Journal of Advanced Research in Science and Technology
ISSN: 2352-9989

Amélioration de la performance énergétique des Bâtiments résidentiels en Tunisie entre le choix et l'exigence

Rahma Ben Amor [1*], Naima Gueddich [2]

[1] Département Génie Civil, Institut Supérieur des Études Technologiques de Nabeul, Nabeul, Tunisie
[2] Département Génie Civil, Institut Supérieur des Études Technologiques de Sfax, Sfax, Tunisie

Abstract. In Tunisia, the energy situation is one of the major problems in terms of supply, efficiency and pollution. The increasing of the demand and the natural decline of national fossil fuel resources are the main challenges to overcome. To deal with these problems, the Tunisian authorities have put in place a national energy policy that is compatible with the country's sustainable development.
At the present time, the building sector is considered to be one of the most sectors which is affected by the new measures to improve energy efficiency. Many thermal regulations have appeared, and are regularly updated, researches and new techniques are focusing on improving the thermal comfort of buildings while optimizing energy consumption.
The objective of this work is the diagnosis of the energy efficiency of a residential building located in Tunis. The energy performances are analyzed according to a parametric study whose aim is to examine the effect of certain choices made during the design of the building on its energy consumption, mainly the orientation, the types of the windows their shading, type of materials and insulation.
The result is compared to the Tunisian regulations. In this regard, simulations were carried out using the software simulation of thermal behavior CLIP, which provides the annual heating and cooling needs of the building and gives the class of consumption.

Keywords : *insulation - orientation - shading - energy efficiency - thermal regulation - additional cost*

Résumé. En Tunisie, la situation énergétique se trouve au cœur des problèmes en termes d'approvisionnement, d'efficacité et de pollution. L'accroissement de la demande, l'instabilité du marché pétrolier et le déclin naturel des ressources nationales en énergies fossiles sont les principaux défis à surmonter. Pour faire face à ces problèmes les autorités Tunisiennes ont mis en place une politique énergétique nationale compatible avec un développement viable du pays basé sur l'efficacité énergétique et l'utilisation des énergies renouvelables.
A l'heure actuelle, le secteur du bâtiment est l'un des secteurs les plus touchés par les nouvelles mesures visant à améliorer l'efficacité énergétique. Des nombreuses réglementations thermiques ont apparu, et s'actualisent régulièrement, des recherches, des nouvelles techniques se sont orientées vers l'amélioration du confort thermique des habitats tout en optimisant la consommation énergétique.
L'objectif visé dans le cadre de ce travail est le diagnostic de l'efficacité énergétique d'un bâtiment résidentiel situé dans la zone de Tunis.

© 2020 JARST. All rights reserved

* Rahma Ben Amor.
E-mail: rahmabenamor@gmail.com
Address: Campus universitaire Mrezgua, Nabeul, Tunisie

Mots clés : *isolation – orientation – ombrage – efficacité énergétique – règlementation thermique - surcoût*

1. Introduction

Le décalage entre les réserves d'énergie disponibles et la consommation énergétique contemporaine n'est plus à démontrer. La consommation actuelle est en forte croissance ce qui conduira à court ou moyen terme à une pénurie dramatique des énergies disponibles. La Tunisie était considérée comme un pays exportateur de pétrole et de gaz durant le dernier siècle, elle est devenue importatrice à partir des années 2000. La principale raison de ce revirement est l'accroissement de la demande et la baisse conjointe de la production énergétique [1]. En 2015, le déficit de la balance énergétique a atteint 6,4 millions Tep, l'importation d'énergie est la deuxième dépense la plus importante dans le bilan commercial tunisien [2].

Le secteur bâtiment est fortement concerné par ces problématiques, d'après l'Observatoire National d'énergie l'évolution sectorielle de la consommation finale des énergies commerciales montre que le taux de croissance de la part énergétique du secteur du bâtiment dépassera le taux de croissance de la consommation totale à l'horizon 2030 [3].

L'agence nationale pour la maitrise de l'énergie a indiqué que la consommation énergétique des ménages a connu une forte croissance, consécutive à l'amélioration du niveau de vie de la population, passant d'environ 0,31 tep/ménage en 1990 à près de 0,41 tep/ménage en 2006. Cette augmentation de la consommation unitaire s'est accompagnée également par une transformation de la structure de la consommation finale en faveur de certains nouveaux usages dont notamment le chauffage et la climatisation dont la part est passée de 20% en 1989 à 26% en 2004 [4].

