

République algérienne démocratique et populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université Saad Dahl ab-Blida 1



Département des énergies renouvelables
Mémoire de master
Option : Habitat bioclimatique

Vérification règlementaire des bâtiments d'habitats en hiver et en été

Élaboré par :

- BOUDJEMAA KARIM
- NEHAL OUSSAMA

Jury d'évaluation:

Pr. ABDELKADER HAMID
Dr. DJAAFAR SEMMAR

Encadreur : Mr DERRADJI LOTFI -enseignant à l'université de Blida 1.

Année universitaire : 2022/2023

Remerciements

Nous remercions avant tout Dieu de nous avoir donné la force, la Volonté et le courage de mener à bien ce travail.

*A notre cher encadreur **Mr DERRADJI Lotfi***

Qui sans leurs orientations et leurs conseils précieux ce travail n'aurait pas été accompli.

Nos Vifs remerciements Vont aux membres du jury

Pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant de l'examiner.

Nous remercions également nos enseignants dès la première année jusqu'à ce jour qui ont été notre source et référence durant notre cursus.

Nos remerciements Vont également à nos amis et collègues de département des énergies renouvelables.

Un grand merci à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour l'élaboration de ce travail.

KARIM et OUSSAMA

Dédicace

Je dédie ce mémoire à :

Aux personnes les plus chers au monde, mes parents qui n'ont jamais cessé de me soutenir, de m'encourager, de m'apporter leur amour et leur bienveillance, qu'ils trouvent ici le témoignage de ma profonde reconnaissance.

*A la lumière qu'elle a toujours éclairée mon chemin. A la source de mon énergie. À
ma chère sœur Cyprine*

Je saisi cette occasion pour exprimer ma gratitude envers tous les enseignants qui ont contribué à ma formation durant mon parcours Pr. Hamid, Md Guéblan, Md Okapi, Md Nabila, Mr Iari

Je remercie mon binôme Oussama Nehal et mon frère Yahia, pour leur patience, leurs encouragements et je leur souhaite beaucoup de succès.

Enfin, j'adresse un dernier remerciement à toutes les personnes qui nous ont aidés durant l'élaboration de ce travail et qui ont su par leurs questions et leurs conseils nous orienter et pousser notre réflexion.

Karim

Dédicace

Je dédie ce mémoire a :

À celle dont mon paradis est sous ces pieds ...
À celle dont le prénom est symbole d'amour « *colérique* » ...
À celle qui m'aime au-delà de mes défauts ...
À celle pour qui je serais toujours un petit garçon ...
A celle, avec qui, aucune Erve ne peut rivaliser avec son sourire ...
... À ma mère,
Au pilier de la famille ...
Au rempart qui se dresse entre moi et mes soucis ...
À l'Homme qui a fait de moi un Homme ...
A celui qui m'a éveillé, qui m'a permis de Voir le monde tel qu'il est ...
A celui qui mérite plus que quatre lignes dans un document qui finirait sûrement dans une
Que quatre lignes dans un document qui finirait sûrement dans une étagère poussiéreuse... A mon
père

A celui qui m'a Vu grandir,
A celui dont le plaisir est de me Voir réussir,
Au nerf de la famille...
... A mon Grand-père

A celle qui me gratifie toujours d'un plat qui réchauffe mon cœur quand la pluie s'abat sur lui...
A la bonté personnifiée ...
Au cœur de ma Vie A ma Grand-mère

Je dédie ce travail à Vous
À mes frères et sœur ... et leurs familles
A mes amis Il Vous faut une autre page pour Vous mentionner tous ... alors je Vous laisse
uniquement ces deux lignes et ce mot.... MERCI

Sans oublier Mes chers Profs, monsieur HAMID et Madame GUEBLI pour Leur Soutien et leur
bienveillance au cours de mon long parcours universitaire.

Et bien Sûr Mon Akhipotter mon Fameux binôme Légendaire Krino latchiza sans toi ce travail ne
sera pas fait.

OUSSAMA

ملخص

في الجزائر، يحتل قطاع البناء مكانة مهمة في اقتصاد البلاد، خاصة فيما يتعلق بالاستهلاك الطافي. لذا فمن الضروري تطوير طرق البناء ومواد العزل لضمان الراحة المثلى طوال فصلي الصيف والشتاء.

في إطار دراستنا، أجرينا تقييماً للراحة الحرارية والطاقية لمبنى مكون من تسعة طوابق (أرضي + 9 طوابق) وشقة من النوع F3 في الطابق الأخير، في منطقة سيدي عبد الله بالجزائر العاصمة. تم اختيار هاتين الحالتين كموضوعي دراسة لتحليلنا.

في مركز البحث "CNERIB"، أجرينا دراسة لتقييم الراحة الحرارية للمباني من خلال إجراء توازن حراري في فصلي الصيف والشتاء. كان الهدف من ذلك فهم تعقيد الراحة الحرارية وفقاً للتشريعات الجزائرية وتقييم تأثير الأنظمة البنائية المقترحة على الفاقد الحراري والتدفئة في هذه المباني في المناطق المناخية المختلفة. لإجراء هذه الدراسة، استخدمنا أدوات مثل DTR

و..LOGRT

الكلمات الرئيسية:

كفاءة الطاقة، استهلاك الطاقة، المناطق المناخية، LOGRT، DTR، التشريعات الجزائرية، أنظمة البناء.

Résumé

En Algérie, le secteur du bâtiment occupe une place prépondérante dans l'économie du pays, notamment en ce qui concerne la consommation énergétique. Il est donc crucial de développer des méthodes de construction et des matériaux d'isolation afin de garantir un confort optimal tout au long des saisons estivale et hivernale.

Dans le cadre de notre étude, nous avons procédé à une évaluation du confort thermique et énergétique d'un immeuble de neuf étages (R+9) et d'un appartement F3 situé au dernier étage, à Sidi Abdallah, Alger. Ces deux cas ont été pris comme sujets d'étude pour notre analyse.

Au sein du centre de recherche "CNERIB", nous avons réalisé une étude Visant à évaluer le confort thermique des bâtiments en effectuant un bilan thermique à la fois pendant l'été et l'hiver. L'objectif était de comprendre la complexité du confort thermique conformément à la réglementation algérienne et d'évaluer l'impact des Systèmes constructifs proposées sur les déperditions thermiques et les apports calorifiques de ces bâtiments dans les Différentes zones climatiques. Pour mener cette étude, nous avons utilisé des outils tels que les DTR (Données Techniques de Référence) et l'application LOGRT.

- **Les mots clés**

Efficacité énergétique, consommation d'énergie, les zones climatiques, LOGRT, DTR, la réglementation algérienne, les systèmes constructifs.

Abstract

In Algeria, the construction sector plays a significant role in the country's economy, particularly in terms of energy consumption. Therefore, it is crucial to develop construction methods and insulation materials to ensure optimal comfort throughout the summer and winter seasons.

As part of our study, we conducted an evaluation of the thermal comfort and energy performance of a nine-story building (R+9) and a F3 apartment located on the top floor in Side Abdullah, Alger. These two cases were selected as the subjects of our analysis.

Within the "CNERIB" research center, we conducted a study aimed at assessing the thermal comfort of buildings by conducting a thermal balance analysis during both summer and winter. The objectified was to understand the complexity of thermal comfort in accordance with Algerian regulations and evaluate the impact of proposed construction systems on thermal losses and calorific contributions in different climatic zones. To carry out this study, we utilized tools such as Technical Reference Data (DTR) and the LOGRT application.

Keywords

Energy efficiency, energy consumption, climatic zones, LOGRT, DTR, Algerian regulations, construction systems.

