



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA  
Faculté Des Sciences Appliquées

Département De Génie Mécanique  
Mémoire de fin d'étude  
Diplôme de master académique

Domaine de Sciences appliquées – génie mécanique

Option énergétique

Présentée par : BOUTERRA Nasreddine

ZAABAT Aissa

*-Thème -*

## Audit énergétique d'un bâtiment au Sud Algérien

Soutenu Publiquement  
Le : 17 / 06 / 2021

Devant le jury :

Mr.Z.KEBDI  
Mr .E.ACHOURI  
Mr .Z.DERGHOUT

Président  
Examineur  
Encadreur

UKM Ouargla  
UKM Ouargla  
UKM Ouargla

Promotion : 2021/2020

N° ordre : . . . . .

# **Remerciement**

**En premier, nous remercions le tout puissant ALLAH, notre créateur qui nous a donné la force d'accomplir ce travail.**

**Nous remercions vivement et chaleureusement notre encadreur Mr Derghout Zoheir pour nous avoir soutenus et guidés tout au long de ce mémoire**

**Nous voudrions exprimer nos reconnaissances envers les amis et les collègues qui nous ont apporté leur soutien moral et intellectuel tout au long de nos démarches**

# **Dédicace :**

**A Mes Très chers Parents**

**Je dédie ce mémoire à mes parents, pour l'amour qu'ils m'ont toujours donné, leurs encouragements et toute l'aide qu'ils m'ont apportée durant mes études.**

**Aucun mot, aucune dédicace ne pourrait exprimer mon respect, ma considération, et mon amour pour les sacrifices qu'ils ont consentis pour mon instruction et mon bien-être. Trouvez ici, chère mère et cher père, dans ce modeste travail, le fruit de tant de dévouements et de sacrifices ainsi que l'expression de ma gratitude et de mon profond amour. Puisse Dieu leur accorder santé, bonheur, prospérité et longue vie afin que je puisse un jour combler de joie leurs vieux jours**

**A ma chère sœur NOUR EL IMEN pour son encouragement permanent, et son soutien moral**

**Bouterra nasreddine**

# **Dédicace :**

**A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études,**

**A mes chères sœurs KALTOUM, FATIHA, HAJER, HAFSA et DJAMELA pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral,**

**A mes chers frères OTHMAN, AYOUB, DAOUD, MOUSSA et YOUNES pour leur appui et leur encouragement, A toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire, Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infailible,**

**Aucun mot, aucune dédicace ne pourrait exprimer mon respect, ma considération, et mon amour pour les sacrifices qu'ils ont consentis pour mon instruction**

**Zaabat Aissa**

## Nomenclature

<b>Symboles</b>	<b>Description</b>	<b>Unités</b>
<b>A</b>	Apports calorifiques	<b>W</b>
<b>AI</b>	Apports calorifiques internes	<b>W</b>
<b>APO</b>	Apports calorifiques par une paroi opaque	<b>W</b>
<b>AREN</b>	Apports calorifiques dus au renouvellement d'air	<b>W</b>
<b>AINF</b>	Apports calorifiques dus aux infiltrations d'air extérieur	<b>W</b>
<b>AT</b>	Apports calorifiques totaux	<b>W</b>
<b>AV</b>	Apports calorifiques à travers les parois vitrées	<b>W</b>
<b>AVE</b>	Apports par rayonnement solaire à travers les parois vitrées	<b>W</b>
<b>AVT</b>	Apports par transmission à travers les parois vitrées	<b>W</b>
<b>Alt</b>	Altitude	<b>m</b>
<b>A</b>	La surface intérieure de la paroi	<b>m<sup>2</sup></b>
<b>C</b>	Capacité thermique massique	/
<b>C<sub>in</sub></b>	Représente un coefficient de surpuissance	/
<b>D<sub>i</sub></b>	Représente les déperditions totales du volume «i»	<b>W/°C</b>
<b>D<sub>T</sub></b>	Déperditions totale	<b>W</b>
<b>D<sub>s</sub></b>	Déperditions surfaciques	<b>W/°C</b>
<b>D<sub>R</sub></b>	Déperditions thermiques par renouvellement d'air	<b>W/°C</b>
<b>D<sub>t<sub>i</sub></sub></b>	Déperditions par transmission du volume i (W/°C)	<b>W/°C</b>
<b>D<sub>Ri</sub></b>	Déperditions par renouvellement d'air du volume i	<b>W/°C</b>
<b>D<sub>s</sub></b>	Déperditions surfaciques à travers les parties courantes des parois en contact avec l'extérieur	<b>W/°C</b>
<b>D<sub>li i</sub></b>	Déperditions à travers les liaisons	<b>W/°C</b>
<b>D<sub>soli</sub></b>	Déperditions à travers les parois en contact avec le sol	<b>W/°C</b>
<b>D<sub>inc</sub></b>	Déperditions à travers les parois en contact avec les locaux non chauffés	<b>W/°C</b>
<b>D<sub>RV</sub></b>	Déperditions dues au fonctionnement normal des dispositifs de ventilation	<b>W/°C</b>
<b>D<sub>RS</sub></b>	Déperditions supplémentaires dues au vent	<b>W/°C</b>

<b>D<sub>ref</sub></b>	Déperditions de référence	<b>W/°C</b>
<b>DB<sub>i</sub></b>	Déperditions de base de chaque volume thermique i	<b>W</b>
<b>D<sub>i</sub></b>	Déperditions totales du volume thermique i	<b>W/°C</b>
<b>D<sub>li</sub></b>	Déperditions à travers une liaison	<b>W/°C</b>
<b>DJ<sub>hiver</sub></b>	Degré jour Hiver	<b>°C/Jour</b>
<b>e<sub>vi</sub></b>	Coefficient d'exposition au vent affecté à la paroi i	/
<b>I<sub>t</sub></b>	Rayonnement total maximal réel	<b>W/m<sup>2</sup></b>
<b>I<sub>d</sub></b>	Rayonnement diffus maximal réel	<b>W/m<sup>2</sup></b>
<b>K<sub>été</sub></b>	Coefficient de transmission en partie courante de la paroi considérée pour l'été	<b>W/m<sup>2</sup>. °C</b>
<b>K</b>	Coefficient de transmission surfacique	<b>W/m<sup>2</sup>. °C</b>
<b>K<sub>i</sub></b>	Représente le coefficient de transmission linéique de la liaison	<b>W/m<sup>2</sup>. °C</b>
<b>k<sub>i</sub></b>	Coefficient de transmission linéique	<b>W/m<sup>2</sup>. °C</b>
<b>kg</b>	Coefficient de transmission surfacique global	<b>W/m<sup>2</sup>. °C</b>
<b>L</b>	Représente la longueur intérieure de la liaison	<b>m</b>
<b>NPVI</b>	Représente le coefficient d'amortissement relatif aux gains par ensoleillement à travers les parois vitrées à l'heure considérée (t)	/
<b>Q</b>	Puissance de chauffage pour un logement	<b>W</b>
<b>Q<sub>vinf</sub></b>	Débit d'air dû aux infiltrations	<b>m<sup>3</sup>/h</b>
<b>Q<sub>v</sub></b>	Débit volumique	<b>m<sup>3</sup>/s</b>
<b>Q<sub>s</sub></b>	Débit supplémentaire par infiltrations dues au vent	<b>m<sup>3</sup>/h</b>
<b>Q<sub>vref</sub></b>	Désigne le débit extrait de référence	<b>m<sup>3</sup>/h</b>
<b>Q<sub>vmax</sub></b>	Débit extrait maximal de référence	<b>m<sup>3</sup>/h</b>
<b>Q<sub>vmin</sub></b>	Débit extrait minimal de référence	<b>m<sup>3</sup>/h</b>
<b>R</b>	Résistance thermique	<b>m<sup>2</sup> °C/W</b>
<b>S<sub>i</sub></b>	Surfaces des parois en contact avec l'extérieur	<b>m<sup>2</sup></b>
<b>SV</b>	Surface totale vitrée	<b>m<sup>2</sup></b>
<b>SV<sub>en</sub></b>	Surface vitrée ensoleillée	<b>m<sup>2</sup></b>

<b>TS<sub>a</sub></b>	Température sèche de l'air intérieur du local adjacent	°C
<b>TS<sub>b,i</sub></b>	Température sèche de l'air intérieur du local considéré	°C
<b>T<sub>bi</sub></b>	Température intérieure de base du volume considéré	°C
<b>T<sub>be</sub></b>	Température extérieure de base du lieu d'implantation de la construction	°C
<b>T<sub>i</sub></b>	Température intérieure	°C
<b>T<sub>e</sub></b>	Température extérieure	°C
<b>T<sub>n</sub></b>	Température maximale du jour J relevée entre J-1 (la veille) à 18h et J à 18h	°C
<b>Tau</b>	Coefficient de réduction de température, il est soit calculé ou déterminé forfaitairement	/
<b>λ</b>	Conductivité thermique	W/m.°C
<b>φ</b>	Flux de chaleur (W)	W
<b>P.U</b>	Prix unitaire	DA

<b>Remerciement</b>	
<b>Dédicace</b>	
<b>Liste des figures</b>	
<b>Liste des tableaux</b>	
<b>Introduction</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre 1 : Etude bibliographique</b>	
1.1 Influence des protections solaires, des baies vitrées et du double mur avec trappe sur les besoins en climatisation :	3
1.2 Isolation thermique:	3
1.3 Confort thermique :	6
<b>Chapitre 2 : Modèle mathématique</b>	
2.1 Introduction :	8
2.2 Les déperditions thermiques :	8
2.3 Calcul réglementaire des déperditions thermiques et les apports calorifiques :	9
2.3.1 Déperditions calorifiques « Fascicule 1 » DTR C3-2 :	10
2.3.2 Apports calorifiques « Fascicule 1 » DTR C3-4 :	12
2.4 Conclusion :	14
<b>Chapitre 3 : Application a étudiée</b>	
3.1 Introduction :	14
3.2 Présentation du logiciel :	14
3.3 Le projet étudié:	14
3.4 Réglementation et outil de calcul utilisé :	18
<b>Chapitre 4 : Résultats et discussion</b>	
4.1 Introduction :	19
4.2 Résultats de logiciel pour le cas étude :	19
4.3 Discussion :	24
4.4 Les solutions proposées :	24
4.5 Étude financière de l'application de la solution proposée :	25
4.6 Discussion :	28
<b>Conclusion</b>	<b>29</b>
<b>Annexes</b>	<b>30</b>
<b>Bibliographie</b>	<b>33</b>
<b>ملخص:</b>	<b>35</b>
<b>Résumé</b>	<b>35</b>
<b>Abstract:</b>	<b>36</b>



## Liste des figures

<b>Figure 1</b>	Besoin énergétique en fonction de l'épaisseur de l'isolant (Casablanca)	<b>5</b>
<b>Figure 2</b>	Besoin énergétique en fonction de l'épaisseur de l'isolant (Tunis)	<b>5</b>
<b>Figure 3</b>	Besoin énergétique en fonction de l'épaisseur de l'isolant (Constantine)	<b>6</b>
<b>Figure 4</b>	Répartition en % des déperditions pour une maison et un immeuble	<b>9</b>
<b>Figure 5</b>	Plan de situation	<b>15</b>
<b>Figure 6</b>	Plan Autocade	<b>15</b>
<b>Figure 7</b>	Vue de façade de la faculté des sciences appliquées	<b>16</b>
<b>Figure 8</b>	Profil de la température du mur simple ('intérieur vers l'extérieur)	<b>19</b>
<b>Figure 9</b>	Profil de la température du mur avec céramique ('intérieur vers l'extérieur)	<b>20</b>
<b>Figure 10</b>	Profil de la température du mur avec céramique intérieur et extérieur ('intérieur vers l'extérieur)	<b>21</b>
<b>Figure 11</b>	Profil de la température du plancher bas ('intérieur vers l'extérieur)	<b>22</b>
<b>Figure 12</b>	Profil de la température du plancher haut ('intérieur vers l'extérieur)	<b>23</b>