Actuellement, les efforts sont de plus en plus concentrés sur l'amélioration de la conception de l'enveloppe du bâtiment en s'intéressant d'avantage à l'amélioration de la performance thermique des matériaux et des techniques d'isolation.

Un bâtiment inadapté à son climat représente un véritable gouffre énergétique. L'idée forte est que la qualité thermique du bâtiment doit permettre d'offrir un confort minimal de manière naturelle. Dans le cas où un niveau de confort plus élevé serait demandé, cette exigence entraînera des économies d'énergie et des équipements moins coûteux [5]. Pour mettre en action cette nécessité un cadre réglementaire est apparu depuis l'année 2008 pour fixer un référentiel thermique conforme aux spécifications d'économie d'énergie pour les différents types des bâtiments.

Cette étude s'inscrit dans ce cadre, elle est constituée par quatre phases distinctes. La première phase consiste à la description du système énergétique actuel en Tunisie, la deuxième est consacrée à la présentation de la méthodologie de travail, on présentera dans cette partie le cas d'étude choisi, la méthode de calcul ainsi que les différents paramètres étudiés. La troisième phase est dédiée à l'analyse et la discussion des résultats trouvés. Diverses solutions ou variantes sont proposées, ce qui permet de faire un choix pertinent assurant un meilleur confort thermique. On vérifie dans la quatrième partie la conformité du bâtiment vis-à-vis de la réglementation tunisienne en montrant le surcoût engendré par l'isolation. On finira par une conclusion avec des recommandations concernant cette étude.

2. Materiel et méthode

Le bâtiment doit s'intégrer à la morphologie du site et à son environnement existant. Afin de réaliser des bâtiments peu énergivores, il est nécessaire de penser à une conception permettant de faire des économies en énergie en bénéficiant des avantages du site de construction. L'implantation du bâtiment veillera à une orientation et une disposition favorisant la captation des apports solaires en hiver et la création d'ombrage en été. Toutes ces solutions avec une isolation bien étudiée du bâtiment sont très avantageuses et permettent d'atteindre des hautes performances énergétiques.

© 2020 JARST. All rightsreserved

La démarche proposée dans ce travail vise l'exploitation de ces paramètres en trois étapes successives et complémentaires :

-La première étape concerne l'étude de l'effet de l'orientation du vitrage, du pourcentage de l'ombrage et de l'isolation. Le but de cette étude paramétrique est de démontrer l'intérêt d'une conception bioclimatique dans la diminution des besoins énergétiques.

-La deuxième étape, consiste à tester la conformité du bâtiment étudié par rapport aux normes de la réglementation thermique tunisienne et de déterminer sa classe énergétique avant et après l'étude paramétrique.

-La troisième étape a pour objectif de mettre en valeur l'intérêt de l'isolation en s'appuyant sur une étude économique dans laquelle on présentera le surcoût de l'isolation.

2.1. Description du cas d'étude choisi

Le choix est porté sur un bâtiment à usage d'habitation situé à la zone de Tunis de type villa d'une surface de 230 m^2 dont la façade principale est orientée Nord. Le bâtiment comporte 4 façades exposées au vent, chacune est constituée par des murs extérieurs et des fenêtres. La figure 1 représente l'architecture du cas d'étude choisi.

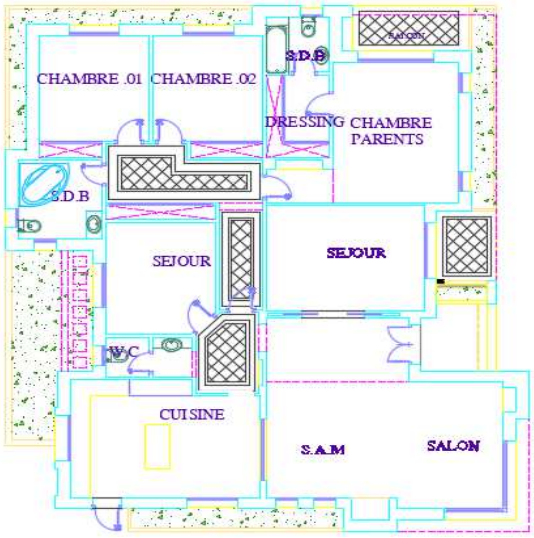

Fig. 1: Plan du bâtiment étudié.