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE.....	Error! Bookmark not defined.
Introduction générale	1
Problématique :.....	2
Objectif :.....	3
ETAT DE L'ART.....	4
I CHAPITRE 1 : L'ENERGIE ET LE BATIMENT	8
I.1 Introduction :.....	8
I.2 Énergie :.....	8
I.2.1 Les énergies fossiles :.....	9
I.2.2 Les énergies renouvelables :	9
I.2.2.1 Les différents types d'ENR utilisée dans les bâtiments :	9
I.3 Consommation d'énergie :.....	10
I.3.1 La consommation finale mondiale :	10
I.3.2 Consommation d'énergie en Algérie :.....	11
I.3.2.1 Consommation Finale :.....	11
I.3.2.2 Consommation par secteur :.....	12
I.3.2.3 Consommation énergétique des logements anciens et récents.....	14
I.4 Efficacité énergétique :	16
I.4.1 L'efficacité énergétique passive :	16
I.4.2 L'efficacité énergétique active :	16
I.5 Le climat et le confort thermique :	16
I.5.1 Le confort thermique :	16
I.5.2 Le climat :	17
I.5.2.1 Les éléments du climat :	17
a. Le rayonnement solaire :.....	18
b. La température :.....	18
c. L'humidité :.....	18
d. Les précipitations :	18
e. Les Vents :	18

I.5.2.2	Facteurs liés aux conditions climatiques :.....	18
I.6	Le Climat algérien :.....	19
I.6.1	Classification thermique des régions climatique :.....	20
II	CHAPITRE 2 : DES BASES SUR LA THERMIQUE DES BATIMENTS.....	21
II.1	Introduction :.....	21
II.2	Mode de transfert de chaleur :.....	21
II.2.1	La convection :.....	21
II.2.2	Le rayonnement.....	21
II.2.3	La conduction.....	21
II.3	Résistance thermique R :.....	22
II.4	Inertie thermique :.....	23
II.5	Déperditions thermiques :.....	23
II.5.1	Les Déperditions surfaciques par transmission :.....	24
II.5.3	Déperditions par renouvellement d'air :.....	26
II.6	Les apports d'énergie dans les bâtiments :.....	26
II.6.1	Les apports intérieurs :.....	26
II.6.2	Les apports extérieurs :.....	27
II.6.2.2	Les apports solaires directs.....	27
II.6.2.3	Les apports solaires indirects :.....	27
II.7	L'isolation thermique d'un bâtiment :.....	27
II.7.1	Isolation thermique des murs dans le bâtiment :.....	27
II.7.2	Les principes de l'isolation thermique :.....	28
II.7.2.1	Isolation intérieure :.....	28
II.7.2.2	Isolation extérieure :.....	28
II.7.2.3	Isolation thermique intégrée :.....	29
II.7.3	Les matériaux d'isolation :.....	30
II.7.4	Les caractéristiques d'un bon isolant :.....	30
II.7.5	L'isolant le plus utilisé dans Algérie :.....	31
II.7.5.1	Le polystyrène expansé :.....	31
II.7.5.2	Le PSE :.....	31
II.7.5.3	Polystyrène extrude :.....	32

V	CHAPITRE 3 : CALCUL REGLEMENTAIRE DES DEPERDITIONS THERMIQUES ET LES APPORTS CALORIFIQUES :	33
V.1	PARTIE 1 : Le DTR	33
V.1.1	Introduction	33
V.1.2	Déperditions calorifiques « Fascicule 1 » DTR C3-2	33
V.1.2.1	Les objectifs sont :	34
V.1.2.2	Bases de calcul	34
V.1.2.3	Expressions générales des déperditions	34
V.1.2.4	Vérification et déperditions de référence	34
V.1.2.5	Déperditions surfaciques par transmission à traVers les parois	36
V.1.2.6	Déperditions à traVers les ponts thermiques	36
V.1.2.7	Le coefficient de transmission linéique de la liaison k_l :(de notre cas d'étude).....	36
V.1.2.8	Déperditions à traVers les parois en contact aVec des locaux non-chauffés	39
V.1.2.9	Déperditions par renouVellement d'air	40
V.1.3	Apports calorifiques « Fascicule 1 » DTR C3-4	41
V.1.3.1	Méthode de calcul des apports thermiques estIIaux	41
V.1.3.2	Apports à traVers les parois	42
V.1.3.3	Les apports à traVers les parois intérieures :	43
V.2	Partie 2 : Présentation de l'application et du projet, la discussion des résultats de l'étude :	48
V.2.1	Présentation de cas d'étude :	48
V.2.1.1	Présentation des caractéristiques climatique :	48
V.2.1.2	Description du logement :	49
V.2.1.3	Composition des parois du logement :	50
V.3	L'étude de la conformité du logement en hiver :	55
V.3.1	Le bilan thermique du logement sans isolations :	55
V.3.2	Le bilan thermique du logement avec isolations :	61
V.3.2.1	Discussion des résultats :	70
V.3.3	L'étude de la conformité du logement en été :	72
V.3.3.1	L'orientation : On prend le 1 ^{er} cas Comme cas de référence	72
V.3.3.2	Résultats de l'application :	73
V.3.3.3	Interprétation et discussion des résultats :	74

Conclusion générale :	82
Bibliographie :	84

Liste des figures

Figure 01 : Consommation mondiale d'énergie primaire par source depuis 2010, en BTU.....	10
Figure 02 : Consommation énergétique selon la date de construction et les choix écologiques	14
Figure 03 : Zonage thermique Algérien (période hivernale)	20
Figure 04 : Zonage thermique Algérien (période estivale)	20
Figure 05 : Modes de transfert thermique dans une paroi Verticale (Mur).....	22
Figure 06 : Répartition des déperditions thermiques dans une maison mal isolée	24
Figure 07 : Pont thermique d'un plancher	25
Figure 08 : l'isolation intérieure.....	28
Figure 09 : mur à isolation extérieur.	29
Figure 10 : mur a isolation intégrée.....	29
Figure 11 : polystyrène expansé	31
Figure 12 : Polystyrène extrudé Source blog.....	32
Figure 13 : Plan d'un appartement F3 l'AADL de Sidi Abdallah.....	49
Figure 14 : Plan d'un bloc à l'AADL de Sidi Abdallah.....	50

Liste des tableaux

Tableau 1 : Consommation finale par Secteur.....	12
Tableau 2 : Les Coefficients de référence	35
Tableau 3 : Coefficient α	38
Tableau 4 : Caractéristiques des parois (cas 1).....	51
Tableau 5 : Caractéristiques des parois (cas 2).....	52
Tableau 6 : Caractéristiques des parois (cas 3).....	53
Tableau 7 : Caractéristiques des parois (cas 4).....	54
Tableau 8 : Localisation et zonage thermique des Villes	54
Tableau 9 : Le bilan thermique de l'appartement F3 pour le 1 ^{er} cas sans isolation.....	55
Tableau 10 : Le bilan thermique de bloc R+9 pour le 1 ^{er} cas sans isolation	56
Tableau 11 : Le bilan thermique de l'appartement F3 pour le 2 ^{eme} cas sans isolation	56
Tableau 12 : Le bilan thermique de bloc R+9 pour le 2 ^{eme} cas sans isolation.....	57
Tableau 13 : Le bilan thermique de l'appartement F3 pour le 3 ^{eme} cas sans isolation	57
Tableau 14 : Le bilan thermique de bloc R+9 pour le 3 ^{eme} cas sans isolation	58
Tableau 15 : Le bilan thermique de l'appartement F3 pour le 4 ^{eme} cas sans isolation	59
Tableau 16 : Le bilan thermique de bloc R+9 pour le 4 ^{eme} cas sans isolation.....	60
Tableau 17 : Bilan thermique de l'appartement F3 avec isolation pour le 1 ^{er} cas.....	61
Tableau 18 : Bilan thermique de bloc r+9 avec isolation pour le 1 ^{er} cas	62
Tableau 19 : Bilan thermique de l'appartement F3 avec isolation pour le 2 ^{-ème} cas	63
Tableau 20 : Bilan thermique de bloc r+9 avec isolation pour le 2 ^{-ème} cas	64
Tableau 21 : Bilan thermique de l'appartement f3 avec isolation pour le 3 ^{-ème} cas	65
Tableau 22 : Bilan thermique de bloc r+9 avec isolation pour le 3 ^{-ème} cas	66
Tableau 23 : Bilan thermique de l'appartement f3 avec isolation pour le 4 ^{-ème} cas	67
Tableau 24 : Bilan thermique de bloc r+9 avec isolation pour le 4 ^{-me} cas	68
Tableau 25 : Le bilan thermique de l'appartement F3 pour les Différents orientations.....	72
Tableau 26 : Localisation et zonage thermique des Villes étudiées	72
Tableau 27 : Les apports calorifiques pour les zones climatiques en été.....	72

Tableau 28 : Le bilan thermique de l'appartement F3 pour les Différents systèmes constructifs en fonction de l'épaisseur de l'isolant pour la zone A	73
Tableau 29 : Le bilan thermique de l'appartement F3 pour les Différents systèmes constructifs en fonction de l'épaisseur de l'isolant pour la zone B	74
Tableau 30 : Le bilan thermique de l'appartement F3 pour les Différents systèmes constructifs en fonction de l'épaisseur de l'isolant pour la zone C	75
Tableau 31 : Le bilan thermique de l'appartement F3 pour les Différents systèmes constructifs en fonction de l'épaisseur de l'isolant pour la zone D	77
Tableau 32 : Le bilan thermique de l'appartement F3 pour les Différents systèmes constructifs en fonction de l'épaisseur de l'isolant pour la zone E	78

