermiques poussant à une utilisation excessive du climatiseur (ou du chauffage en hiver) augmentant ainsi la facture d'énergie.

- Pour ce qui est des parois vitrées dont les apports dus à l'ensoleillement représentent 50 à 80% des charges totales des locaux climatisés [13], nous recommandons, pour la Tunisie qui profite en moyenne de 10 heures d'ensoleillement en été, de limiter les surfaces vitrées entre 25% et 40% de la surface de la façade. Nous pouvons également maîtriser le rapport transparence-opacité en proposant des fenêtres en longueur qui garantissent, d'une part, une bonne ventilation et d'autre part la pénétration de la lumière naturelle évitant ainsi les gains de chaleur engendrés par la lumière artificielle.
- Par ailleurs, il va sans dire que la nature du vitrage a une grande influence sur la transmission énergétique du rayonnement solaire suivant si le vitrage en question est clair (laisse pénétrer la lumière et le rayonnement solaire), absorbant (étant teinté, cela permet de diminuer la fraction transmise du rayonnement solaire ce qui réduit considérablement la lumière et l'énergie transmise) ou réfléchissant (permet d'accroître la transmission directe du rayonnement réfléchi tout en diminuant la fraction transmise). Le choix de la nature du vitrage se fait en fonction de l'orientation, de la dimension des fenêtres, de la présence ou l'absence des protections solaires et de la période (estivale ou hivernale).

Pour conclure, en tenant compte des paramètres climatique et de l'orientation, agir sur l'enveloppe d'un bâtiment constitue une stratégie d'efficacité énergétique qui tend à être une alternative pour d'éventuelles rénovations énergétiques ou même pour des futures constructions adaptées au climat méditerranéen.

#### REFERENCES

- [1] DOE, 2012, United States Department of Energy Corporate overview. [https://www.energy.gov/sites/prod/files/DOE\\_Corporate\\_Overview-2012.pdf](https://www.energy.gov/sites/prod/files/DOE_Corporate_Overview-2012.pdf)
- [2] ANME : Agence Nationale pour la Maîtrise de l'Energie (<http://www.anme.nat.tn>).
- [3] International Energy Agency (IEA), 2015, <http://www.iea.org/newsroomandevents/pressreleases/2015/nove-mber/low-prices-should-give-no-cause-for-complacency-onenergy-security-iea-says.html>.
- [4] BAHRI Mounir, 2009, « Programme d'efficacité énergétique en Tunisie », Agence Nationale pour la Maîtrise de l'Energie.
- [5] M.Jedidi et A.Abroug, 2018, *Etude de l'efficacité énergétique d'un bâtiment en Tunisie*, 1<sup>er</sup> Colloque International des Energies Nouvelles et Renouvelables-Innovation et Progrès Scientifique CIENRIPS'2018.
- [6] N.Nait et F.Bourbia, 2019, *Amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments par la réhabilitation thermique de l'enveloppe en climat semi-aride*, 5th International Conference on Energy, Materials, Applied Energetics and Pollution, ICEMAEP2019, Algérie.
- [7] A.Aldawoud, 2017, *Assessing the energy performance of modern glass facade systems*, International Conference on Advances in Sustainable Construction Materials & Civil Engineering Systems (ASCMCES-17), MATEC Web Conf, Vol.120 (<https://doi.org/10.1051/mateconf/201712008001>)
- [8] N.Aste, F.Leonforte, M.Manfren and M.Mazzon, 2015, Thermal inertia and energy efficiency-Parametric simulation assessment on a calibrated case study, *Applied Energy*, Vol.145, pp.111-123.
- [9] H.Maamar, 2016, *Choix de l'orientation et des matériaux de construction en vue d'améliorer les performances thermiques des bâtiments*, Thèse de doctorat, spécialité : Physique Energétique, Université ABOU-BEKR BELKAID, Tlemcen, Algérie.
- [10] D.Zekraoui et N.Zemmouri, 2017, « The impact of window configuration on the overall Building Energy Consumption under specific Climate Conditions », *Energy Procedia*, volume 115, pages 162-172.
- [11] S.Latreche et L.Sriti, 2018, Optimisation énergétique d'un bâtiment résidentiel autoproduite à Biskra à travers ses caractéristiques matérielles, *Revue des Energies Renouvelables*, Vol.21, N°3 (433 – 443).
- [12] A.Chabchoub, 2019, *Etude et évaluation du confort thermique et son impact sur la consommation énergétique des immeubles coloniaux et contemporains, Cas d'étude : Quartier Lafayette*, Thèse de doctorat en sciences de l'architecture, Ecole Nationale d'Architecture et d'Urbanisme de Tunis.
- [13] C.Bougriou, A.Hazem, K.Kaouha, 2000, *Protections solaires des fenêtres*, *Rev. Energ. Ren.* Vol.3, pp.127-135.