2.2. Paramétres étudiés

Le but de cette partie est de déterminer les meilleurs techniques et dispositions à mettre en œuvre lors de la conception et l'exécution pour rationnaliser la consommation de l'énergie dans un bâtiment. Les paramètres étudiés sont regroupés selon la figure 2.

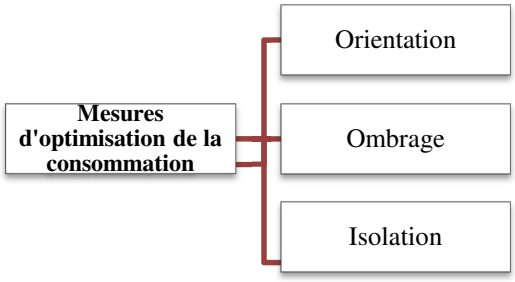

Fig. 2: Mesures d'optimisation de la consommation énergétique dans un bâtiment.

© 2020 JARST. All rightsreserved

2.2.1. Orientation du vitrage

Le vitrage joue un rôle important dans le comportement thermique d'un bâtiment, néanmoins son orientation n'est pas à négliger. Les apports solaires dépendent de la trajectoire du soleil et de la durée d'exposition, ils sont ainsi liés à la position du soleil qui change selon les saisons. C'est à travers cette réflexion que l'influence de ce paramètre a été analysée. Dans notre cas d'étude les baies vitrées sont concentrés sur la façade principale orientée Nord. On calculera les déperditions thermiques dans ce cas puis on abordera les différents cas d'orientation de la façade principale, le but étant de tirer le la direction la plus favorable énergétiquement.

2.2.2. Ombrage

Le choix et la position d'ombrage doivent dépendre des conditions d'ensoleillement de ce fait, les apports solaires en hiver sont les bienvenus car ils permettent d'économiser une quantité importante d'énergie. Par contre en été ils sont à éviter puisqu'ils causent des surchauffes. La solution optimale à envisager est donc différente selon l'orientation de la façade et l'environnement du bâtiment. Pour le cas étudié on supposera l'absence du facteur ombrage et on proposera une création d'ombrage par des dispositions mobiles amovibles permettant ainsi de réduire les apports en chaleur en été tout en permettant la pénétration des rayons solaires en hiver

2.2.3. Isolation

Le rôle de l'isolation thermique est de s'opposer au passage des flux de chaleur qui tendent à traverser l'enveloppe d'un bâtiment à travers des zones faibles et sensibles, Ces zones sont multiples et estimés aux portions suivants : Murs 25%, fenêtre 13%, toiture 30%, ponts thermiques 5%, sol 3%, [6].

Plus le flux échangé entre l'ambiance intérieure et extérieure est important plus le confort thermique n'est plus garanti. La solution étant d'affaiblir ces transferts en intercalant des matériaux isolants afin d'améliorer la qualité thermique de l'enveloppe. Dans cette partie on essayera d'appliquer une isolation au niveau des parois verticales et horizontales et d'améliorer la qualité thermique des vitrages.

Pour cela, on se propose de décrire la composition des différentes parois du bâtiment et d'identifier le coefficient de transmission thermique U des parois avant et après l'isolation. Avant l'isolation, les murs extérieurs sont formés en double cloison avec une lame d'air d'épaisseur 35 cm. Les caractéristiques de différentes couches sont données dans le tableau 1.

Tab.1 : Composition des murs extérieurs.

Matériaux	Enduit de plâtre	Briques de 12 sur chant	lame d'air	Briques plâtrières	Enduit de mortier
Épaisseur e (cm)	1	20	5	6.5	2.5
Conductivité (W/mK)	0.35	0.471	0.3	0.471	1.15

Pour le plancher terrasse il est accessible, les épaisseurs et la conductivité thermique de différentes couches sont présentées par le tableau 2.

Tab.2 : Composition du plancher haut terrasse.

Matériaux	Épaisseur e (cm)	Conductivité (W/mK)
Carrelage	3	0.47
Mortier	2.5	1.15
Lit de sable	2	0.33
Étanchéité	0.4	0.23
Enduit de ravoirage	1	1.15
Béton	15	1.75
Corps creux	16	0.94
Mortier	2	1.15

© 2020 JARST. All rightsreserved

Les vitrages utilisés initialement sont coulissantes, en menuiseries aluminium, les caractéristiques thermiques des fenêtres sont illustrées dans le tableau 3.