Liste des figures

Figure 01 : Structure de la consommation final d'énergie par secteur d'activité	13
Figure 02 : la Vérification réglementaire de l'appartement F3 avec isolation pour le 1 ^{er} cas en fonction des différentes épaisseurs de polystyrène.....	61
Figure 03 : la Vérification réglementaire de bloc r+9 avec isolation pour le 1 ^{er} cas en fonction des différentes épaisseurs de polystyrène	62
Figure 04 : la Vérification réglementaire de l'appartement F3 avec isolation pour le 2 ^{-me} cas en fonction des différentes épaisseurs de polystyrène.....	63
Figure 05 : la Vérification réglementaire de bloc r+9 avec isolation pour le 2 ^{-me} cas en fonction des différentes épaisseurs de polystyrène.....	64
Figure 06 : la Vérification réglementaire de l'appartement F3 avec isolation pour le 3 ^{-me} cas en fonction des différentes épaisseurs de polystyrène.....	65
Figure 07 : la Vérification réglementaire de l'appartement F3 avec isolation pour le 3 ^{-me} cas en fonction des différentes épaisseurs de polystyrène.....	66
Figure 08 : la Vérification réglementaire de bloc r+9 avec isolation pour le 4 ^{-me} cas en fonction des différentes épaisseurs de polystyrène	67
Figure 09 : la Vérification réglementaire de l'appartement F3 avec isolation pour le 4 ^{-me} cas en fonction des différentes épaisseurs de polystyrène.....	68

Figure 10 : Les apports calorifiques de l'appartement F3 pour les Différents systèmes constructifs en fonction de l'épaisseur de l'isolant pour la zone A	73
Figure 11 : Les apports calorifique de l'appartement F3 pour les Différents systèmes constructifs en fonction de l'épaisseur de l'isolant pour la zone B	74
Figure 12 : Les apports calorifique de l'appartement F3 pour les Différents systèmes constructifs en fonction de l'épaisseur de l'isolant pour la zone C	76
Figure 13 : Les apports calorifique de l'appartement F3 pour les Différents systèmes constructifs en fonction de l'épaisseur de l'isolant pour la zone D	77
Figure 14 : Les apports calorifique de l'appartement F3 pour les Différents systèmes constructifs en fonction de l'épaisseur de l'isolant pour la zone E	79

Introduction générale

L'histoire de l'humanité a été profondément influencée par l'évolution des sources d'énergie qu'elle connaissait et pouvait exploiter. Il y a environ 500 000 ans, l'homme ne disposait que de sa propre énergie comme ressource disponible. En maîtrisant le feu pour se réchauffer, cuisiner, allumer et travailler les métaux, il a réalisé ses premières avancées dans la compréhension de l'énergie.

Par la suite, l'utilisation de l'énergie animale domestique, éolienne, hydraulique, thermique cyclique, chimique, électrique, nucléaire, solaire, et bien d'autres encore, a marqué chaque étape de cette évolution. Chacun de ces changements a souvent entraîné des transformations majeures dans les structures des sociétés humaines.

Le secteur de la construction et du bâtiment est fortement impliqué dans les défis du développement durable et se positionne comme le plus grand consommateur d'énergie à l'échelle mondiale. Les données françaises, qui font consensus parmi les entreprises, les institutions et les experts, sont particulièrement frappantes : la construction représente environ 40% des émissions de CO₂ des pays développés, 37% de la consommation d'énergie et 40% des déchets produits.

Aujourd'hui, le défi consiste à concilier la préservation et l'amélioration du confort des citoyens avec la réduction des pertes de chaleur et de la consommation d'énergie, en particulier en ce qui concerne le chauffage et la climatisation, tout en respectant les réglementations en vigueur. En Algérie, la majorité des logements construits souffrent d'un manque d'isolation, ce qui se traduit par des pertes de chaleur élevées et une consommation d'énergie bien plus importante. De plus, ces bâtiments sont chauffés à l'aide de combustibles fossiles, ce qui contribue à une importante émission de gaz à effet de serre, responsable en partie du changement climatique. L'isolation thermique revêt une complexité et une diversité considérables. Les économies d'énergie résultant de l'isolation thermique varient considérablement en fonction des matériaux utilisés et des zones à isoler.

L'isolation joue un rôle crucial dans le domaine de la thermique des bâtiments, avec pour objectif de réduire les pertes de chaleur et la consommation d'énergie, ainsi que les échanges thermiques entre l'intérieur du bâtiment et l'environnement extérieur, ce qui permet de diminuer les besoins de chauffage et, le cas échéant, de climatisation. L'isolation doit être adaptée aux contraintes climatiques spécifiques du lieu où se trouve le bâtiment. En effet, elle constitue le fondement de la conception d'une maison passives, en retenant la chaleur à l'intérieur pendant l'hiver et en maintenant une température agréablement fraîche en été.

Problématique :

Afin de remédier au retard en matière de réalisation et de développement urbain, l'Algérie a entrepris un programme intensif de construction de logements collectifs, en faisant appel à des compétences nationales et internationales dans le secteur du logement. En ce qui concerne la structure, la rigidité et la résistance, ces constructions répondent largement aux normes requises. Cependant, nous constatons malheureusement une lacune au niveau de la conception et du confort thermique, ce qui crée un déséquilibre entre l'élément bâti et le bien-être et le confort des occupants.

Notre travail s'inscrit dans une perspective de recherche globale visant à améliorer l'aspect qualitatif, notamment le confort thermique, des logements collectifs. À travers cette recherche, nous chercherons à répondre aux questions suivantes :

Quelles sont les caractéristiques des logements collectifs en Algérie ? Sont-ils conformes à la réglementation thermique algérienne en hiver et en été ?

Quelle stratégie adopter et quels dispositifs architecturaux utiliser pour garantir le confort thermique et améliorer l'efficacité énergétique des logements collectifs ?

Nous nous efforcerons donc d'explorer ces questions afin de mieux comprendre les caractéristiques des logements collectifs en Algérie, leur conformité aux normes thermiques en vigueur et les raisons pour lesquelles les résidents entreprennent des transformations. En outre, nous chercherons à identifier les stratégies et les dispositifs architecturaux appropriés pour assurer un confort thermique optimal et améliorer l'efficacité énergétique de ces logements.

Objectif :

Le présent travail s'inscrit dans une optique globale d'étude sur la conception du logement collectif en Algérie avec Différent systèmes constructifs et zonages climatiques.

L'objectif est d'analyser le confort thermique avant et après les modifications en calculant les déperditions thermiques en hiver et les apports calorifique en été pour assurer un niveau de confort thermique acceptable. Ceci en étudiant l'influence des systèmes constructifs et le climat sur le confort de bâtiment.

Etat de l'art

- **En 2021 :**

Mr BOUTERRA Nassérienne et Mr ZAABAT aissa, dont le thème « Audit énergétique d'un bâtiment au sud Algérien ». A pour Objectif de réaliser une étude thermique de la faculté des sciences appliquées de Kasdi Merbah. Cette étude a permis de réaliser des calculs réglementaires pour atteindre le Bilan thermique et de Vérifier la conformité des projets de construction de bâtiments aux normes algériennes énoncées dans les DTR C3-2 et C3-4, et ils ont proposés des solutions pour réduire les déperditions thermiques et fournir de l'énergie la plus appropriée sans écarter de l'objectif de maîtrise frais.

Les résultats :

- En hiver :

Les calculs réglementaires ont montré que le bâtiment n'est pas soumis à la réglementation thermique algérienne, et cela est dû aux fortes déperditions en Hiver.

- En été :

Les résultats ont montré que la somme 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 ou la Valeur de rapport est 1.77 est supérieur à 1.05 dont le bâtiment est classé non conforme.

Alors le bâtiment de la faculté ne respecte pas la réglementation thermique algérienne et cela affecte négativement à la consommation d'énergie qui augmente les pertes financières.

La solution proposée est d'améliorer l'isolation de bâtiment pour minimiser les déperditions et les apports grâce à une augmentation de l'isolation des fenêtres et des murs.

Mais après l'étude de la solution, les résultats ont été acceptables mais pour l'appliquer c'est presque impossible en raison de cout.