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1</b>	La répartition des pièces par étage	<b>14</b>
<b>Tableau 2</b>	Caractéristiques géométriques	<b>15</b>
<b>Tableau 3</b>	Données techniques du la faculté des sciences appliquées Ouargla	<b>16</b>
<b>Tableau 4</b>	Données techniques d'enveloppe de la faculté des sciences appliquées Ouargla	<b>16</b>
<b>Tableau 5</b>	Composition du mur simple (de l'extérieur vers l'intérieur)	<b>16</b>
<b>Tableau 6</b>	Composition du mur avec céramique carreaux	<b>17</b>
<b>Tableau 7</b>	Composition du mur avec céramique carreaux intérieur extérieur	<b>17</b>
<b>Tableau 8</b>	Composition du plancher bas	<b>17</b>
<b>Tableau 9</b>	La Composition du Plancher haut	<b>18</b>
<b>Tableau 10</b>	L'évolution de la température à travers le mur simple ('intérieur vers l'extérieur)	<b>19</b>
<b>Tableau 11</b>	L'évolution de la température à travers le mur avec céramique ('intérieur vers l'extérieur)	<b>20</b>
<b>Tableau 12</b>	L'évolution de la température à travers le mur avec céramique des deux faces ('intérieur vers l'extérieur)	<b>21</b>
<b>Tableau 13</b>	L'évolution de la température à travers le plancher bas ('intérieur vers l'extérieur)	<b>22</b>
<b>Tableau 14</b>	L'évolution de la température à travers le plancher haut ('intérieur vers l'extérieur)	<b>23</b>
<b>Tableau 15</b>	Le bilan thermique en hiver	<b>23</b>
<b>Tableau 16</b>	Le bilan thermique en été	<b>23</b>
<b>Tableau 17</b>	Le bilan thermique en hiver âpre l'amélioration	<b>25</b>
<b>Tableau 18</b>	Le bilan thermique en été âpre l'amélioration	<b>25</b>
<b>Tableau 19</b>	Le coût de la consommation sons isolation	<b>26</b>
<b>Tableau 20</b>	Le coût de la consommation avec isolation	<b>27</b>
<b>Tableau 21</b>	Le coût d'investissement	<b>27</b>

# Introduction

## Introduction :

Le monde entier est confronté depuis plusieurs décennies à une augmentation sans cesse croissante de la consommation d'énergie. Cette augmentation remet essentiellement en cause le modèle économique dont le développement dépend d'une énorme quantité d'énergie.

Le secteur de la construction, parmi les secteurs économiques, est le plus gros consommateur d'énergie au monde, cible privilégiée pour réduire la consommation, L'enjeu aujourd'hui est de maintenir et d'améliorer le confort des citoyens et de réduire les déperditions et les consommations énergétiques liées au chauffage et à la climatisation notamment, tout en respectant la réglementation en vigueur.

Toutes les parties du bâtiment sont soumises au transfert de chaleur, c'est-à-dire l'échange de chaleur entre les environnements chauds et froids. Comprendre et contrôler ces transferts Permet la gestion de la facture énergétique du bâtiment. La réduction de ces échanges thermiques permet de maintenir une température modérée dans le bâtiment et de fournir le moins d'énergie possible. Il permet également d'ajuster la conception du bâtiment dans le cadre réglementaire, tout en recherchant un compromis entre coût énergétique et confort.

L'isolement est l'un des points clés pour atteindre l'objectif de réduction pertes de chaleur et consommation d'énergie dans le secteur de la construction. Pour cela l'isolation fait partie de l'ensemble des solutions choisies pour les économies futures qui sont d'une vitalité importante. En agissant sur les déperditions thermiques, la couche isolante permet de réduire la chaleur. En effet

Le non fonctionnement de la climatisation en été , entraine un hiver avec peu de consommation thermique.

Le but de ce travail est de réaliser une étude thermique de la faculté des sciences appliquées de Kasdi Merbah. Cette étude permet de réaliser des calculs réglementaires pour atteindre le bilan thermique, ce dernier sert également à déterminer les éventuelles déperditions thermiques et le dimensionnement de chauffage et de climatisation à l'aide du programme CT BAT qui vérifiera la conformité des projets de construction de bâtiments aux normes algériennes énoncées dans les DTR C3-2 et C3-4 puis nous proposerons des solutions pour réduire les déperditions thermiques et

fournir l'énergie la plus appropriée sans s'écarter de l'objectif de maîtrise frais. Ce travail est divisé en quatre chapitres

Le premier chapitre : comprend des études antérieures qui ont traité le sujet suivant : protection, isolation et confort thermique.

Le deuxième chapitre : sera consacré à donner des notions sur le transfert de chaleur et le calcul des différents types de déperditions thermiques selon le DTR C3-2 et C3-4 « Réglementation thermique des bâtiments d'habitation et règles de calcul des apports thermiques des bâtiments »

Le troisième chapitre : sera entièrement consacré à la présentation de logiciel de calcul thermique CT BAT puis la présentation de cas étudié : localisation, géométrie, orientation et différents éléments de construction.

Le quatrième chapitre : sera entièrement consacré à la présentation des résultats obtenus par le logiciel avant et après l'amélioration, et nous apporterons des solutions pour améliorer le confort thermique, réduire les pertes , calculer les coûts de la solution et le bénéfice obtenu.

Enfin, nous terminerons notre travail par une conclusion.

# **Chapitre 1 :**

## **Etude bibliographique**

## **1.1 Influence des protections solaires, des baies vitrées et du double mur avec trappe sur les besoins en climatisation :**

ABDERAMANE Choua [1] en 2011 a fait simulation entre l'influence des protections solaires, des baies vitrées et du double mur avec trappe d'une température de consigne de 27°C et ce sont les besoins en climatisation. Ils ont trouvé les résultats suivants :

### ***Protection :***

Les simulations ont montré que les dimensions initiales de protection solaire du bâtiment NEWANGO (Ouagadougou) sont optimales. Cependant, les dimensions initiales des fenêtres sont assez élevées, ce qui laisse passer plus de rayonnement direct et augmente les charges thermiques.

### **Des baies vitrées :**

Celles des vitrages ont montré que le vitrage teinté est économique par rapport au double vitrage. Mais cela réduit l'éclairage naturel, ce qui va entraîner l'utilisation d'un éclairage artificiel consomme également de l'énergie. D'autre part, il existe des fenêtres ombragées avec un faible facteur solaire et un rapport de transmission de la lumière élevé, ce qui permettra d'économiser de l'énergie et d'avoir un éclairage naturel acceptable.

### **Du double mur avec trappe :**

Avec une double paroi, les besoins en climatisation sont réduits de 120 kWh / m<sup>2</sup> par rapport à un seul mur de 20 cm. Par contre, le double mur constitue une inertie et la chaleur stockée dans les murs risque de passer à l'intérieur de la pièce. Cela nécessite un bon dimensionnement des trappes pour obtenir une ventilation naturelle adéquate.

## **1.2 Isolation thermique:**

Les bâtiments et l'isolation thermique des enveloppes constituent un domaine de recherche très important avec une grande expérience développée ces dernières années.

Mohsen et al [2] ont mené des recherches sur les économies d'énergie en isolant les bâtiments avec divers matériaux tels que le polystyrène, la lame de roche et la lame d'air. Ils ont constaté que les économies d'énergie pouvaient atteindre 77% en utilisant du polystyrène comme isolant des murs et des plafonds.

Aktasir et al [3] ont étudié l'effet de l'isolation sur un bâtiment simple situé à Adana, en Turquie (climat méditerranéen). Ils ont montré que l'augmentation de l'épaisseur du polystyrène extrudé conduit à une diminution du besoin en énergie de refroidissement.

Ozel et al [4] ont utilisé la méthode des différences finies pour déterminer le meilleur emplacement et la meilleure distribution de l'isolant mural. Ils ont conclu que l'isolation des murs extérieurs est la meilleure solution.

Al-Sanea et al [5] ont montré que l'orientation des murs a une grande influence sur les propriétés de transfert thermique, alors que cet effet est relativement moindre sur le coût global et l'épaisseur optimale d'un isolant donné. Dans la même étude, ils ont discuté du coût total et de l'épaisseur optimale de l'isolation, en plus de leur sensibilité aux changements de l'économie.

Fezzioui et al [6] ont utilisé le logiciel TRNSYS pour étudier l'effet d'une enveloppe de bâtiment sur la demande énergétique pendant les périodes de haute température. Ils ont introduit des éléments d'amélioration de l'habitat réfléchis, tels que l'augmentation de l'inertie thermique et l'isolation des murs extérieurs et des plafonds.

Medjelekh et al [7] Évaluation de l'effet de l'inertie thermique sur la consommation efficacité énergétique des bâtiments en comparant une maison coloniale à une villa contemporaine. Leurs résultats ont montré que l'utilisation d'un matériau local adapté au climat de la région permet d'obtenir un confort thermique, réduisant ainsi la consommation d'énergie.

Guechhati, R., Moussaoui, M. A., Mezrhab, A., & Mezrhab, [8] a fait une étude ou proposer diverses solutions pour améliorer l'efficacité de l'énergie dans le centre psychologique "Safa" à Oujda se compose de deux bâtiments principaux. Cette étude a été menée avec un environnement de simulation TRNSYS 16, en utilisant un modèle multirégional (Type 56).

Il en résulte de cette étude que L'isolation de la toiture est nécessaire pour économiser les besoins de chauffage, - La partie réfectoire et la partie magasin consomment plus d'énergie, - L'économie en énergie maximale a été obtenue en utilisant l'isolation complète du centre, - L'isolation de la toiture couplée à l'isolation externe des murs avec 6 cm de polystyrène expansé 035 a été retenue comme solution.