Tab.3 : Caractéristiques thermiques d'un simple vitrage

Fenêtre	Coefficient de transmission U (W/m2K)	Facteur solaire
Simple vitrage	6.172	0.95

En appliquant l'isolation, La lame d'air pour les murs en double cloisons est remplacée par la laine de roche de conductivité thermique 0.04 W/mK. Le coefficient de transmission a baissé ainsi 1.05 à 0.49W/m²K.

Pour le plancher terrasse, on garde les mêmes couches en intercalant une couche de polystyrène extrudé de conductivité thermique 0.035 W/mK et d'épaisseur 7 cm. La valeur du coefficient de transmission a été réduite de 1.71 W/m²K à 0.386W/m²K. Finalement les vitrages simples sont remplacés par des vitrages doubles faiblement émissifs de coefficient de conductivité 1.65 W/m²K.

2.3. Méthode de calcul

Les transferts thermiques au sein de l'enveloppe sont traités par simulation numérique. Sachant qu'une paroi de bâtiment peut donner lieu à trois transferts thermiques différents :

- La conduction au sein de la paroi,
- La convection entre les faces de la paroi et les ambiances fluides qu'elle sépare,
- Le rayonnement à travers des rayons infra-rouges.

Le flux thermique échangé par convection et rayonnement se fait de part et d'autre de la paroi donnant ainsi lieu à un flux intérieur et un flux extérieur. Le bilan thermique pour chaque face s'écrit comme suit :

$$\emptyset_{int} = \emptyset_{cond} = \emptyset_{ext} \qquad (1)$$

Le flux total dissipé est calculé en régime continu indépendamment du système de chauffage il comprend :

- Le flux par transmission à travers les parois
- Le flux par renouvellement d'air
- Le flux par transmission linéique entre les parois

$$\emptyset_T = \emptyset_s + \emptyset_l + \emptyset_{vent} \qquad (2)$$

2.4. Simulation numérique

L'étude thermique est élaborée en utilisant un logiciel de simulation numérique « CLIP », le principe de la simulation est de diviser le bâtiment en éléments simples murs, planchers et vitrage. Le logiciel permet de situer dans chaque cas, la consommation énergétique du bâtiment par rapport à la règlementation thermique tunisienne et de donner la classe de consommation. Le calcul se fait en déterminant les besoins énergétiques annuels pour le chauffage sur la période d'hiver pour une température intérieure de base de 20°C et des besoins énergétiques annuels pour le refroidissement sur la période d'été pour une température intérieure de base de 26°C [7].

© 2020 JARST. All rightsreserved

3. Résultats et interpretations

3.1. Étude paramétrique

3.1.1. Orientation

Le bâtiment étudié présente une façade principale Nord, Pour mettre en évidence l'effet de l'orientation du vitrage, les besoins thermiques en hiver et en été ont été calculés, les résultats trouvés ont été comparés par rapport à une orientation principale Sud, Ouest et Est. Les baies vitrées sont considérées uniquement sur la façade étudiée en gardant une surface constante pour les différents murs extérieurs, le vitrage utilisé est simple d'épaisseur 6 mm. La figure 3 montre les besoins énergétiques en hiver liés au confort thermique pour les quatre directions. On remarque que le Sud représente la direction la plus performante énergétiquement puisqu'il présente le moins de besoins. En le comparant à la direction Nord on constate une augmentation importante des besoins qui passent progressivement de 40 KWh/ m^2 à 50 KWh/ m^2. Cette constatation s'explique par le fait que la paroi exposée direction Sud offre un meilleur ensoleillement en hiver du fait qu'elle est éclairée naturellement pendant les heures les plus intéressantes de la journée. La direction Nord ne reçoit pratiquement pas des apports solaires utiles en saison froide c'est une paroi froide causant souvent une sensation d'inconfort thermique qui peut être accentué par l'apparition d'humidité et de moisissures.

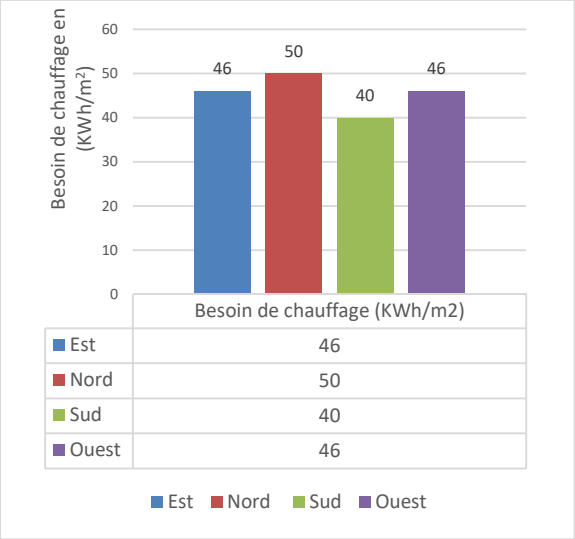

Fig. 3: Besoin énergétique de chauffage.