- **En 2019-2020 :**

Mr Mouffok Tarik et Mr Hachemi Abdennour, dont le thème « Bilant Thermique D'une Bâtisse Selon La Réglementation Algérienne » A pour Objectif de calculer le Bilant thermique d'un bâtiment Construit en 2000, situé à **Remichi** , et de Vérifier la conformité de projet de construction du bâtiment aux normes algériennes décrites dans le DTR C3-2 et C3-4, et ils ont proposé des solutions pour réduire les pertes de chaleur et les économies d'énergie les plus appropriées sans oublié le cout maitrisés, après afin de quantifier les déperditions, les apports et le besoin annuel de chauffage d'une habitation ils ont utilisé un Logiciel de calcul « RETA » qui est un descriptif du logement et de ses équipements, avec une estimation des déperditions et les apports.

Résultats :

Après leurs calculs qui sont traité à partir Du DTR C3.2, ils ont trouvé que le bâtiment n'est pas conforme en hier, et après l'étude des apports calorifiques, ils ont trouvé qu'ils sont très élevés et cela du a une mauvaise isolation thermique. Alors après les calculs selon le DTR C3-4, ils ont Vérifié selon la Vérification de la réglementation que l'apport calorifiques est supérieur à l'apport calorifique de référence, alors le bâtiment ne Vérifie pas la réglementation algérienne en été.

- **En 2022 :**

Rim SLIMAN EZITOUNE et Douaa MAZOUZA, dont le thème « La conformité des bâtiments à la règlementation algérienne en hiver et en été » A pour objectif de faire une évaluation du point de Vue confort thermique et énergétique d'un Bloc R+9 et un appartement F3 (dernier étage) qui ont été au cours de construction situé à sidi abdallâh, Alger, ils ont essayé d'étudier la complexité du confort thermique et d'évaluer l'impact des rénovations proposées : les deux types d'isolation thermique extérieure (mortier isolant), intérieure (polystyrène) et le double Vitrage dans les fenêtres, sur les besoins énergétiques en chauffage et en climatisation du bâtiment. À l'aide de DTR et l'application LOGORT. Ils ont basé aussi dans leur travail sur l'étude technico-économique en tenant compte les dépenses dues au coût réel en Algérie des différents types de rénovation proposée.

Résultats :

- En hiver : les bilans thermiques avant rénovation Du bloc r+9 et Le F3 Du dernier étage n'ont pas Vérifié la réglementation thermique algérienne car ils ont trouvé $DT > 1,05 \times Dref$ au lieu de $DT \leq 1,05 \times DREF$

D'après les bilans thermiques du bloc R+9 et le F3 du dernier étage de double Vitrage sans isolation, les deux cas n'ont pas Vérifié avec le double Virage sans isolation, car : $DT > 1,05 \times Dref$.

Le bilan thermique du bloc R+9 avec différentes épaisseurs d'isolation ; le polystyrène et le mortier isolant ; a montré une diminution remarquable de déperdition de transmission totale DT avec les différentes épaisseurs du 1cm jusqu'à 5cm, et ils ont trouvé que ça Vérifie la réglementaire dès le premier centimètre pour le polystyrène et jusqu'à le quatrième centimètre pour le mortier isolant.

Le bilan thermique de l'appartement F3 au dernier étage avec différentes épaisseurs d'isolant polystyrène et le mortier isolant a montré le comportement de déperdition de transmission totale DT avec les différentes épaisseurs 1cm jusqu'à 5cm, on a observé le début de Vérification de réglementaire algérien en hier dès le deuxième cm de polystyrène. Cependant le mortier isolant na pas Vérifié, et On a observé une diminution de la puissance Q du chauffage nécessaire pour chauffer l'appartement F3 du dernier étage lorsque on a ajouté le polystyrène et le mortier isolant avec des différentes épaisseurs, plus l'épaisseur de l'isolant est élevée plus la puissance Q de chauffage nécessaire se diminue.

- En été :

On a observé une diminution de la puissance de la climatisation lorsqu'ils ont ajouté un isolant polystyrène et le mortier isolant avec des différents épaisseurs par rapport aux appartements sans isolation, plus l'épaisseur est élevée la Puissance diminue. On constate la même chose pour le mortier isolant mais avec une faible diminution, le polystyrène est l'isolant le plus fiable.

L'utilisation de simple Vitrage cause une augmentation remarquable par rapport au double Vitrage qui est estimé entre 2-3% dans le cas des appartements, et estimé à un rapport de 14% pour le bloc R+9 on peut dire que c'est le type le plus défavorable par contre le double Vitrage fait diminuer la puissance.

ETAT DE L'ART

- D'après leurs résultats ils ont constaté que la puissance du bloc et les appartements est moins élevée avec l'isolation du polystyrène 5cm et le double Vitrage. Ils ont trouvé que la consommation est plus élevée dans le cas du bâtiment sans isolation en le comparant au bâtiment avec le mortier isolant 5 cm, on constate que la consommation est moins élevée.

- **En 2020 :**

Mr Sofiane Rahmouni , Dont le thème « Evaluation et Amélioration Energétiques de Bâtiments dans le cadre du Programme National d'Efficacité Energétique », A objectif d'étudier l'impact des mesures d'efficacité énergétique sur les besoins énergétiques thermiques d'un bâtiment tertiaire par rapport à 3 villes algériennes Alger, Batna et Ouargla pour améliorer leur performance énergétique et réduire leurs émissions de gaz à effet de serre en adaptant ;les mesures appropriées pour chaque zone .

Résultats :

Il a été constaté que la sélection spécifique de mesures optimales Varie en fonction des conditions climatiques. Et que la consommation d'énergie finale ainsi que les émissions de CO2 pouvaient être réduites d'environ 41 %, 31 % et 26 % respectivement pour Ouargla, Batna et Alger par rapport aux pratiques actuelles de construction en vigueur en Algérie. En outre, il pourra réduire le coût de l'énergie jusqu'à 22 % pour Alger, 28 % pour Batna, et 39 % pour Ouargla.

I CHAPITRE 1 : L'ENERGIE ET LE BATIMENT

I.1 Introduction :

Depuis le monde connaît un accroissement spectaculaire de la population qui conduit à une plus grande consommation d'énergie. Les principaux secteurs de consommation d'énergie sont : l'industriel, le bâtiment, le transport et l'agriculture. Le bâtiment est l'un des plus grands utilisateurs d'énergie après l'industrie. L'énergie nécessaire pour chauffer et refroidir les immeubles est la plus importante. Il faudra donc passer à la construction de bâtiments peu énergivores. (BBC) à l'égard des règlements algériens (DTR) qui nous permettent d'en calculer un bilan thermique pour le confort des occupants. Toutes les parties d'un bâtiment font l'objet d'un transfert de chaleur, ce phénomène se produit entre les milieux chauds et froids. Le savoir et la maîtrise de ces transferts de chaleur permettent de gérer la facture énergétique d'un bâtiment par la combinaison des procédés de construction, le choix des matériaux et leur mise en œuvre. La réduction de ces échanges thermiques permet de maintenir une température tempérée à l'intérieur du bâtiment en y apportant le moins d'énergie possible. Le confort thermique est basé sur la notion de sensation de chaleur à laquelle on associe la notion de température. Il permet également d'orienter la conception du bâtiment dans un cadre réglementaire tout en Visant un compromis entre le coût de l'énergie et le confort.

I.2 Énergie :

L'énergie Vient du grec Energie "force en action". Pour les scientifiques, est une grandeur physique nécessaire à la réalisation d'un travail (mécanique, chimique, ...) matérialisée sous différentes formes : énergie calorifique ou énergie thermique (chaleur), énergie électrique (électricité), énergie mécanique, énergie chimique, énergie nucléaire.¹

Les énergies que nous utilisons actuellement sont :

- Les énergies fossiles (charbon, pétrole, gaz).

¹ <https://www.climamaison.com>

- L'énergie nucléaire (uranium).
- Et les énergies renouvelables (énergie éolienne, énergie solaire, énergie bois, géothermie, biomasse, énergie hydraulique, énergie marémotrice, etc. ...).

Dans le système international, l'unité de mesure de l'énergie est le joule. Dans le cadre de l'utilisation plus courante, l'unité de l'énergie utilisée est en général le kWh ou kilowattheure qui correspond à 1000 watt/heure, soit à la consommation d'énergie d'un appareil électrique de 1 000 watts fonctionnant pendant une heure (ou de 100 watts fonctionnant pendant 10 heures).