BOURSAS Abderrahmane [9] en 2014 a fait une étude pour détermination de l'impact de l'isolation sur les besoins énergétiques, en définissant l'ordre de priorité des façades à isoler d'un bâtiment résidentiel situé en région sud-méditerranéenne il a utilisé un bâtiment en cas de base, et conceptualisé et paramétré avec les données météorologiques des trois villes choisies : Casablanca, Tunis et Constantine. Le besoin énergétique des trois cas est simulé à l'aide du logiciel TRNSYS version 16 sur une période d'une année avec un pas de calcul d'une heure où se trouve les résultats suivent :

L'évolution du besoin énergétique en fonction de l'épaisseur de l'isolant pour chaque façade est représentée dans les figures suivantes :

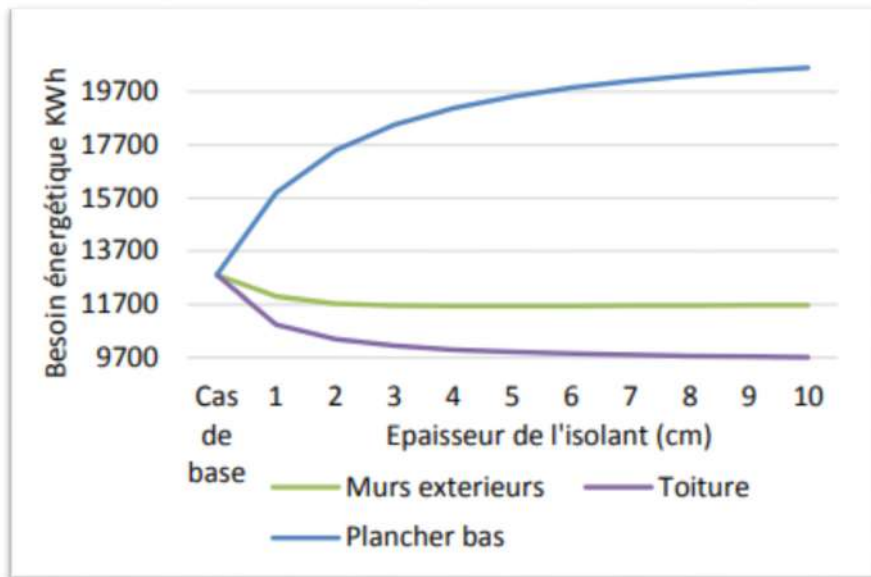


Figure. 1. Besoin énergétique en fonction de l'épaisseur de l'isolant (Casablanca) [9]

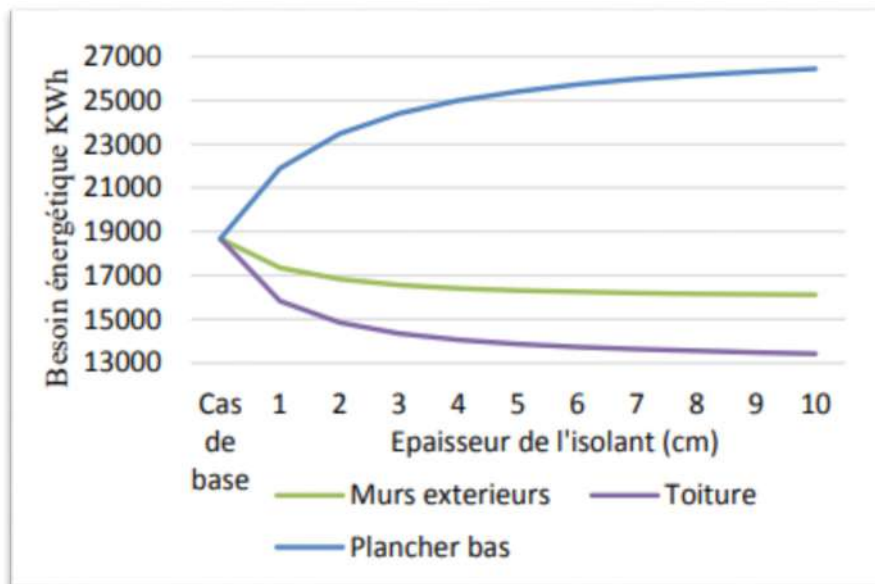


Figure. 2. Besoin énergétique en fonction de l'épaisseur de l'isolant (Tunis) [9]



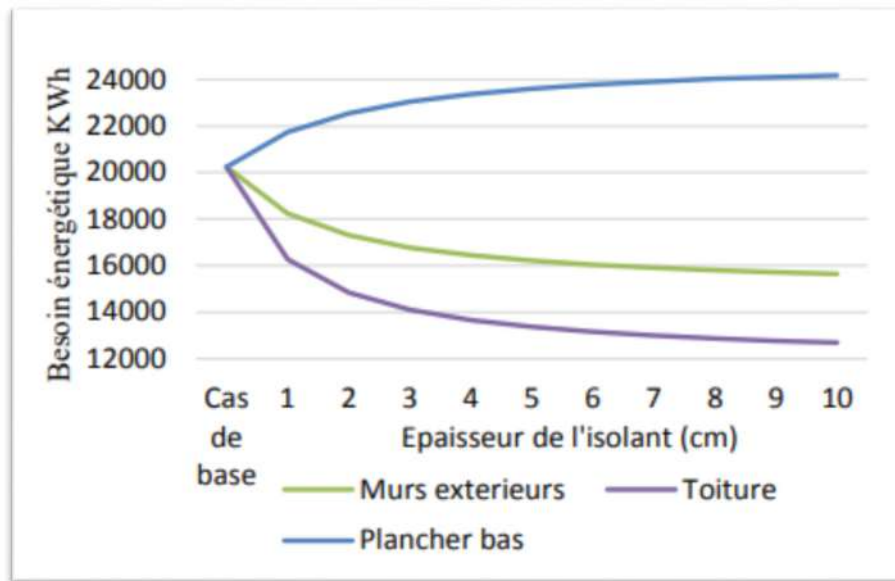


Figure. 3. Besoin énergétique en fonction de l'épaisseur de l'isolant (Constantine) [9]

Les résultats après application de l'isolation ont montré que pour les trois villes, les étages inférieurs étaient isolés. Il a un impact négatif sur les besoins énergétiques totaux. D'autre part, L'isolation des murs extérieurs apporte un gain énergétique, En revanche, l'isolation du toit dépasse largement celle des murs extérieurs de plus, l'isolation du toit permet de réduire le besoin énergétique pour le chauffage et la climatisation simultanés en fonction de l'augmentation de l'épaisseur.

ZAIM Mounia et KADRI Asma [10] réalisation d'une étude thermique pour une maison moderne située à Abu Tikfin, TLEMEN et une maison ancienne située à Ghazaouet Cette étude permet de faire des calculs d'organisation pour atteindre l'équilibre thermique, cette dernière travaille également à déterminer les pertes thermiques potentielles et le dimensionnement du chauffage, les besoins de climatisation et de chauffage annuels à l'aide de le programme CT BAT.

### 1.3 Confort thermique :

Le confort thermique a fait l'objet de nombreuses recherches. Elle n'est pas seulement liée aux bâtiments, mais aussi aux moyens de transport (voitures, avions) ou aux lieux de travail dans des conditions extrêmes.

Messaoudene et al [11] fait une étude sur l'impact de l'utilisation de la ventilation par ventilateurs de plafond au nord algérien sur le confort thermique intérieur les résultats indiquent que même pendant

les journées chaudes, un confort thermique appréciable peut être obtenu par l'utilisation d'une ventilation d'air constant. De plus, il est montré qu'il n'est pas nécessaire d'augmenter la vitesse de ventilation au-delà d'un niveau donné, les gains de confort thermique deviennent négligeables.

# **Chapitre 2 :**

## **Modèle mathématique**

## 2.1 Introduction :

Dans ce chapitre, nous présentons des modèles simplifiés des phénomènes de transfert de chaleur dans les murs de bâtiments.

La chaleur est l'énergie associée à l'excitation aléatoire des particules constitutives de la matière. Cette induction est mesurée par la température et la chaleur par l'augmentation de la température obtenue dans une substance particulière. Pour chauffer la masse  $m$  d'une substance à une certaine température  $c$ , d'un degré, il faut une quantité de chaleur

$$Q = mc\Delta\theta \quad 1$$

La chaleur passe naturellement des régions chaudes aux régions froides, principalement en utilisant trois modes de transport.

**La conduction :** La conduction thermique est la manière dont l'énergie thermique est propagée à travers les matériaux. Les éléments qui composent la matière reçoivent et transfèrent de l'énergie aux éléments voisins en mettant en contact les particules les plus chaudes avec les plus froides.

$$\varphi/A = -\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \quad 2$$

**La convection :** Ce mécanisme de transfert de chaleur est destiné aux liquides (gaz ou liquide). Au contact d'un élément chaud, le liquide et l'air, par exemple, commencent à se déplacer et à se déplacer vers l'élément froid avec lequel il entre en contact et qui perd sa chaleur, ce qui crée un mouvement vertical qui accélère l'échange thermique entre les deux. Nous disons que la convection est normale ou libre. D'autre part, si le mouvement du fluide est provoqué par une pompe ou un ventilateur, le processus est appelé convection forcée.

$$\varphi = hA(T_p - T_f) \quad 3$$

**Le rayonnement :** C'est le transfert de chaleur d'un élément à un autre par une onde électromagnétique sans contact direct. Ce type de transport ne nécessite aucun support matériel pouvant avoir lieu même sous vide

$$\varphi = \sigma AT^4 \quad 4$$

## 2.2 Les déperditions thermiques :

Il est important de connaître les faiblesses de votre maison. Cela permet de savoir vers quels types de travaux se tourner pour améliorer leur qualité thermique. Sachez qu'il existe de nombreuses

sources de perte de chaleur dans la maison. Parmi les plus importantes de ces sources figurent : le toit, les murs, le renouvellement de l'air, le verre, les étages inférieurs et les ponts thermiques.

- Le toit : 30 % de chaleur perdue
- Les murs : 20 % de chaleur perdue
- Les fuites d'air et le renouvellement de l'air : 20 % de perte de chaleur
- Les vitrages : environ 15% de chaleur perdue
- Le plancher bas : environ 10% de chaleur perdue
- Les ponts thermiques : environ 5% de chaleur perdue

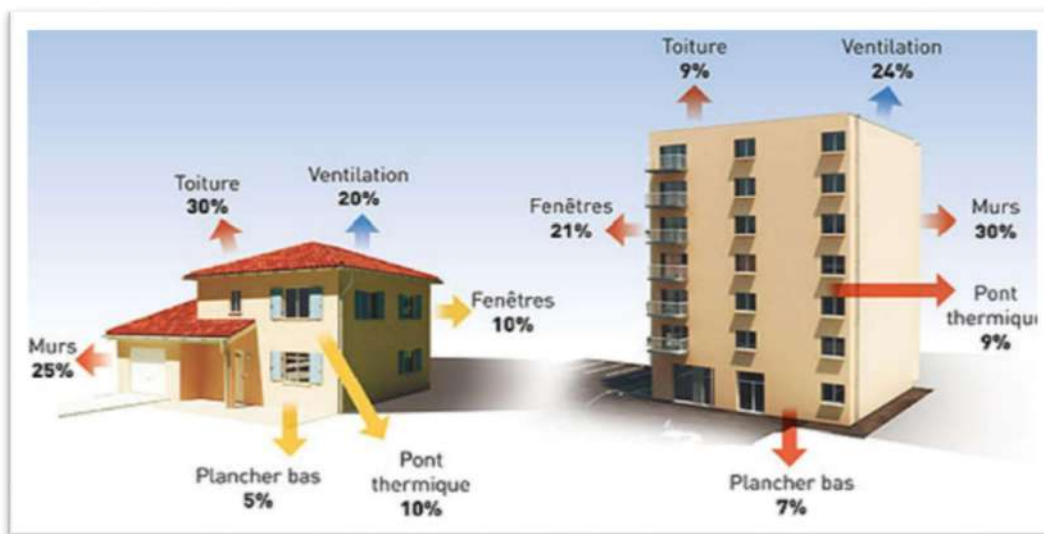


Figure. 4 : Répartition en % des déperditions pour une maison et un immeuble [12]

### 2.3 Calcul réglementaire des déperditions thermiques et les apports calorifiques :

Dans les années 1990, l'Algérie a développé plusieurs mécanismes de régulation concernant l'efficacité énergétique à la maison. Après avoir pensé à une nouvelle consommation domestique, en 1995, le ministère du Logement et de la Construction a commencé à élaborer des documents techniques Règlements (DTR) en 1997. Ceux-ci spécifient spécifiquement les valeurs de référence liées à Pertes et apport de chaleur des bâtiments neufs à usage résidentiel et tertiaire, Méthodes de calcul des pertes et des apports de chaleur pour différentes régions climatiques.