Le passage d'une orientation Nord à une orientation Sud permet un gain d'environ 20 % en hiver. En été la direction Nord est toujours à l'abri du soleil. Pour le Sud, les apports solaires sont limités puisque la trajectoire du soleil est en dessus du bâtiment. L'utilisation des protections solaires pour les vitrages peuvent réduire considérablement les rayonnements solaires. Bien que les besoins énergétiques en saison chaude ont été fortement réduits pour le Nord la direction Sud reste toujours la plus performante. La figure 4 montre les besoins annuels pour les différentes directions.

© 2020 JARST. All rightsreserved

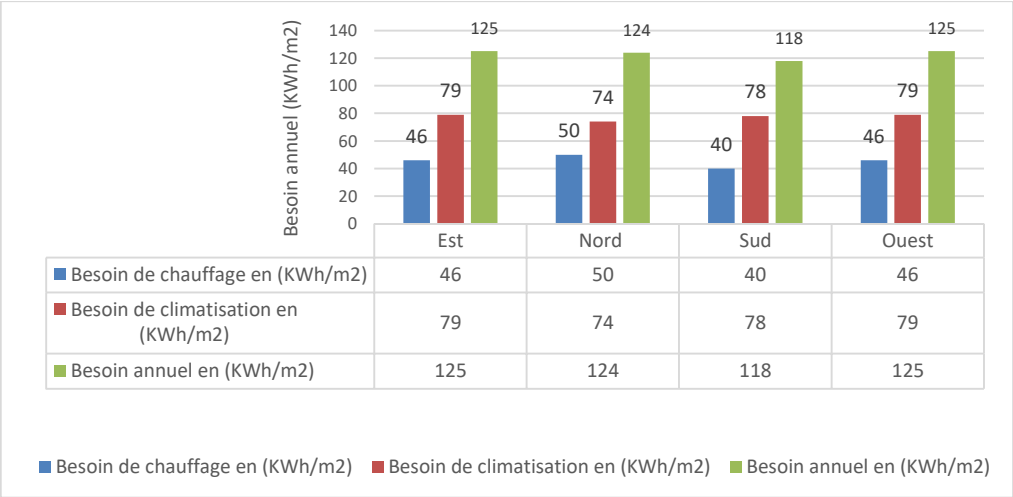

Fig.4 : Besoins énergétiques annuels des différentes orientations

La direction Est est la deuxième direction à privilégier après la direction Sud avec un besoin énergétique annuel de 123 KWh/ m^2, le problème majeur pour l'Est et l'Ouest est la direction des rayons solaires qui pénètrent directement par les ouvertures ce qui est difficile à réduire par les protections solaires. En été les rayons solaires en Ouest arrivent au moment le plus chaud de la journée ce qui est peu toléré par l'usager influençant ainsi la sensation du confort thermique.

Le gain énergétique annuel réalisé en privilégiant une direction Sud est d'environ 5.7 % ce gain correspond à un taux des baies vitrées de 21 %. Ce gain peut être amélioré pour des taux plus élevés. La figure 5 montre l'évolution de la valeur du gain en fonction de pourcentage des baies vitrés. D'après les résultats on peut conclure que l'orientation du vitrage permet une réduction importante d'énergie surtout pour les grandes surfaces des vitres. Cette réduction peut arriver jusqu'à 9.4 % pour le cas d'un taux de baies vitrés de 50%.