I.2.1 Les énergies fossiles :

Les énergies fossiles (charbon, pétrole, gaz) restent indispensables pour assurer les transports, la production d'électricité, le chauffage, le fonctionnement des usines... Mais elles sont la cause principale des émissions de CO₂ et leurs réserves, même si elles sont encore vastes, ne sont pas inépuisables, contrairement aux énergies renouvelables.²

I.2.2 Les énergies renouvelables :

Les énergies renouvelables (ou Enr) désignent un ensemble de moyens de produire de l'énergie à partir de sources ou de ressources théoriquement illimitées, disponibles sans limite de temps ou reconstituables plus rapidement qu'elles ne sont consommées. On parle généralement des énergies renouvelables par opposition aux énergies fossiles dont les stocks sont limités et non renouvelables à l'échelle du temps humain : charbon, pétrole, gaz naturel... Au contraire, les énergies renouvelables sont produites à partir de sources comme les rayons du soleil, ou le Vent, qui sont théoriquement illimitées à l'échelle humaine.³

I.2.2.1 Les différents types d'ENR utilisée dans les bâtiments :

- L'énergie éolienne.
- Solaire thermique.
- Le Solaire Photovoltaïque.
- L'énergie hydraulique.
- L'énergie géothermique.

² <https://www.planete-energies.com/fr/media/article/energies-fossiles>

³ <https://youmatter.world/fr/definition/energies-renouvelables-definition>

- La biomasse.

I.3 Consommation d'énergie :

I.3.1 La consommation finale mondiale :

Si les tendances politiques et technologiques actuelles se poursuivent, la consommation énergétique mondiale et les émissions de dioxyde de carbone liées à l'énergie devraient continuer d'augmenter dans les décennies à Venir en raison de la croissance démographique et économique. D'après les projections de l'International Energy Outlook publiées début octobre, la consommation d'énergie pourrait augmenter de près de 50 % à l'échelle mondiale au cours des trente prochaines années. Comme le montre notre graphique qui détaille les tendances de consommation par source, l'utilisation des énergies renouvelables est amenée à considérablement augmenter (+160 % entre 2020 et 2050), mais le pétrole et les autres combustibles liquides (incluant les biocarburants) resteront la principale source d'énergie dans le scénario de référence. S'il est attendu que la consommation mondiale d'énergies renouvelables dépasse celle du charbon et du gaz naturel à l'horizon 2040, ces deux énergies fossiles devraient continuer de représenter une part importante dans le parc mondial de production, soit autour de 40 % de la consommation d'énergie primaire à l'horizon 2050 selon les projections actuelles. Quant à la part du nucléaire, il est prévu qu'elle reste relativement stable au cours des prochaines décennies, soit entre 3 et 4 % à l'échelle mondiale.⁴

⁴ https://fr.statista.com/infographie/25964/evolution-de-la-consommation-mondiale-energie-par-source/?fbclid=IwAR07nnewOLheXbp98s_ELDXvbXPP4CrGkBrpmHB6olkTJMSYpR-2Sfm0V_Y

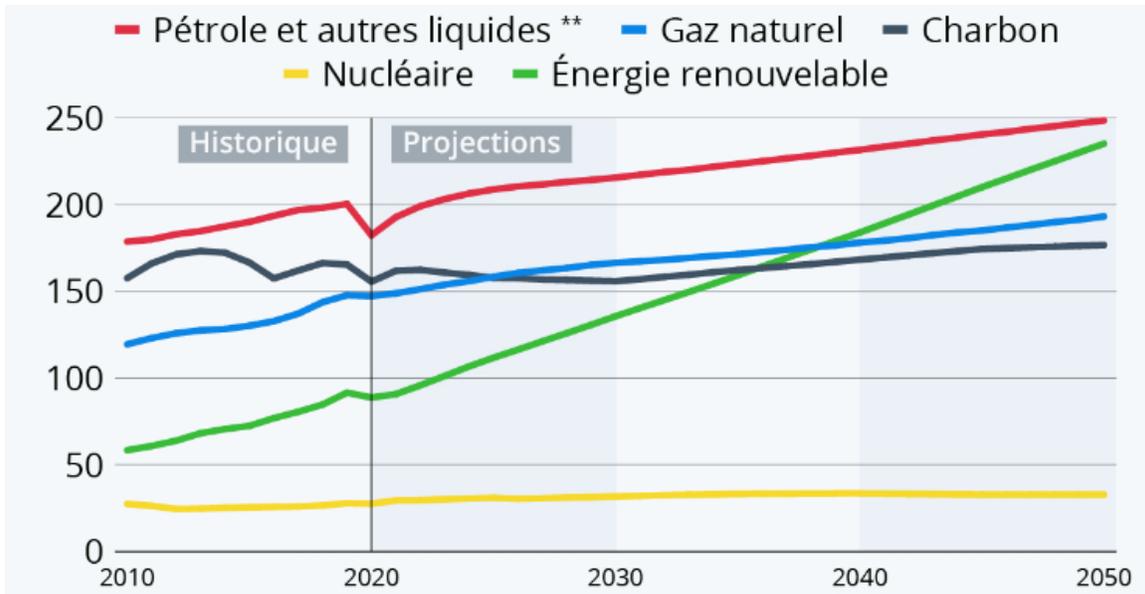


Figure 01 : Consommation mondiale d'énergie primaire par source depuis 2010, en BTU
Source: International Energy Outlook 2021 (EIA)

I.3.2 Consommation d'énergie en Algérie :

I.3.2.1 Consommation Finale :

La consommation d'énergie finale s'établit à 50,2 M Tep en 2021. Après avoir baissé de -8,6% en 2020, elle a augmenté de 8,0% en 2021, pour retrouver son niveau de 2019. Elle a été tirée par la hausse de la consommation de pratiquement l'ensemble des produits

Énergétiques, essentiellement l'électricité et le gaz naturel.⁵

I.3.2.2 Consommation par secteur :

Par secteur d'activité, la consommation finale de 2021 a été caractérisée par les évolutions suivantes :

- Hausse de la demande du secteur des « Ménages et autres » (6,2%) passant de 22,1 M Tep en 2020 à 23,4 M Tep en 2021, tirée par le sous-secteur résidentiel (4,4%) et le sous-secteur Tertiaires et autres (12,3%).

- Reprise de (7,6%) de la consommation du secteur des "transports", qui est passée de 13,5 M Tep en 2020 à 14,5 M Tep en 2021, tirée par celle des carburants terre et aérien ([gasoil 5,1%), (GPL/C 35,8%), essences (1,8%), (jet 15,1%)], en corrélation avec la reprise du transport routier et l'ouverture graduelle de l'espace aérien.

- Hausse appréciable (12%) de la consommation du secteur « Industries et BTP » à 12,2 M Tep en 2021, en rapport avec la reprise de l'activité économique, tirée notamment par les sous-secteurs ISMME, industries Agroalimentaires, Chimie et matériaux de construction. Le détail de la consommation finale par secteur d'activité, est donné ci-après :⁶

Unité : MW	2020	2021	Evolution	
			Quantité	(%)
Industrie et BTP, dont :	10 911	12 220	1 309	12,0

⁵ https://www.energy.gov.dz/Media/galerie/bilan_energetique_2021_63df78f2b775e.pdf

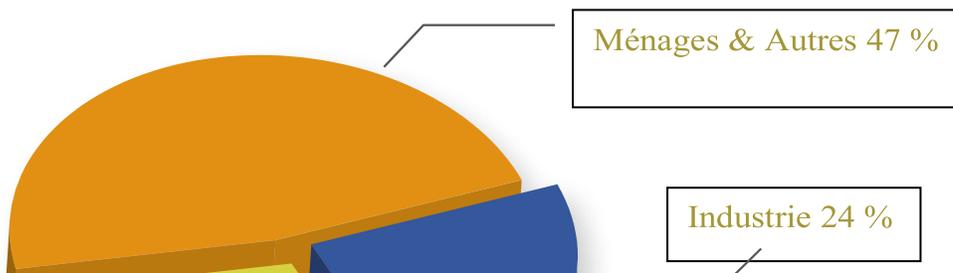
⁶ https://www.energy.gov.dz/Media/galerie/bilan_energetique_2021_63df78f2b775e.pdf

CHAPITRE 1 : L'ENERGIE ET LE BATIMENT

- Matériaux de construction	4 768	4 887	120	2,5
- ISMME	1 942	2 586	644	33,2
- BTP	605	619	14	2,3
Industries Manufacturières :	1 252	1 321	68	5,5
Dont : industries Agroalimentaires	1 128	1 185	57	5,1
- Chimie	409	851	442	108,2
- Autres industries	1 935	1 956	22	1,1
Transport, dont :	13 499	14 520	1 021	7,6
- Routier	12 847	13 764	917	7,1
- Aérien	214	246	32	15,0
Ménages et autres, dont :	22 056	23 431	1 375	6,2
- Résidentiel	17 299	18 053	754	4,4
- Agriculture	565	672	107	18,8
- Tertiaires et autres	4 192	4 706	515	12,3
Total	46 466	50 171	3 705	8,0