Parmi ces DTR, nous consulterons C3.2 qui démontre une méthode de calcul du bilan thermique hivernal pour déterminer les besoins en chauffage thermique et C3-4 pour déterminer les besoins en climatisation.[13]

### 2.3.1 Déperditions calorifiques « Fascicule 1 » DTR C3-2 :

Ce manuel DTR fournit une première réponse aux problèmes liés à l'énergie thermique des bâtiments.

Il propose aux professionnels des méthodes d'évaluation thermique des habitations pour un problème hivernal. L'exigence réglementaire sur laquelle se fonde ce DTR est de réduire les pertes de chaleur du logement en fixant un seuil qui ne sera pas dépassé (appelé pertes de référence).

Le respect de cette limite devrait permettre d'économiser 20 à 30% de la consommation d'énergie pour le chauffage des habitations, sans compromettre le confort des utilisateurs.

#### Fondements du calcul :

Sur la base de DTR, tout concepteur doit :

- Définir les volumes thermiques.
- Calculer pour chaque volume thermique les pertes par transmission et les pertes par renouvellement d'air.
- Vérifier que les déperditions par transmission du logement sont inférieures aux déperditions de référence.
- Calculer éventuellement les déperditions de base qui expriment les besoins de chauffage

#### Expressions générales des déperditions :

- Déperditions totales d'un logement

$$D = \sum D_i \quad 5$$

Où

$D_i$  [W/°C] représente les déperditions totales du volume « i ».

- Déperditions par transmission d'un volume :

$$DT_i = (D_s)_i + (D_{li})_i + (D_{sol})_i + (D_{inc})_i \quad 6$$

- Déperditions par renouvellement d'air :

$$(DR)_i = (D_r)_i + (D_{RS}) \quad 7$$

#### Vérification et déperditions de référence :

- **Vérification réglementaire**

Les déperditions par transmission DT doivent être confirmées par :

$$DT \leq 1.05 \times D_{réf} \quad 8$$

- $D_{réf}$  [W/°C] représente les déperditions de référence
- **Calcul des déperditions de référence :**

$$D_{\text{réf}} = a \times s_1 + b \times s_2 + c \times s_3 + d \times s_4 + e \times s_5 \quad 9$$

-Les  $S_i$  [ $m^2$ ] représentent les surfaces des parois en contact avec l'extérieur

-**S1** la toiture, **S2** le plancher bas, y compris les planchers bas sur locaux non chauffés, **S3** les murs, **S4** les portes, **S5** les fenêtres et les portes fenêtres. **S1, S2, S3** sont comptées de l'intérieur des locaux, **S4** et **S5** sont comptées en prenant les dimensions du pourtour de l'ouverture dans le mur.

- **Puissance de chauffage :**

La puissance de chauffage à installer doit toujours être supérieure aux déperditions de base

$$Q = [t_{bi} - t_{be}] \times [[1 + \text{Max}(c_r ; c_{in})]DT] + [(1 + c_r) \sim DR] \quad 10$$

### Déperditions surfaciques par transmission à travers les parois

- **Paroi séparant deux ambiances à températures différentes :**

$$D_s = k \times A \quad 11$$

### Déperditions à travers les parois en contact avec des locaux non chauffés :

On entend par local non chauffé tout local pour lequel le chauffage n'existe pas ou risque d'être interrompu pendant de longues périodes, ainsi que tout local chauffé par intermittence. Les déperditions à travers une paroi en contact avec un local non chauffé sont pondérées par un coefficient  $\tau$ , sans dimension, dit "coefficient de réduction de température". La valeur de  $\tau$  est comprise entre 0 et 1. Voici la formule qui exprime ce type de déperditions :

$$D_{inc} = \tau \times [\sum(K \times A) + \sum(k_l \times L)] \quad 12$$

**Tau** est calculé par la formule suivante :

$$\tau = \frac{t_i - t_n}{t_i - t_e} = \frac{de}{de + ac} \quad 13$$

### Déperditions par renouvellement d'air :

Les déperditions par renouvellement d'air doivent être prises en compte seulement lors du dimensionnement des installations de chauffage des locaux d'habitation. On ne considère que les valeurs moyennes, c'est-à-dire, les plus probables.

L'expression mathématique de  $D_R$  se traduit par :

$$DR = 0.34 \times (Q_v + Q_s) \quad 14$$

Le débit extrait de référence  $Q_{v\text{réf}}$  est donné par l'équation :

$$Q_{v\text{réf}} = \frac{5Q_{v\text{min}} + 5Q_{v\text{max}}}{6} \quad 15$$

Le débit supplémentaire  $Q_s$ , dû à l'effet du vent se calcule par :

$$Q_s = \sum(P_{pi} \times e_{vi}) \quad 16$$

### 2.3.2 Apports calorifiques « Fascicule 1» DTR C3-4 :

#### Méthode de calcul des apports thermiques estivaux :

Les charges thermiques estivales comprennent 3 types principaux de charge thermique

- Les apports thermiques dus aux parois.
- Les apports thermiques dus à l'air extérieur.
- Les apports thermiques internes.

#### Calcul des apports :

Les apports calorifiques sensibles  $A_s$  et latents  $A_l$  sont donnés par :

$$A_s = A_{PO} + A_V + A_{Is} + A_{INFs} \quad 17$$

$$A_l = A_{Il} + A_{INF1} \quad 18$$

#### Vérification réglementaire :

La somme des apports calorifiques par les parois vitrées et les parois opaques aériennes doit vérifier au mois de Juillet à 15 h, pour une température sèche intérieure de 27°C, la relation ci-après :

$$A_{PO}(15 \text{ h}) + A_V(15 \text{ h}) \leq 1,05 \times A_{réf}(15 \text{ h}) \quad 19$$

#### Apports à travers les parois :

On distingue deux types d'apports cité au-dessous

##### Parois opaques

- **Les apports à travers les parois extérieures (aériennes)**

Les apports de chaleurs à travers une paroi opaque à un instant  $t$ ,  $A_{PO}(t)$  sont typiquement de Nature chaleur sensible et sont donnés par la formule suivante :

$$A_{PO}(t) = 1.2 \times K_{été} \times \sin t \times \Delta t_e(t) \quad 20$$

Le coefficient  $K_{été}$  des parois opaques est donné par la formule suivante :

$$\frac{1}{K_{été}} = \sum R + \frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i} \quad 21$$

Où :

- $\sum R$  (en  $\text{m}^2 \cdot \text{°C}/\text{W}$ ) : représente la somme des résistances thermiques des différentes couches de matériaux constituant la paroi. La détermination de la résistance thermique d'une couche de matériau s'effectue conformément au DTR C3-2, fascicule n°1



- $\frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i}$  (en  $m^2 \cdot ^\circ C/W$ ) : représente la somme des résistances d'échange superficiel Prise conformément aux valeurs données dans le DTR C3-4

**Paroi en contact avec le sol :**

donné par la formule suivante :

$$APO(t) = k_{été} \times S_{app} \times [T_{Sm} - T_{Sbb, i}] \quad 22$$

**Parois vitrées :**

**Apports à travers les parois extérieures :**

Les gains dus au gradient de température AVT(t) à travers les parois vitrées extérieures sont donnée par :

$$AVT(t) = 1.2 \times K_{été} \times Souv[(T_{Se}(t) - T_{Sb, i})] \quad 23$$

Où :

1.2:(sans dimension) est un coefficient majorateur tenant compte des apports à travers les ponts thermiques.

Les gains à travers les parois vitrée extérieure AV(t) sont donnés par :

$$AV(t) = AVT(t) + AVE(t) \quad 24$$

Les gains dus au rayonnement solaire à travers les parois vitrées extérieures AVE(t) sont données par:

$$AVE(t) = [SV_{ens} \times I_t + (SV - SV_{ens}) \times I_d] \times FS \times NPVI(t) \quad 25$$

- **Apports de chaleur interne :**

On désigne par apports de chaleur internes, ou gains internes, les qualités de chaleur dégagées sous forme latente ou sensible à l'intérieur des locaux conditionnés, ils sont donnés par la formule :

$$AI(t) = \sum_j (CS_j \times AIS.j \times NAI.J) + (\sum (CS_j \times AII.J)) \quad 26$$

**2.4 Conclusion :**

Les méthodes de calcul présentées dans DTR sont simples, testées ailleurs, et suffisent en principe pour trouver des solutions techniques pour un confort thermique acceptable.

Cependant, sa mise en œuvre effective nécessitera notamment de le vulgariser auprès des bureaux d'études, des architectes et des promoteurs. Cette norme doit être obligatoire pour avoir un permis de construction.

# **Chapitre 3 :**

## **Application a étudiée**

### 3.1 Introduction :

Dans ce chapitre en va étudier la faculté des sciences appliquées de l'université de Kasdi Merbah (Pôle universitaire 3) par l'application du logiciel CTBAT qui permet de vérifier la conformité par rapport à la réglementation thermique algérienne.

### 3.2 Présentation du logiciel :

L'objectif principal de la mise en œuvre de CT BAT est de vérifier que les projets de construction des bâtiments sont conformes à la norme algérienne décrite dans les DTR (C3-2 et C3-4).

L'application offre à l'utilisateur une interface simple et confortable d'utilisation qui lui permet de décrire les différentes composantes de son projet de construction et d'effectuer des calculs thermiques pour vérifier la conformité du bâtiment à la réglementation thermique algérienne.

L'utilisateur est donc parfaitement à l'aise avec les calculs thermiques nécessaires aux vérifications réglementaires.

La réglementation thermique algérienne s'appuie sur deux documents techniques qui définissent l'obligation des bâtiments neufs pour vérifier les éléments suivants :

- **Calcul réglementaire des déperditions calorifiques.**
- **Calcul réglementaire des apports calorifiques.**

Il suffit de s'assurer que le projet est correctement décrit selon la structure de données intuitives de l'application CT BAT.

### 3.3 Le projet étudié:

La faculté des sciences appliquées Kasdi Merbah Ouargla (pole 3) qui est composée d'un RDC plus trois étages.

	Amphi	Labo	WC	Salle	Grande salle	Bureau	bibliothèque
RDC	4	9	8	/	3	23	/
1 <sup>er</sup> étage	/	12	2	14	1	19	/
2 <sup>ieme</sup> étage	/	9	2	16	3	26	/
3 <sup>eme</sup> étage	/	/	2	/	/	2	1

**Tableau.1 : La répartition des pièces par étage**

3.3.1 Implantation :

Cette faculté est implantée dans la wilaya d’Ouargla (pole 03) classée comme zone climatique D et de groupe de communes 3 selon le document technique réglementaire D.T.R.