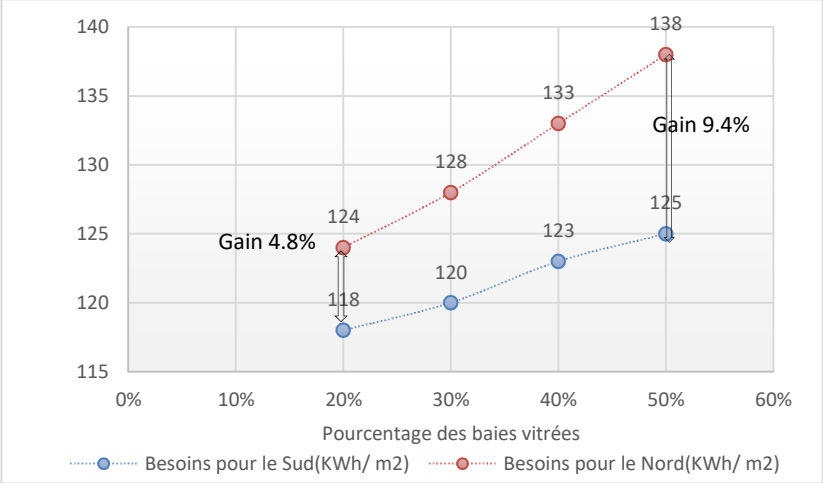

Fig.5 : Évolution des besoins énergétiques annuels en fonction du taux relatif des baies vitrées.

L'optimisation de l'orientation des baies vitrées conduit à choisir une direction principale Sud, une minimisation des surfaces vitrées orientées direction Nord, des surfaces vitrées raisonnées et réfléchies pour les orientations Est et Ouest ce qui contribuerait à l'amélioration de l'éclairage naturel en hiver et la ventilation naturelle en été lorsque les fenêtres sont ouvertes.

© 2020 JARST. All rightsreserved

1.1.1. Ombrage

Considérant une façade principale Sud, le but étant toujours d'améliorer la performance thermique du bâtiment. On considère maintenant la géométrie réelle du bâtiment étudié. Les rayons solaires constituent une source d'apports et d'ensoleillement en hiver et une source de surchauffe pendant l'été, ils doivent être ainsi réduits pour une meilleure sensation de confort. On se propose ainsi de créer de l'ombrage, pour cela plusieurs pourcentages d'ombrage de 10 % à 50% ont été analysés. La figure 6 illustre la variation des besoins thermiques en été en fonction du pourcentage d'ombrage. Les résultats obtenus montrent que plus on augmente l'ombrage en été plus les besoins sont réduits.

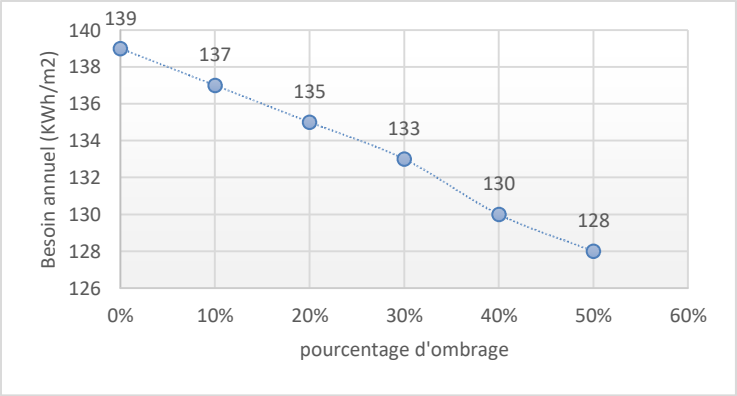

Fig.6 : Évolution du besoin énergétique en été en fonction du pourcentage d'ombrage.

1.1.2. Isolation

L'implantation du bâtiment ainsi que son enveloppe thermique influencent énormément la quantité d'énergie consommée, le bâtiment étudié est entouré de ses différentes cotés par le milieu extérieur ce qui a accentué les transferts thermiques vers l'extérieur. L'isolation est parmi les mesures les plus efficaces en termes de réduction des déperditions thermiques. Cela est prouvé par les résultats présentés dans le tableau 4 où la valeur du besoin énergétique annuel a été considérablement diminuée passant progressivement de 128 KWh/m^2 avant l'isolation à 59 KWh/m^2 avec un gain de 54 %.

Le flux économisé dépend de la nature et l'épaisseur de l'isolant utilisé. Pour les murs extérieurs le choix d'une épaisseur de 4 cm est justifié par l'épaisseur de la lame d'air, pour la toiture plus on augmente l'épaisseur plus l'isolation est meilleure toutefois la contrainte cout et facilité d'exécution sont à ne pas à négliger.

Tab.4 : Besoins énergétiques avant et après l'isolation

Besoins énergétiques sans isolation (KWh/m^2)	Besoins énergétiques avec isolation (KWh/m^2)
128	59

Les données illustrées sur la figure 7 aident à présenter d'une façon plus claire les résultats trouvés.