Tableau 1 : Consommation finale par Secteur

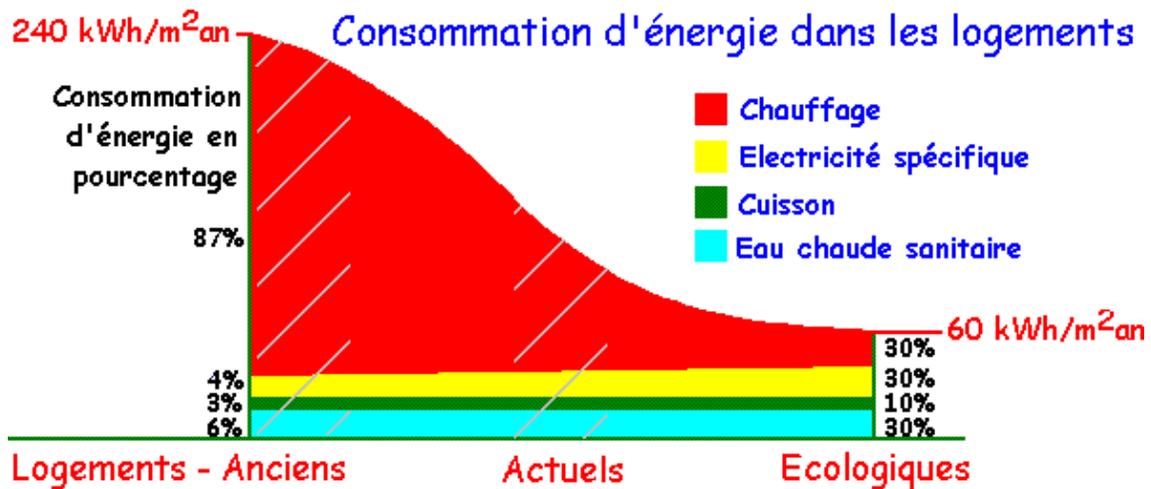
La structure de la consommation finale reste dominée par le secteur des « Ménages & autres » (47%), suivi par le secteur du transport (29%) et enfin le secteur de « l'industrie et BTP » avec une part de 24%, comme illustré dans le Figure ci-après :



Grphe 1 : Structure de la consommation final d'énergie par secteur d'activité

I.3.2.3 Consommation énergétique des logements anciens et récents

Le diagramme de la consommation énergétique, ci-dessous, montre les très grandes Variations de la performance énergétique des logements "anciens" par rapport aux logements « actuels ». Cependant, malgré le renforcement de l'isolation thermique et l'efficacité des équipements de chauffage, la consommation énergétique globale continue d'augmenter. Les principales raisons sont l'augmentation de la surface des logements par rapport au nombre d'occupants et une amélioration générale du confort.



- **Le chauffage (en rouge) :** La consommation d'énergie pour le chauffage d'une Vieille

Figure 02 : Consommation énergétique selon la date de construction et les choix écologiques maison est facilement réduite de moitié grâce à l'isolation thermique, à l'utilisation de menuiseries et de Vitrages efficaces, ainsi qu'à l'installation d'équipements de chauffage modernes. Le chauffage représente 87% de la consommation d'énergie totale dans les maisons anciennes et seulement 30 % dans les maisons plus efficaces.

- **L'électricité spécifique (Éclairage et équipement électrique : en jaune) :** La consommation a tendance à augmenter dans tous les logements en raison de l'augmentation du nombre d'équipements ménager set de loisirs.

- **La cuisson (en Vert) :** La consommation d'énergie pour la cuisine reste inchangée. Cependant, cette position marginale dans les anciennes habitations de Vient beaucoup plus importante lorsque la consommation baisse ailleurs.

• **L'eau chaude sanitaire (en bleu) :** La consommation d'énergie pour produire de l'eau chaude augmente légèrement, car le niveau de confort recherché dans les logements actuels est supérieur aux conditions acceptées dans le passé. Dans les logements anciens, ce poste ne représente que 6% de la consommation énergétique globale, mais avec la réduction des besoins de chauffage, le poste "production d'eau chaude sanitaire" représente près de 30% de la consommation énergétique dans les logements modernes.

I.4 Efficacité énergétique :

L'efficacité énergétique d'un système est le rapport énergétique entre la quantité d'énergie délivrée et la quantité d'énergie absorbée. Moins de perte il y a et meilleure efficacité énergétique, l'efficacité énergétique est ainsi liée à la maximalisation du rendement. L'augmentation de l'efficacité énergétique permet ainsi de réduire les consommations d'énergie, à service rendu égal. En découle la diminution des coûts écologiques, économiques et sociaux liés à la production et à la consommation d'énergie. Un système caractérisé par une haute efficacité énergétique produit ainsi à moindre coût, et à moindre impact écologique, un confort thermique assuré et accompagné avec des économies d'énergie les plus importantes aussi.⁷

I.4.1 L'efficacité énergétique passive :

Concentré sur l'enveloppe de la maison et l'amélioration de son isolation thermique.

I.4.2 L'efficacité énergétique active :

Qui combine une amélioration de rendement énergétique des équipements techniques du bâtiment tels que (chaudière, éclairage, etc.) et une approche systémique et globale de la gestion de l'énergie, centrée sur le contrôle automatisé des énergies du bâtiment en fonction de leurs utilisations.

I.5 Le climat et le confort thermique :

I.5.1 Le confort thermique :

⁷ <https://www.climamaison.com/>

CHAPITRE 1 : L'ENERGIE ET LE BATIMENT

Le confort thermique est un concept qui se réfère à la sensation de bien-être ressentie par une personne en fonction de son environnement thermique. Il est souvent associé à la température ambiante, mais comprend également d'autres facteurs tels que l'humidité de l'air, la Vitesse de l'air et le rayonnement thermique. Le maintien d'un confort thermique adéquat est important pour la santé et le bien-être des individus, ainsi que pour la productivité et la performance dans les milieux de travail et d'apprentissage.

La température ambiante est l'un des facteurs les plus importants pour le confort thermique. Selon les normes internationales, la température ambiante idéale pour un environnement de travail ou d'apprentissage se situe entre 20 et 23 degrés Celsius. Cependant, cette plage de température peut varier en fonction de facteurs tels que l'âge, le sexe, l'activité physique et le niveau d'humidité de l'air.

L'humidité de l'air est également importante pour le confort thermique. Un air trop sec peut causer une sensation de sécheresse de la peau et des muqueuses, tandis qu'un air trop humide peut causer une sensation de lourdeur et de malaise. La plage d'humidité relative confortable se situe entre 30 et 60 %.

La Vitesse de l'air peut également influencer le confort thermique. Un flux d'air trop fort peut causer une sensation de froid, tandis qu'un manque de circulation d'air peut causer une sensation de chaleur étouffante. Les normes recommandent une Vitesse d'air maximale de 0,25 m/s pour un environnement de travail ou d'apprentissage.

Le rayonnement thermique peut également jouer un rôle dans le confort thermique. Les rayonnements solaires peuvent causer une sensation de chaleur excessive dans les bâtiments, tandis que les rayonnements provenant de sources de chaleur internes, telles que les ordinateurs et les lampes, peuvent causer une sensation de chaleur excessive dans les espaces de travail.

I.5.2 Le climat :

Ensemble des phénomènes météorologiques qui caractérisent l'état moyen de l'atmosphère en un lieu donné.

I.5.2.1 Les éléments du climat :

a. Le rayonnement solaire :

Elle peut être directe ou indirecte (diffuse ou réfléchi). Elle affecte le bâtiment soit directement en pénétrant à l'intérieur par les ouvertures et en chauffant les pièces, soit indirectement en étant absorbée par les murs extérieurs du bâtiment qui diffusent une partie de la chaleur.

b. La température :

La température de l'air est liée à l'ensoleillement, à l'altitude et à la latitude. La température varie fortement entre les zones exposées ou ombragées, le jour et la nuit, le type de sol, le Vent, etc. La température de l'air affecte l'évaporation, le rayonnement et le mouvement des masses d'air. La capacité de chauffage et de refroidissement de la surface terrestre est un facteur important qui détermine la température de l'air.

c. L'humidité :

L'atmosphère contient une certaine quantité de Vapeur d'eau qui provient de l'évaporation des surfaces et de la transpiration des plantes. La quantité d'eau que l'air peut contenir dépend de la température. Le degré d'humidité influence son choix et la durée de vie des matériaux.

d. Les précipitations :

Une masse d'air suffisamment humide V_a , en se refroidissant, dépasse la quantité d'eau qu'elle peut contenir, et cet excès se traduit en brouillard, en pluie, etc. La fréquence et la quantité des précipitations sont deux données importantes pour l'habitat et le choix des matériaux.

e. Les Vents :

Les Vents sont des courants créés par la différence entre les zones de haute et de basse pression. La rotation de la terre génère la direction des Vents. Les Vents peuvent également être générés par la différence de température entre deux surfaces (terre-eau).⁸

I.5.2.2 Facteurs liés aux conditions climatiques :

⁸ 19. ALAIN M. et ARLETTE Z. Habitat traditionnel dans le monde éléments pour une approche» Etablissement humains et environnement socio-culturel. s.l. : UNESCO , Aout 1983.