Figure. 5 : Plan de situation

3.3.2 Les Caractéristiques géométriques :

hauteur totale (m)	hauteur de RDC (m)	hauteur de 1 <sup>er</sup> étage (m)	hauteur de 2 <sup>ème</sup> étage (m)	hauteur de 3 <sup>ème</sup> étage (m)	Superficie (m <sup>2</sup> )
18	6	4	4	4	4863.914

Tableau .2 : Caractéristiques géométriques

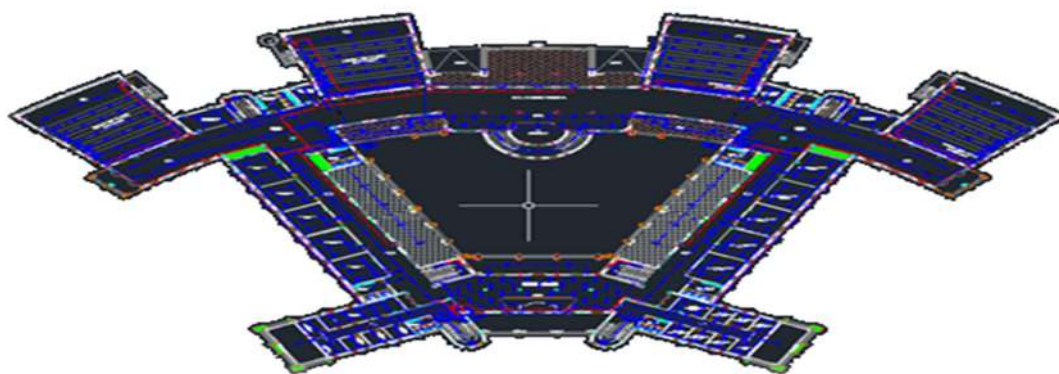


Figure. 6 : Plan Autocade

### 3.3.3 L'orientation :

La faculté des sciences appliquées se trouve dans la commune de Ouargla, l'axe de façade principale orienté vers le sud-est.



Figure. 7: Vue de façade de la faculté des sciences appliquées

### 3.3.4 Les données techniques de la faculté sciences appliquées Ouargla (pole)

localisation	altitude	latitude	Zone thermique Hiver	Zone thermique Eté
Ouargla	131.00 m	31.56°	D	F

Tableau.3 : Données techniques de la faculté des sciences appliquées Ouargla

### Les données techniques de l'enveloppe de la faculté sciences appliquées Ouargla (pole)

Volume Brut	Volume Net	Usage		
70696.971	56557.57680001	Immeuble collectif	enseignement	Confort normal

Tableau.4 : Données techniques de l'enveloppe de la faculté des sciences appliquées Ouargla

### 3.3.5 Description de la structure :

#### La Composition des murs (de l'extérieur vers l'intérieur)

Matériau	Cond. $\Lambda$ (W/m.°C)	Epaisseur (m)	Résistance ((m <sup>2</sup> .°C)/W)
Mortier de ciment	1,40	0,02	0,01
Brique creuse	0,48	0,15	0,31
Lame d'air pour mur de 55 à 300 mm	0,00	0,05	0,11
Brique creuse	0,48	0,15	0,31
Mortier de ciment	1,40	0,02	0,01
Total		0,39	0,75

Tableau.5: Composition du mur simple (de l'extérieur vers l'intérieur)

**La Composition d'un mur avec céramique (de l'extérieur vers l'intérieur)**

Matériau	Cond. $\Lambda$ (W/m.°C)	Epaisseur (m)	Résistance ((m <sup>2</sup> .°C)/W)
Mortier de ciment	1,40	0,02	0,01
Brique creuse	0,48	0,15	0,31
Lame d'air pour mur de 55 à 300 mm	0,00	0,05	0,11
Brique creuse	0,48	0,15	0,31
Mortier bâtard	1,15	0,02	0,01
Produits en céramique	1,00	0,01	0,01
Total		0,40	0,76

**Tableau.6 : Composition du mur avec céramique carreaux****La Composition d'un mur avec céramique intérieur extérieur (de l'extérieur vers l'intérieur)**

Matériau	Cond. $\Lambda$ (W/m.°C)	Epaisseur (m)	Résistance ((m <sup>2</sup> .°C)/W)
Produits en céramique carreaux et dalles	1,00	0,01	0,01
Mortier bâtard	1,15	0,02	0,01
Brique creuse	0,48	0,15	0,31
Lame d'air pour mur de 55 à 300 mm	0,00	0,05	0,11
Brique creuse	0,48	0,15	0,31
Mortier bâtard	1,15	0,02	0,01
Produits en céramique	1,00	0,01	0,01
Total		0,41	0,77

**Tableau.7 : Composition du mur avec céramique carreaux intérieur extérieur****La Composition de plancher bas (de l'extérieur vers l'intérieur)**

Matériau	Cond. $\Lambda$ (W/m.°C)	Epaisseur (m)	Résistance ((m <sup>2</sup> .°C)/W)
Béton plein	1,75	0,50	0,29
Mortier bâtard	1,15	0,02	0,01
Carreaux de mosaïque de marbre dit « granito »	0,48	0,15	0,01
Total		0,54	0,31

**Tableau.8 : Composition de plancher bas**

**La Composition de Plancher haut (de l'extérieur vers l'intérieur)**

Matériau	Cond. $\Lambda$ (W/m.°C)	Épaisseur (m)	Résistance ((m <sup>2</sup> .°C)/W)
Cartons feutres et chapes ouples imprégnées	0,23	0,02	0,087
Béton plein	1,75	0,15	0,29
Brique creuse	0,48	0,15	0,31
Mortier de ciment	1,40	0,02	0,01
Total		0,34	0,497

**Tableau.9 : Composition de Plancher haut****3.4 Réglementation et outil de calcul utilisé :**

Dans notre projet, nous avons utilisé le document technique réglementaire (DTR C3-2) pour calculer les déperditions calorifiques et le dimensionnement de chauffage, et DTRC3-4 pour le calcul de l'apport thermique et le dimensionnement de la climatisation. Pour faire le bilan thermique de notre faculté nous avons utilisé le programme CT BAT, et cette application a un objectif principal qui vérifie la conformité des constructions aux normes algériennes décrites dans ses deux DTR.



# **Chapitre 4 :**

## **Résultats et discussion**

4.1 Introduction :

Ce chapitre présente et discute les résultats obtenus et présente quelques solutions permettant de réduire la consommation d'énergie et d'apporter un confort thermique aux occupants du bâtiment (FSA Univ Ouargla).

4.2 Résultats de logiciel pour le cas étude :

4.2.1 Profil de température de mur simple :

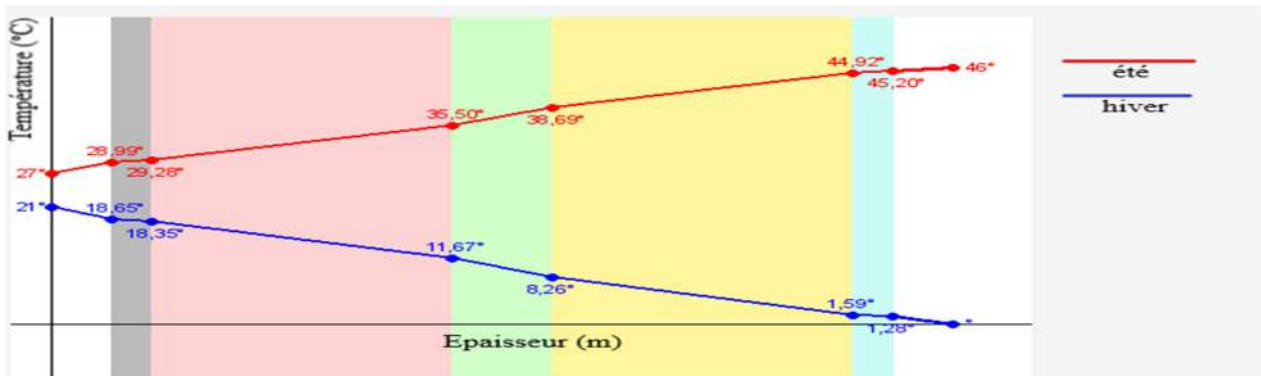


Figure.8 : Profil de la température du mur simple (de l'intérieur vers l'extérieur)

La figure montre deux profils de température pour un mur simple nord (profil hiver et profil été) composé de différentes couches à une épaisseur définie, on cite de droite à gauche une couche de mortier de ciment de 2 cm, en suite deux murs en brique creuse de 15 cm d'épaisseur séparée par une lame d'air de 5 cm, en fin une couche de mortier de ciment de 2 cm. La ligne rouge représente le changement de température en été et la ligne bleue représente le changement de température en hiver.

Couche	Température Hiver °C	Température Été °C
Température intérieure	21	27
Température de surface intérieure	18.53	29.1
1- Mortier de ciment	18.20	29.4
2- Brique creuse	11.17	35.97
3-Lame d'air pour mur de 55 à 300 mm	8.70	38.29
4- Brique creuse	1.67	44.86
5- Mortier de ciment	1.35	45.16
Température de surface extérieure	1.35	45.16
Température extérieure	0	46

Tableau.10 : L'évolution de la température à travers le mur simple (de l'intérieur vers l'extérieur)

4.2.2 Profil de température de mur avec céramique :

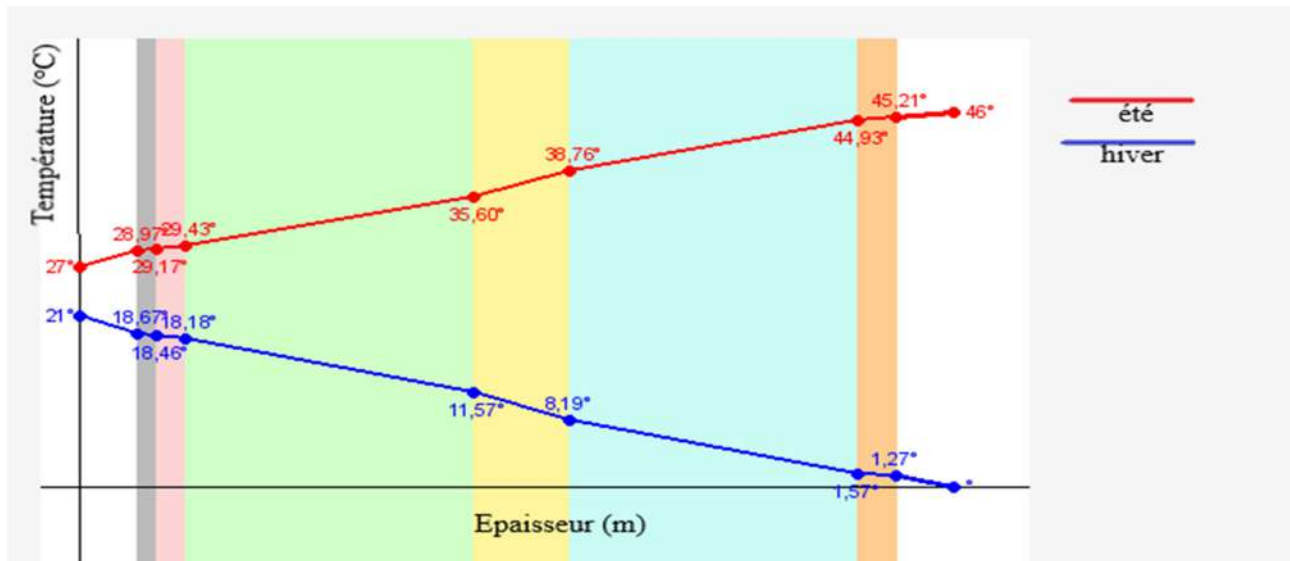


Figure.9 : Profil de la température du mur avec céramique (de l'intérieur vers l'extérieur)

Le mur avec céramique se compose des mêmes éléments d'un mur simple, seulement la dernière couche est composée d'un mortier bâtard à la place de mortier de ciment plus une couche de produits en céramique d'épaisseur de 1 cm à l'intérieur.