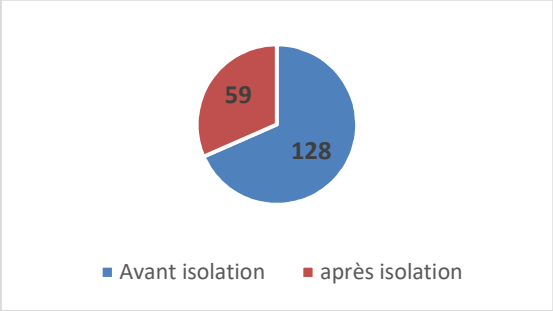

Fig.7 : Représentation graphique des besoins énergétiques avant et après l'isolation.

© 2020 JARST. All rightsreserved

Ce qui précède a montré l'intérêt de tout paramètre pour optimiser la consommation et améliorer le confort. On retiendra qu'un seul paramètre ne suffit pas pour assurer un confort optimal. La prise en considération de tous les paramètres permet d'atteindre une valeur considérable du gain permettant multiple avantages.

3.2. Réglementation thermique

L'étude énergétique permet de déterminer la classe de performance énergétique d'un bâtiment. Le nombre des classes est égale à 8, pour s'assurer de son conformité le bâtiment doit répondre aux performances thermiques des classes de 1 à 5 [8]. En calculant les besoins énergétiques annuels pour le bâtiment avant et après l'étude paramétrique, on obtient les résultats mentionnés dans le tableau 5.

Tab.5 : Classe énergétique du bâtiment avant et après l'isolation.

Cas d'étude	besoins annuels (kWh/m2)	Classe énergétique
Avant étude paramétrique	139	Classe 8
Après étude paramétrique	59	Classe 5

D'après l'étude énergétique on peut affirmer que le bâtiment présente une consommation élevée ce qui justifie l'obtention de la classe 8. En modifiant certains paramètres on arrive à réaliser une économie importante d'énergie, cette économie peut s'améliorer en cas de mitoyenneté du bâtiment.
La réglementation thermique vise à maitriser la consommation d'énergie dans le bâtiment en fixant des spécifications techniques minimales, elle encourage les acteurs dans le secteur du bâtiment à exploiter et à en profiter au maximum des données du site et d'essayer d'améliorer la qualité de l'enveloppe du bâtiment afin d'augmenter le confort thermique et de minimiser les déperditions thermiques.

3.3. Estimation du cout de l'installation de l'isolant

Tout projet est constitué par une série d'étapes consécutives qui se déroulement selon un ordre chronologique pour donner l'aspect final attendu du projet. Les travaux de construction peuvent être divisés selon leurs natures, les besoins en matériaux, matériel et main d'ouvre. La figure 8 présente les différentes opérations dans un projet de bâtiment.

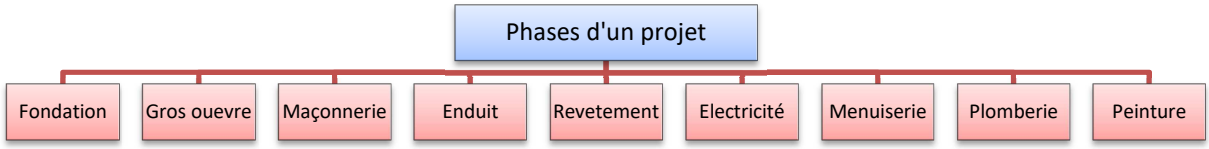

Fig.8 : Différentes phase d'un projet de bâtiment

Chaque projet est unique, le coût de réalisation des travaux varie selon l'emplacement, la durée et la solution technique employée. Pour pouvoir estimer le coût global il faut pouvoir déterminer le coût de chaque étape de construction. La surface et la qualité demandée et exigée par la maitre d'ouvrage influence intensivement le coût des travaux. Le tableau 6 présente les différents articles à exécuter avec leurs prix unitaires pour l'étape de fondation selon un exemple de cahier de charges.

© 2020 JARST. All rightsreserved

Tab.6 : Exemple des articles pour l'étape de fondation

Article	Unité	Prix unitaire (DT)
Fouille en puit	m^3	21
Fouille en rigole	m^3	23
Gros béton	m^3	226
Béton de propreté	m^3	230
Béton armé en fondation	m^3	650
Remblai en tout-venant	m^3	38
Chappe	m^2	28

Pour déterminer la coût global du projet il faut déterminer la quantité de chaque article afin d'avoir le coût des différentes étapes. Le tableau 7 illustre les coûts de réalisation de chaque étape dès la phase de fondation jusqu'à la phase d'exploitation du bâtiment.