CHAPITRE 1 : L'ENERGIE ET LE BATIMENT

Il existe plusieurs facteurs climatiques qui peuvent influencer le confort thermique, notamment :
La température de l'air :

- **La température de l'air** : est un facteur important pour déterminer le confort thermique. Si l'air est trop chaud ou trop froid, cela peut affecter le confort de l'individu.

- **L'humidité** : le taux d'humidité de l'air peut affecter le confort thermique. Si l'air est trop humide, cela peut rendre l'air plus lourd et difficile à respirer, tandis qu'un air trop sec peut provoquer des irritations nasales et une sensation de sécheresse.

- **La Vitesse du Vent** : la Vitesse du Vent peut avoir un effet sur le confort thermique. Un Vent fort peut causer des pertes de chaleur corporelle et rendre l'air plus frais, tandis qu'un Vent faible peut être rafraîchissant.

- **L'intensité du rayonnement solaire** : le rayonnement solaire peut affecter le confort thermique en fonction de l'intensité de la lumière du soleil. Une exposition prolongée au soleil peut causer des coups de soleil et une surchauffe.

- **La saison** : les températures peuvent Varier selon les saisons, et cela peut affecter le confort thermique. Par exemple, l'été peut être plus chaud que l'hier, ce qui nécessite une adaptation du corps.

- **L'altitude** : l'altitude peut également affecter le confort thermique, car la pression atmosphérique diminue avec l'augmentation de l'altitude, ce qui peut entraîner une diminution de la température.

Ces facteurs climatiques peuvent être combinés pour créer des conditions qui peuvent influencer le confort thermique, il est donc important de prendre en compte tous ces facteurs lors de l'aménagement d'un espace pour assurer un confort thermique optimal.⁹

I.6 Le Climat algérien :

L'Algérie, située en Afrique du Nord, compte environ 44,6 millions d'habitants. Elle est reconnue comme le pays le plus Vaste d'Afrique, du monde arabe et du bassin méditerranéen. Son littoral s'étend sur 1622 km, tandis que la région du Sahara au sud représente à elle seule 84 % de la superficie du pays, caractérisée par des régions de regs, d'ergs, d'oasis et de massifs montagneux.

⁹ <https://journals.ametsoc.org/>

Le massif du Hoggar s'étend plus au sud, avec le mont Tahat culminant à 2918 mètres, le point le plus élevé de l'Algérie. Dans le paysage géographique, on retrouve le Tell, les Hauts plateaux, l'Atlas saharien et le Sahara, formant respectivement les quatre principales structures en termes de relief et de paysage.

La majeure partie du pays connaît un climat aride et semi-aride. Le climat chaud et sec de l'Algérie a un impact direct sur la consommation d'énergie dans le secteur du bâtiment. Les températures élevées en été nécessitent un refroidissement supplémentaire des habitations, ce qui entraîne une augmentation de la consommation d'électricité pour les systèmes de climatisation. En raison de cette diversité climatique, il est donc essentiel d'optimiser l'isolation des parois extérieures dans la plupart des régions. Ainsi, le secteur du bâtiment peut adopter cette pratique écologiquement efficace pour réduire sa consommation d'énergie et, par conséquent, diminuer les émissions de dioxyde de carbone qui en découlent.

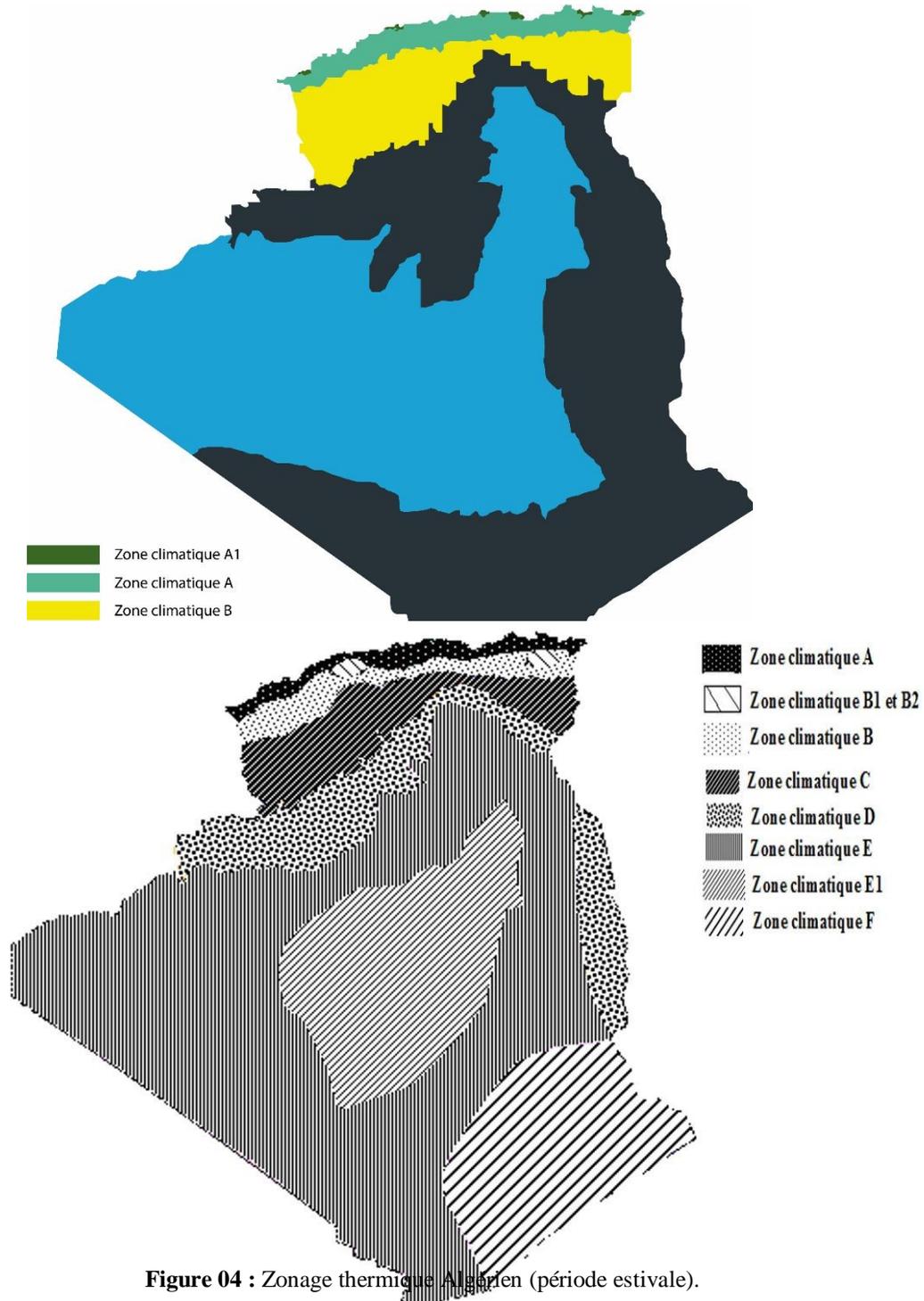
I.6.1 Classification thermique des régions climatique :

La classification thermique des régions et des communes en Algérie est établie en fonction de deux saisons : l'hiver (figure19) et l'été (figure20), conformément au document technique réglementaire C 3.2/4. Le pays est divisé en quatre zones pour la saison hivernale, désignées de (A) à (D), avec une sous-zone appelée (A1). La zone climatique (A) est délimitée par la mer au nord et les hauts plateaux à l'intérieur du pays au sud, tandis que la sous-zone (A1) comprend les régions de Bejaia, Skikda, Delly, El Kalam, Tenès et Beni Saf. La zone climatique (B) regroupe les différentes régions du Tell nordique et les hauts plateaux à l'intérieur du pays, tandis que la zone (C) englobe les différentes régions du Sahara nordique, de la Saoura à In-Amenas, Illizi et Bordj Badji Mokhtar. La zone climatique (D) comprend les régions de Tanezrouft, une partie du Sahara nordique ainsi que le Hoggar.