Couche	Température Hiver °C	Température Été °C
Température intérieure	21	27
Température de surface intérieure	18.55	29.08
1-Produits en céramique	18.33	29.29
2- mortier bâtard	18.04	29.56
3- Brique creuse	11.07	36.07
4-Lame d'air pour mur de 55 à 300 mm	8.62	38.36
5- Brique creuse	1.66	44.87
6- Mortier de ciment	1.34	45.17
Température de surface extérieure	1.34	45.17
Température extérieure	0	46

Tableau.11 : L'évolution de la température à travers le mur avec céramique (de l'intérieur vers l'extérieur)

4.2.3 Profil de la température du mur avec céramique des deux faces:

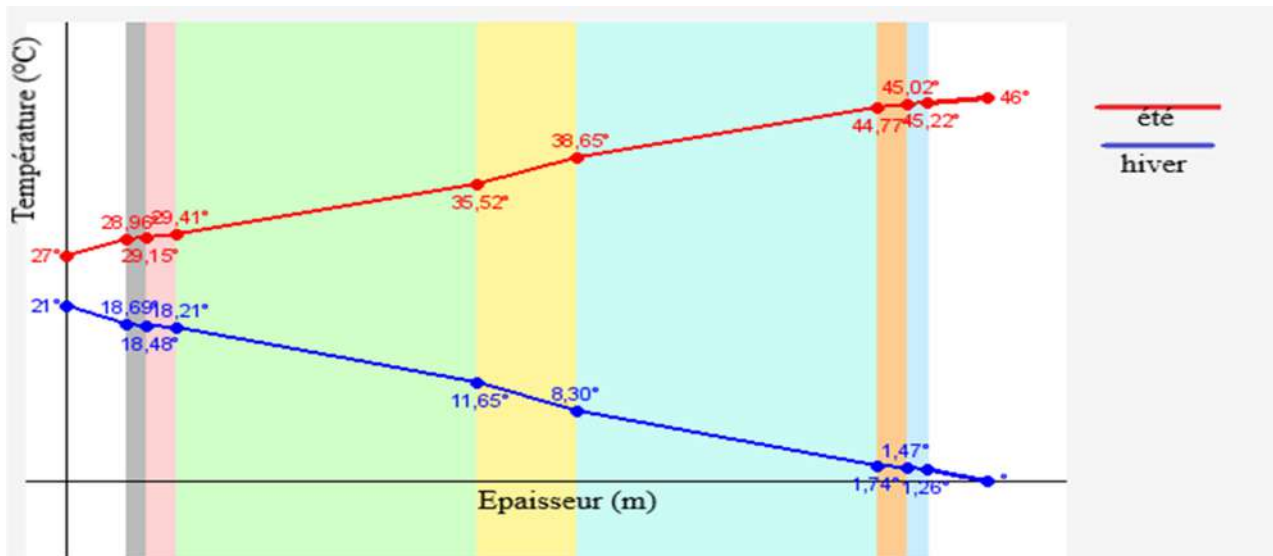


Figure.10 : Profil de la température du mur avec céramique des deux faces (de l'intérieur vers l'extérieur)

Dans ce mur il y a la céramique intérieure et extérieure avec les mêmes composants du mur simple

Couche	Température Hiver °C	Température Été °C
Température intérieure	21	27
Température de surface intérieure	18.57	29.06
1-Produits en céramique	18.35	29.27
2- mortier bâtard	18.06	29.54
3- Brique creuse	11.16	35.98
4-Lame d'air pour mur de 55 à 300 mm	8.73	38.25
5- Brique creuse	1.83	44.7
6- mortier bâtard	1.55	44.97
7- Produits en céramique	1.32	45.17
Température de surface extérieure	1.32	45.17
Température extérieure	0	46

Tableau.12 : L'évolution de la température à travers le mur avec céramique des deux faces (de l'intérieur vers l'extérieur)

4.2.4 Profil de la température du plancher bas :

Il contient trois couches, la première couche carreaux de mosaïque de marbre dit « granito » d'épaisseur de 1.5cm et la deuxième couche c'est un mortier bâtard et la dernière couche béton plein d'épaisseur de 15 cm

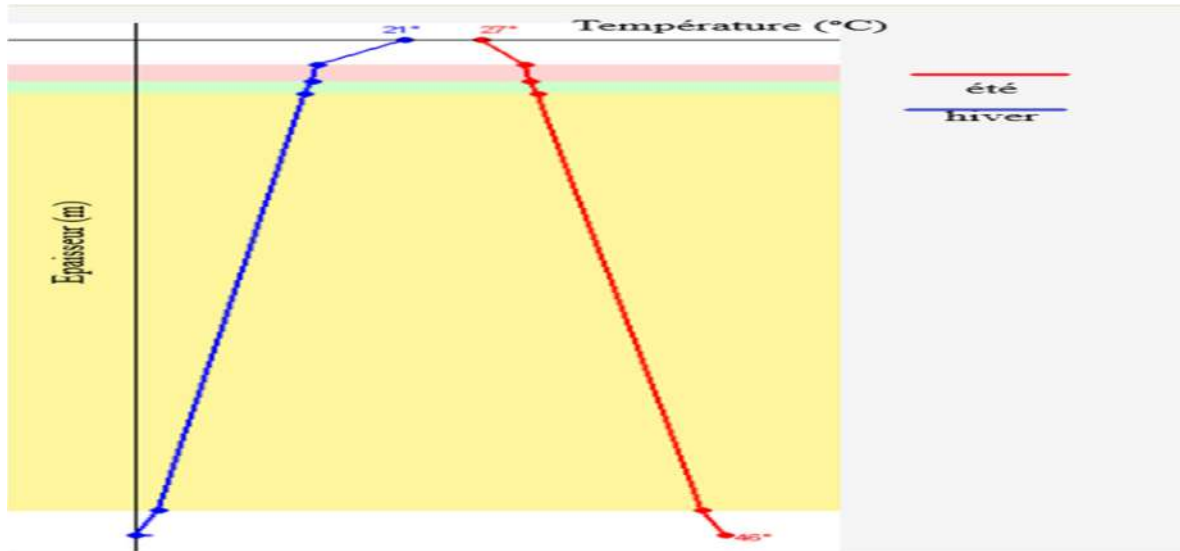


Figure.11 : Profil de la température du plancher bas (de l'intérieur vers l'extérieur)

Couche	Température Hiver °C	Température Eté °C
Température intérieure	21	27
Température de surface intérieure	14	31
1- Carreaux de mosaïque de marbre dit « granito »	14	31
2- Mortier bâtard	13	32
3- Béton plein	2	44
Température de surface extérieure	2	44
Température extérieure	0	46

Tableau.13 : L'évolution de la température à travers le plancher bas (de l'intérieur vers l'extérieur)

4.2.5 Profil de la température du plancher haut :

Il contient quatre couches défèrent, la première couche et du mortier de ciment d'épaisseur de 2 cm et brique creuse de 15 cm, troième couche béton plein de 1 cm et Cartons feutres et chapes ouples imprégnées de 2cm d'épaisseur.

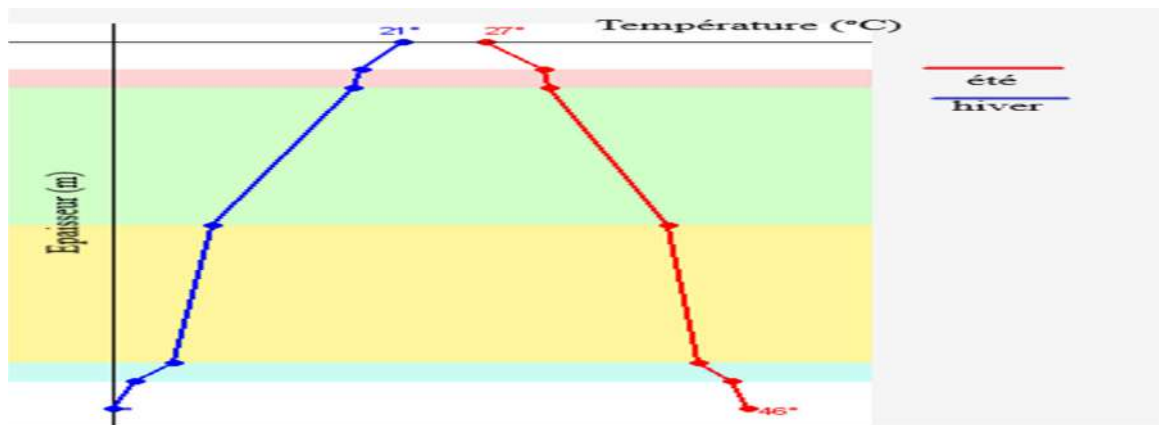


Figure.12 : Profil de la température du plancher haut (de l'intérieur vers l'extérieur)

Couche	Température Hiver °C	Température Eté °C
Température intérieure	21	27
Température de surface intérieure	18	32
Mortier de ciment	18	32
Brique creuse	7	40
Béton plein	4	43
Cartons feutres et chapes ouples imprégnées	2	45
Température de surface extérieure	2	45
Température extérieure	0	46

Tableau.14 L'évolution de la température à travers le plancher haut (de l'intérieur vers l'extérieur)

4.2.6 Bilan thermique en hiver :

	$D_{réf}$ (W/°C)	$\sum DT$ (W/°C)	Vérification C-3.2	Puissance chauffage (KW)	Conformité Réglementaire
La faculté	27492	35375	1.29 > 1.05	872.4	Non conforme

Tableau.15 : Le bilan thermique en hiver

4.2.7 Bilan thermique en été :

	$\sum APO_{réf+}$ $\sum AV_{réf}$ (W)	$\sum APO + \sum$ $AV$ (W)	Vérification DTR C-3.4	Puissance climatisation (KW)	Conformité Réglementaire
La faculté	342199.35	605639.56	1.77 > 1.05	850.2	Non conforme

Tableau.16 : Le bilan thermique en été

### 4.3 Discussion :

Les tableaux ci-dessus rassemblent tous les résultats obtenus par l'application de calcul réglementaire CTBAT pour le cas étudiant.

#### 4.3.1 Le bilan thermique du bâtiment en hiver :

Les résultats obtenus montrent que le bâtiment n'est pas soumis à la réglementation thermique algérienne, et cela est dû aux fortes déperditions en Hiver, car on suppose que le rapport des déperditions réelles par rapport à la déperdition de référence ne dépasse pas la valeur de 1,05, que nous ne retrouvons pas dans cette étude. Pour revenir aux résultats, nous retrouvons la valeur du rapport est 1,29 et cela montre la grande différence entre les déperditions réelles et les déperditions de référence.

#### 4.3.2 Le bilan thermique du bâtiment en été :

Les résultats montrent que la somme de chacun des apports calorifiques par une paroi opaque et les apports calorifiques à travers les parois vitrées sont supérieures à la somme des apports de référence où la valeur de rapport est 1.77 est supérieure à 1.05 donc le bâtiment est classé non- conforme.

#### 4.3.3 Résultat final :

Le bâtiment de La faculté ne respecte pas la réglementation thermique algérienne cela affecte négativement à la consommation d'énergie qui augmente et nous oblige à subir des pertes financières qu'on pourrait bien les éviter.