Tab.7 : Coûts des différentes opérations du cas d'étude.

Opération	Coût (DT)
Fondation	33000
Gros œuvre	36000
Maçonnerie + Enduit	23500
Revêtement	16100
Étanchéité	5750
Menuiserie	58000
Électricité + Plomberie	32000
Peinture	13000
Divers	9000
Coût total	226350

Les travaux d'isolation sont nécessairement accompagnés par un coût supplémentaire dû à l'installation de l'isolant, pour pouvoir déterminer le surcoût, il faut savoir le coût de différents éléments avant et après la pose de l'isolation. Le tableau 8 illustre le coût de ces éléments par m^2.

Tab.8 : Coût des différents éléments avant et après l'isolation.

Éléments	Surface (m^2)	Coût avant l'isolation (DT/m^2)	Coût après l'isolation (DT/m^2)
Double cloison 35 cm	178.35	65	82
Vitrage	33.65	240	320
Toiture	230	110	145
Total	-	44968.75	58742.7

D'après les résultats trouvés on peut conclure que l'opération d'installation de l'isolant représente une valeur de 13773.95 DT, cette valeur représente 6.1 % du coût global du projet. Elle sera remboursée dans un peu de temps.

Cette phase de calcul est préliminaire elle a pour objectif de mettre en valeur l'effet de l'isolation et de montrer que la valeur de surcoût n'est pas très marquante comparée aux gains réalisés. À savoir confort thermique, diminution de la consommation énergétique, baisse de la facture d'électricité et préservation de l'environnement par la minimisation des émissions de CO_2. Les valeurs trouvées montrent l'intérêt de l'isolation pour les différents types des bâtiments, elles sont encourageantes pour les acteurs dans le secteur du bâtiment permettant une forte amélioration de la qualité de l'enveloppe du bâtiment et une rentabilité économique dans le temps.

© 2020 JARST. All rightsreserved

4. Conclusion

Dans ce travail on a présenté en première partie une étude paramétrique dans le but est d'améliorer l'efficacité énergétique d'une villa, les résultats trouvés ont permis de mettre en lumière l'importance des paramètres orientation, ombrage et isolation dans la réduction des besoins énergétiques. Exploiter ces paramètres avec succès permet d'avoir un logement qui s'intègre parfaitement à son environnement est tel que l'énergie consommée est bien maitrisée.

Dans tout type de projet, une réflexion bioclimatique permet de modéliser l'environnement afin de simuler le comportement thermique futur d'un logement. L'enveloppe des bâtiments est un levier majeur pour réduire les besoins énergétiques, diminuer les émissions de CO_2 et améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments.

L'installation d'isolant permet d'offrir des économies financières et énergétiques encore permet une meilleure qualité d'usage et plus de solidité pour le bâtiment [8].

Cet exemple reflète l'économie réalisée pour un bâtiment, le gain d'énergie sera très important, en généralisant ce concept pour plusieurs bâtiments ainsi les efforts doivent commencer dès la phase de conception, en pensant à intégrer l'inertie thermique pour bien gérer et se bénéficier des apports de chaleur.

5. Références

[1] F. CHEBIL, Politique énergétique en Tunisie, l'Institut Tunisien de la Compétitivité et des Études Quantitatives, Mai 2017.

[2] Ministère de l'Industrie, de l'Énergie et des Mines, Débat national sur l'Énergie, 2013. Dans : http://www.tunisieindustrie.gov.tn/upload/documents/debat-energie/debat

[3] Observatoire National d'énergie, Décembre, 2014.

[4] M. El Bahri, Programme d'efficacité énergétique en Tunisie, ANME, 2012

[5] M. Annabi1 , A. Mokhtari et T.A. Hafrad, Estimation des performances énergétiques du bâtiment dans le contexte maghrébin, Revue des Énergies Renouvelables Vol. 9 N°2, Juin 2006

[6] C. lnard, P. Depecker et J. Roux, Un Modèle Simplifié pour la Prédiction du Champ de Température dans les Bâtiments', Revue Générale

[7] Journal Officiel de la République Tunisienne, Arrêté du 1er juin 2009

[8] R. Guechchati,. M.A. Moussaoui, A. Mezrhab et Abd. Mezrhab, Simulation de l'effet de l'isolation thermique des bâtiments : Cas du centre psychopédagogique SAFAA à Oujda, Revue des Energies Renouvelables Vol. 13 N°2 ,2010

© 2020 JARST. All rightsreserved