### 4.4 Les solutions proposées :

« La solution se trouve dans le problème lui-même » dans le deuxième chapitre nous avons discuté les déperditions thermiques (voir le 2<sup>ème</sup> Chapitre) qui montre que le pourcentage des déperditions des murs extérieurs et le toit et les vitres représentent 65 % des déperditions totales, donc on va essayer d'améliorer l'isolation des trois éléments (les murs, le toit, les vitres) est on va vérifier le résultat dans le programme de CTBAT.

#### Pour les murs simples et le toit :

On va ajouter trois couches sur les murs et le toit, les matériaux que nous choisissons sont d'une conductivité thermique très faible, la première couche c'est le Polystyrène expansé et la deuxième couche c'est la lame d'air et la troisième couche c'est le plâtre courant d'enduit intérieur.

**Pour le vitrage :**

Le vitrage des fenêtres de notre faculté est un vitrage simple donnant une mauvaise isolation, on va remplacer le vitrage simple des fenêtres par d'autres de double vitrage.

**Résultats après 'amélioration :****Bilan thermique en hiver :**

	$D_{\text{réf}}$ (W/°C)	$\sum DT$ (W/°C)	Vérification C- 3.2	Puissance chauffage (KW)	Conformité Réglementaire
La faculté	27 492,35	21 401,15	0.78 <1.05	681,4	conforme

Tableau.17 : Le bilan thermique en hiver après l'amélioration

**Bilan thermique en été :**

	$\Sigma APO_{\text{réf+}}$ $\Sigma AV_{\text{réf}}$ (W)	$\Sigma APO + \Sigma$ AV (W)	Vérification DTR C-3.4	Puissance climatisation (KW)	Conformité Réglementaire
La faculté	346 851,17	347 916,93	1.00 <1.05	622,4	conforme

Tableau.18 : Le bilan thermique en été après l'amélioration

**Discussion :**

Les tableaux ci-dessus montrent les résultats de l'amélioration de l'isolation que nous avons réalisée, car le bâtiment offre un confort thermique en hiver et en été il se soumet à la réglementation thermique algérienne contraignante. Ceci est dû à la réduction des déperditions en augmentant l'isolation des murs, du toit et des fenêtres, où les déperditions et les apports thermiques sont devenus inférieurs à la référence, ce qui a donné le résultat souhaité, rendant ainsi le bâtiment moins énergivore.

**4.5 Étude financière de l'application de la solution proposée :**

L'amélioration de l'isolation nous permettra d'économiser de l'énergie et de réduire le coût des factures d'électricité. En retour, son application sera coûteuse. Dans cette partie, nous calculerons le prix de l'application d'isolation (coût d'investissement) et le profit qu'elle génère sur les factures d'électricité (coût d'exploitation) et nous le comparerons avec le précédent.

**4.5.1 Cout d'exploitation:**

Nous calculerons le nombre de climatiseurs avant et après l'isolation, en utilisant les résultats précédents, et à partir de là, nous pourrions calculer l'énergie consommée pendant la période estivale. Après cela, nous calculerons le coût de la consommation à l'aide de la facture d'électricité.



**Calcul le nombre des climatiseurs (sans isolation) :**

$$\text{Nombre} = \text{Puissance de climatisation/puissance frigorifique}$$

- Puissance frigorifique = 24000 btu = 7033.70568 W
- Puissance climatisation = 850.2 kW = 850200 W

Le nombre des climatiseurs = 121

**Calcul le nombre des climatiseurs (avec isolation) :**

De la même façon

- Puissance de climatisation = 622,4kW = 622400 W

Le nombre des climatiseurs = 88

**Calcul la puissance électrique pendant la période estivale :**

La période estivale c'est les deux mois d'été Mai et Juin (période d'occupations réelle)

$$\text{PEPPE} = \text{puissance électrique de climatiseur} \times \text{nombre de climatiseur} \\ \times \text{période estivale}$$

- La puissance électrique de climatiseur = 1850 W
- Période estivale = (61 jour – 16 jour) × 12h = 540h

**Application**

- Sans isolation =  $1850 \times 121 \times 540 = 120879 \text{ kWh}$
- Avec isolation =  $1850 \times 88 \times 540 = 87912 \text{ kWh}$

**Calcul le coût de la consommation à l'aide de la facture d'électricité :****Pour le cas sans isolation****D'après la facture**

Energie consommée	Pourcentage	Quantité	P.U.(DA)	A ajouter (DA)
Creuse	33.33	40288.9707	1.024	41255.906
Pointe	12.50	15109.875	8.7202	131761.132
Pleine	54.15	65455.978	1.9376	126827.503
Total				299844.541

**Tableau.19 : Le coût de la consommation sans isolation**

**Prix total avec tous les frais (TTC) :**

**FACTURE TOTAL** = prix d'énergie consommée + facteur de puissance (ER/EA) + puissance mise à disposition + puissance maximale atteinte primes fixes(DA) + TVA énergie

**Facture total** = 299844.541 + 265,197.32 = 565041.861 DA

**Pour le cas avec isolation :**

Energie consommée	Pourcentage %	Quantité (kWh)	P.U.(DA)	A ajouter (DA)
Creuse	33.33	29301.0696	1.024	30004.295
pointe	12.50	10989	8.7202	95626.278
pleine	54.15	47604.348	1.9376	92238.1846
Total				217868.757

**Tableau.20 : Le coût de la consommation avec isolation**

**Prix totale avec tous les frais (TTC):**

**Facture total** = 217868.757 + 265197.32 = 483066.07 DA

Donc La différence entre le prix sans isolation et avec isolation est le bénéfice que nous avons gagné :

**Bénéfice gagné** = 565041.861 - 483066.07 = 81975.78 DA

**4.5.2 Cout d'investissement :****Le coût d'investissement :**

N°	Désignation	Unité	Qté	P.U Fourniture	P.U Pose	Montant
1	Polystyrène 5cm	M2	12 338	400,00	250,00	8 019 700,00
2	Plaque de plâtre de 13 mm épaisseur Hydrofuge	M2	12 338	450,00	1 050,00	18507000,00
3	Fenêtre double vitrage de dimension 1.50x1.20, selon détails menuiserie	U	518	24 000,00	6 000,00	15 540 000,00
Sous-total de la facture						42 066 700,00
Montant de la T.V.A. 19%						7 992 673,00
<b>TOTAL TTC DZD</b>						<b>50 059 373,00</b>

**Tableau .21 : Le coût d'investissement**

**Le retour d'investissement :**

- **Montant gagné = 81975.78 DA par ans**
- **Coût d'investissement = 50 059 373,00 DA**

**Le retour d'investissement = coût d'investissement/montant gagné**

**Le retour d'investissement = 610 ans**

#### **4.6 Discussion :**

Après le calcul, il devient clair que la valeur de l'investissement est très importante par rapport aux retours sur les bénéfices, ce qui rend difficile (presque impossible) son achèvement, car il faut ramener les coûts du projet à 610 ans, ce qui est une très longue durée, Ceci est dû à plusieurs facteurs dont le plus important est le prix du kilowattheure en Algérie, qui n'est pas cher par rapport aux pays européens ainsi que l'investissement de l'isolation doit être dans un immeuble en construction, mais pas dans un immeuble en service qui la rend plus chère.

**Conclusion :**

Dans ce mémoire nous avons fait une étude énergétique d'un bâtiment dans le sud algérien et nous avons choisi la faculté des sciences appliquées de l'université de Kasdi Merbah Ouargla pour déterminer sa conformité à la réglementation thermique algérienne.

Cette étude s'appuie sur le programme CTBAT, qui vérifie la réglementation thermique algérienne par le calcul des déperditions thermiques, elle nécessite de saisir des données détaillées pour le bâtiment à étudier en termes de dimensions, d'orientation et les composants des parois...

L'étude a montré que le bâtiment n'est pas soumis à la réglementation thermique algérienne, ce qui rend le bâtiment énergivore et n'apportant pas du confort thermique.

Nous avons également proposé une solution qu'on avait étudié, où nous avons décidé d'améliorer l'isolation de bâtiment pour le rendre moins énergivore grâce à une augmentation de l'isolation des fenêtres et des murs, et nous avons obtenu des résultats souhaités, mais son application est presque impossible en raison du coût qui est très cher par rapport aux retours sur les bénéfices.

Les bâtiments qui sont considérés comme des secteurs énergivores doivent être pris en charge par l'application de réglementations thermiques contraignantes dès le début avant de commencer la réalisation du projet de construction et les bâtiments en cours d'achèvement réalisés en tenant compte de l'isolation, qui est la solution la plus efficace pour limiter les déperditions en choisissant un matériau isolant afin de réduire la consommation d'énergie seront plus bénéfiques à l'individu et à l'État.

Nous recommandant d'élaborer un autre document technique concernant la réglementation thermique algérien pour les anciens bâtiments.

## Annexes

### Annexes

Orientation	Couleur	Surface totale des murs	Surface nette des murs (sans ouvertures)	Surface de mur avec céramique intérieur	Surface de fenêtre	Surface de porte
nord	<b>rouge</b>	A=114 B=256.9 C=114 D=141.6 E= 71.32 F=63.7 G= 51.2 H= 27.3	A= 114 B=178.11 C= 114 D= 121.8 E= 59.75 F=57.93 G= 44.59 H= 26.14	A= 0 B= 48.59 C= 0 D= 0 E= 0 F=0 G= 0 H= 0	A= 0 B= 30.19 C= 0 D= 19.71 E= 11.56 F= 5.76 G= 0 H= 1.16	A= 0 B= 0 C= 0 D= 0 E= 0 F= 0 G= 0 H= 0
Nord-ouest	<b>Vert</b>	A= 563.22 B= 114 C= 141.6 D= 256.9 E= 114 F= 342 G= 71.32 H= 63.7 I= 51.2 J= 27.3	A= 355.57 B= 114 C= 121.8 D= 178.11 E= 114 F= 272.36 G= 59.75 H= 57.93 I= 44.59 J= 26.14	A= 15.13 B= 0 C= 0 D= 48.59 E= 0 F= 18.2 G= 0 H= 0 I= 0 J= 0	A= 126.53 B= 0 C= 19.71 D= 30.19 E= 0 F= 38.24 G= 11.56 H= 5.764 I= 6.608 J= 1.16	A= 66 B= 0 C= 0 D= 0 E= 0 F= 13.2 G= 0 H= 0 I= 0 J= 0
est	<b>mauve</b>	A= 740 B= 163.56 C= 86.71 D= 91.44 E= 64.14 F= 42.76 G=42.76 H=42.76	A= 658.4 B= 118.44 C= 61.91 D= 76.08 E= 64.14 F=42.76 G=42.76 H=42.76	A= 0 B= 0 C= 16.9 D= 0 E= 0 F=0 G=0 H=0	A= 81.58 B= 21.12 C= 7.89 D= 15.36 E= 0 F=0 G=0 H=0	A= 0 B= 24 C= 0 D= 0 E= 0 F=0 G=0 H=0
Sud est	<b>jaune</b>	A= 430.96 B= 558 C= 142.02 D= 61.18 E= 45.7 F= 25.32 2(G+H)= 585.4	A= 235.21 B= 447.05 C= 128.28 D= 52.05 E= 39.09 F= 21.16 2(G+H)= 315.9	A= 177.17 B= 19.5 C= 0 D= 0 E= 0 F= 0 2(G+H)= 126.95	A= 18 B= 82.64 C= 13.72 D= 9.128 E= 6.608 F= 1.16 2(G+H)= 94.5	A= 0 B= 8.8 C= 0 D= 0 E= 0 F= 3 2(G+H)= 48
Nord Est	<b>bleu</b>	A= 563.78 B= 86.52 C=94.32 D=71.22	A= 475.38 B= 80.22 C= 88.93 D=67.18	A= 40.1 B= 0 C= 0 D=0	A= 44.1 B= 6.3 C= 5.38 D= 4.03	A= 4.2 B= 0 C= 0 D= 0
ouest	<b>orange</b>	A= 563.78 B= 71.22	A= 475.38 B= 67.18	A= 40.1 B= 0	A= 44.1 B= 4.03	A= 4.2 B= 0
Sud-ouest	<b>grenat</b>	A= 86.52 B= 91.44 C= 163.56 D+E=740 F= 42.76 G=42.76 H=42.76 I= 64.34 J= 94.32	A= 80.22 B= 76.08 C= 118.44 D+E= 658.4 F=42.76 G=42.76 H=42.76 I= 64.34 J= 88.93	A= 0 B= 0 C= 0 D+E= 0 F=0 G=0 H=0 I= 0 J= 0	A= 6.3 B= 15.36 C= 21.12 D+E= 81.58 F=0 G=0 H=0 I=0 J= 5.38	A= 0 B= 0 C= 24 D+E= 0 F=0 G=0 H=0 I= 0 J= 0
sud	<b>noire</b>	A= 25.32 B= 45.7 C= 61.18 D= 142.02 E= 86.71	A= 21.16 B= 39.09 C= 52.05 D= 128.28 E= 61.91	A= 0 B= 0 C= 0 D= 0 E= 16.9	A= 1.16 B= 6.608 C= 9.12 D= 13.72 E=7.89	A= 3 B=0 C= 0 D= 0 E= 0



### Orientation

- **Perois en contact d'un local non conditionné :**

Les apports de chaleurs à un instant  $t$ ,  $APO(t)$ , traversant une paroi opaque en contact avec un local non conditionné sont donnés par la formule suivante :

$$APO(t) = k_{été} \times S_{int} \times \Delta t_{Inc}(t)$$

- **Perois opaques en contact avec deux locaux conditionnés :**

Les apports de chaleurs à un instant  $t$ ,  $APO(t)$ , traversant une paroi opaque en contact avec deux locaux non conditionnés sont donnés par la formule suivante :

$$APO(t) = k_{été} \times s_{int} \times [TS_a - TS_{b,i}]$$

- **Apports à travers les parois vitrées intérieures**

Les apports à travers les parois vitrées intérieures  $AVT(t)$  sont dus uniquement à la différence de température de part et d'autre de la paroi. Ils sont donnés par :

$$AVT(t) = K_{été} \times S_{ouv} [(T_{Se}(t) - C_{Inc}) - (TS_{b,i})]$$

## Annexes

<p><b>EYOUB GROUPE - ENTREPRISE DE TRAVAUX PUBLICS ET LOCATION DE MATERIELS</b></p> <p>RC N° 09/A/0634734 30/00 IMM,FISC N° : 1976 3001 0050 345</p> <p>NIF :1976 3001 0050 3175 ART N°3001 0338 450 <a href="http://www.eyoubgroupe.com">www.eyoubgroupe.com</a> <a href="mailto:eyoubgroupe@yahoo.com">eyoubgroupe@yahoo.com</a> Adresse : Sidi Boughoufala Ouargla Tel-Fax : 029707102</p>	<p>Facture PROFOI2A25/2021 Date de la factu <b>02/06/2021</b></p> <p>Facturer à : <b>UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA</b></p> <p>RC N° - NIF - A.I -</p> <p>ADRESSE Ave 1er Novembre 1954, Ouargla 30000 TEL 029 60 81 28</p>
---	--

**Project : Faculté des sciences appliquées**

**Subject : Travaux des Menuiseries et Maçonnerie**

N°	Désignation	Unité	Qté	PU Fourniture	PU Pose	Montant
1	Polystyrene 5cm	M²	12 338	400,00	250,00	8 019 700,00
2	Plaque de plâtre de 13 mm épaisseur Hydrofuge	M²	12 338	450,00	1 050,00	18 507 000,00
3	Fenêtre double vitrage de dimension 1.50x1.20, selon détails menuiserie	U	518	24 000,00	6 000,00	15 540 000,00
Sous-total de la facture						42 066 700,00
Montant de la T.V.A. 19%						7 992 673,00
<b>TOTAL TTC DZD</b>						<b>50 059 373,00</b>

**Arrêtée la presente facture a la somme de :**

Cinquante millions cinquante-neuf mille trois cent soixante-treize Dinar Algérien et ZERO Centime

Les quantités sus indiquées sont à titre indicatif ( variable) .

Délai : deux mois (60 jours)

*Cachet et Signature*



Facture préforma

### Bibliographie

- [1] Abderaman Chouae, Bioclimatisation et confort thermique, Institut international d'ingénierie de l'eau et de l'environnement 2011.
- [2] M.S. Mohsen and B.A. Akash, 'Some Prospect of Energy Saving in Building', Energy Conversion Management, Vol. 42, N°11, pp. 1307 - 1315, 2001.
- [3] M.A. Aktacir, O. Büyükalaca and T. Yılmaz, 'A Case Study for Influence of Building Thermal Insulation on Cooling Load and Air-Conditioning System in the Hot and Humid Regions', Applied Energy, Vol. 87, N°2, pp. 599 – 607
- [4] M. Ozel and K. Pihtili, 'Optimum Location and Distribution of Insulation Layers on Building Walls with Various Orientations', Building and Environment, Vol. 42, N°8, pp. 3051–3059, 2007.
- [5] S.A. Al-Sanea, M.F. Zedan and S.A. Al-Ajlan, 'Effect of Electricity Tariff on the Optimum Insulation-Thickness in Building Walls as Determined by a Dynamic Heat-Transfer Model', Applied Energy, Vol. 82, N°4, pp. 313 - 330, 2005
- [6] N. Fezzioui, B. Draoui, M. Benyammine et S. Larbi, 'Influence des Caractéristiques Dynamiques de l'Enveloppe d'un Bâtiment sur le Confort Thermique au Sud Algérien', Revue des Energies Renouvelables, Vol. 11, N°1, pp. 25 - 34, 2008
- [7] D. Medjelakh et S. Abdou, 'Impact de l'Inertie Thermique sur le Confort Hygrothermique et la Consommation Énergétique du bâtiment', Revue des Energies Renouvelables, Vol. 11, N°3, pp. 329 - 341, 2008.
- [8] Guechhati, et al , A. (2010). Simulation de l'effet de l'isolation thermique des bâtiments Cas du centre psychopédagogique SAFAA à Oujda. Revue des Energies Renouvelables, 13(2), 223-232.
- [9] Boursas, Abderrahmane & labidine, Mahri. (2014). Etude comparative de l'impact de l'isolation thermique sur la performance énergétique des bâtiments résidentiels : Cas de la Tunisie, l'Algérie et le Maroc
- [10] ZAIM, M., & KADRI, A. Bilan thermique de construction : étude d'un cas et présentation de solutions (Doctoral dissertation).
- [11] Messaoudene, N. A., Imessad, K., & Belhamel, M. (2010). Effect of ventilation on thermal comfort measured by DTS-Application to a typical home in Algerian conditions. Renewable energy, 35(3), 629-636.



## Bibliographie

---

- [12] Chahwane Layal 2011 valoriation de l'énergie thermique pour la performance énergétique des bâtiment thèse de doctorat génie civil et sciences de l'habitat. Grenoble université Grenoble
- [13] M Ainalouane Larbi al, R.B.e., DTR C3.2/4 Document Technique Réglementaire, Règlementation Thermique Algérienne du Bâtiment, in CNERIB 2016.

### ملخص:

في الجزائر المباني ليست ذات كفاءة عالية في استخدام الطاقة حيث ان قطاع الاسكان يعد من اكبر القطاعات استهلاك الطاقة لانه لا يخضع للوائح الملزمة في هذا المجال, ومن اجل معرفة كفاءة البناية من حيث استهلاك الطاقة و المساهمات و احتياجات السنوية لتدفئة و التبريد في هذا الخصوص قمنا باستخدام برنامج حساب CT BAT الذي يساعدنا في اعطاء وصف للمبنى من حيث تقدير الاستهلاك السنوي لطاقة (كيلوواط ساعة/متر مربع سنويا ) و التحقق من مدى توافق المبنى مع اللوائح الملزمة DTR.C3-2 و DTR.C3-4 بالاخذ بعين الاعتبار كل معطيات المبنى من حيث التدفئة و التبريد و مكونات الحائط و سماكته و التوجيه و النوافذ و الابواب وكذلك فيما يخص عدد مستخدمي المبنى و المناخ المحلي كما قمنا بتقديم نصائح و ارشادات لترشيد استهلاك الطاقة وحلول لتحسين اداء المبنى من اجل توفير الطاقة بحيث هذه الحلول تتمشى مع ضمان الراحة الحرارية داخل المبنى .

**الكلمات المفتاحية :** استهلاك الطاقة , التدفئة و التبريد , الراحة الحرارية , CT BAT , العزل الحراري

### Résumé :

En Algérie, les bâtiments ne sont pas à haute efficacité énergétique, le secteur du logement étant l'un des plus gros secteurs consommateurs d'énergie car il n'est pas soumis à des réglementations contraignantes dans ce domaine, et afin de connaître l'efficacité des structures en termes d'énergie consommation, apports et besoins annuels de chauffage et de refroidissement à cet égard, nous avons utilisé le programme de calcul CT BAT, qui nous aide à donner une description du bâtiment en termes d'estimation de la consommation énergétique annuelle (kilowattheures / mètre carré . an) et à vérifier la conformité du bâtiment avec les réglementations contraignantes DTR.C3-2 et DTR.C3-4 en tenant compte de toutes les données du bâtiment en termes de chauffage et de refroidissement, des composants et de l'épaisseur des murs, de l'orientation, des fenêtres et des portes, ainsi que des nombres d'usagers du bâtiment et le climat local. Nous fournissons également des conseils et des orientations pour rationaliser la consommation d'énergie et des solutions pour améliorer les performances du bâtiment afin d'économiser l'énergie tout en garantissant le confort thermique du bâtiment.

**Les mots clés :** Consommation d'énergie, chauffage et refroidissement, confort thermique, CT BAT, isolation thermique

### **Abstract:**

In Algeria, buildings are not highly energy efficient, the housing sector being one of the largest energy consuming sectors because it is not subject to restrictive regulations in this area, and in order to know the efficiency of structures in terms of energy consumption, annual heating and cooling inputs and needs in this regard, we used the calculation program CT BAT, which helps us to give a description of the building in terms of consumption estimate energy consumption (kilowatt-hours / square meter per year) and to verify the building's compliance with the restrictive regulations DTR.C3-2 and DTR.C3-4 taking into account all the building data in terms of heating and cooling, components and thickness of walls, orientation, windows and doors, as well as the number of building users and the local climate. We also provide advice and guidance for ur rationalize energy consumption and solutions to improve the performance of the building in order to save energy while ensuring the thermal comfort of the building.

**The key words:** Energy consumption, heating and cooling, thermal comfort, CT BAT, thermal insulation