Pour la période estivale, six zones climatiques sont définies de (A) à (F), avec trois sous-zones (B1), (B2) et (E1). La zone climatique (A) englobe le littoral de la mer au nord et les plaines côtières au sud. La zone (B) représente la partie nord des hauts plateaux à l'intérieur du pays, tandis que la Vallée de Chleff et la région de Guelma sont respectivement définies par les sous-zones (B1) et (B2). Les zones (C) et (D) englobent respectivement les hauts plateaux à l'intérieur du pays et les différentes régions du nord de la Saoura et du Chott el Hodna. La zone (E) se concentre sur

CHAPITRE 1 : L'ENERGIE ET LE BATIMENT

le Sahara et comprend le nord, l'est, le sud-ouest et l'extrême sud saharien. Les régions du Hoggar et du Tassili sont distinguées par la sous-zone (E1), tandis que la zone climatique (F) comprend la région de Tanezrouft.



II CHAPITRE 2 : DES BASES SUR LA THERMIQUE DES BATIMENTS

II.1 Introduction :

Dans ce chapitre, Nous allons aborder Quelques notions crucial Dans la thermique du bâtiment. Nous parlerons des méthodes de transfert de chaleur, des pertes thermiques qui existent dans l'habitat et de l'isolant thermique.

II.2 Mode de transfert de chaleur :

Les principaux modes de transfert thermique sont la convection, le rayonnement et la conduction.

II.2.1 La convection :

C'est le phénomène qui décrit l'échange de chaleur entre un fluide et une surface, ou entre deux fluides. Les échanges sont proportionnels aux gradients de températures (différence de température) et à la surface d'échange. Le coefficient de convection dépend fortement de la Vitesse du fluide.

II.2.2 Le rayonnement

C'est un transfert d'énergie électromagnétique entre deux surfaces. Les échanges par rayonnement sont proportionnels à l'émissivité (ϵ) du matériau, au facteur de forme (surface apparente) des surfaces les unes par rapport aux autres et dépendent de la transparence du milieu traversé.

II.2.3 La conduction

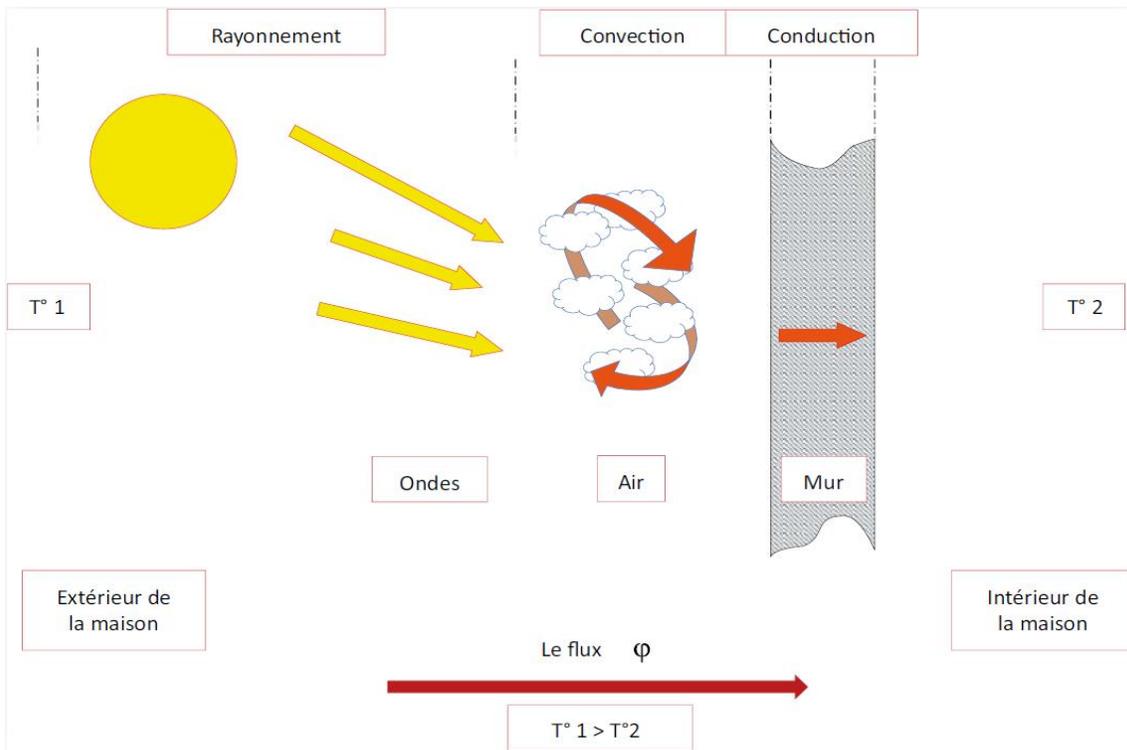
C'est le transfert de chaleur au sein d'un solide. La conductivité thermique (λ) et la capacité calorifique (C_p) sont des propriétés clés de la conduction des matériaux.

Ordre de grandeur de λ (en W/mC) :

- Matériaux très conducteurs (métaux) : entre 50 et 450 W/mC.
- Matériaux conducteurs (béton, pierres, etc.): de 1 à 10 W/mC.
- Matériaux isolants (liège, laine de roche, laine de Verre, polystyrène, polyuréthane, etc.) :

Entre 0,03 et 0,1 W/mC.

Plus λ est élevé, moins le matériau est isolant. Le coefficient λ dépend de plusieurs facteurs, notamment de l'humidité du matériau ; l'humidité fait croître la Valeur de λ puisque l'air est remplacé par l'eau dont la conductivité est 25 fois plus forte. Conséquence : lorsqu'on indique une Valeur de λ , il faut toujours préciser la température et le degré d'humidité du matériau lors de la mesure. Pour le bâtiment, on utilise la conductivité thermique dite utile, c'est-à-dire la conductivité thermique qui correspond à un matériau humide tel que rencontré dans la pratique.¹⁰



II.3 Résistance thermique R :

La résistance thermique R, exprimée en $m^2 \cdot K/W$, caractérise la résistance d'un isolant aux flux de chaleur. Elle dépend de la conductivité thermique (λ) et de l'épaisseur (e) de l'isolant

¹⁰ Guide pour une construction Eco-énergétique en Algérie

selon la formule : e/λ (avec e exprimé en mètre). A épaisseur d'isolant égale, plus le la conductivité thermique (λ) est faible, plus sa résistance thermique est forte et plus il est performant.¹¹

II.4 Inertie thermique :

L'inertie thermique est la capacité physique d'un matériau à conserver sa température. L'inertie thermique d'un bâtiment est recherchée afin de minimiser les apports thermiques à lui apporter pour maintenir une température constante. L'inertie thermique est importante pour assurer une ambiance climatique confortable pour ses occupants.

Un bâtiment à forte inertie thermique équilibrera sa température en accumulant le jour, la chaleur qu'il restituera la nuit pour assurer une température moyenne.

Les matériaux à forte inertie thermique sont utilisés pour accumuler la chaleur ou la fraîcheur (radiateur à accumulation, radiateur à inertie thermique, isolants à forte densité, briques réfractaires, etc.).¹²

II.5 Déperditions thermiques :

Le terme de « déperdition thermique » désigne la perte d'énergie sous forme de chaleur au sein des maisons et appartements mal isolés. Les déperditions d'énergie rendent un logement inconfortable et particulièrement difficile à chauffer. Ceci engendre un dilemme pour ses occupants : maintenir une température suffisamment élevée, ou se prier pour éviter de Voir la facture s'envoler. Dans un logement, une maison à l'isolation Vétuste, les pertes de chaleur se répartissent de cette manière :

- Déperditions surfaciques (Murs, Vitres, Sol et Plafond)
- Déperditions linéiques ou ponts thermiques (Etage, Mur / Toit, Liaisons de l'isolation ...)
- Déperditions par renouvellement d'air
 - 25 à 30 % par le toit.
 - 20 à 25 % par l'air renouvelé et les fuites.
 - 20 à 25 % par les murs.

¹¹ <https://www.toutsurlisolation.com/>

¹² <https://www.climamaison.com/>

- 10 à 15 % par les ouvertures (fenêtres, bas de portes...).
- 7 à 10 % par les planchers bas.
- 5 à 10 % Au niveau des ponts thermiques.¹³

Ces chiffres sont des moyennes. Chaque logement fait face à une réalité différente.

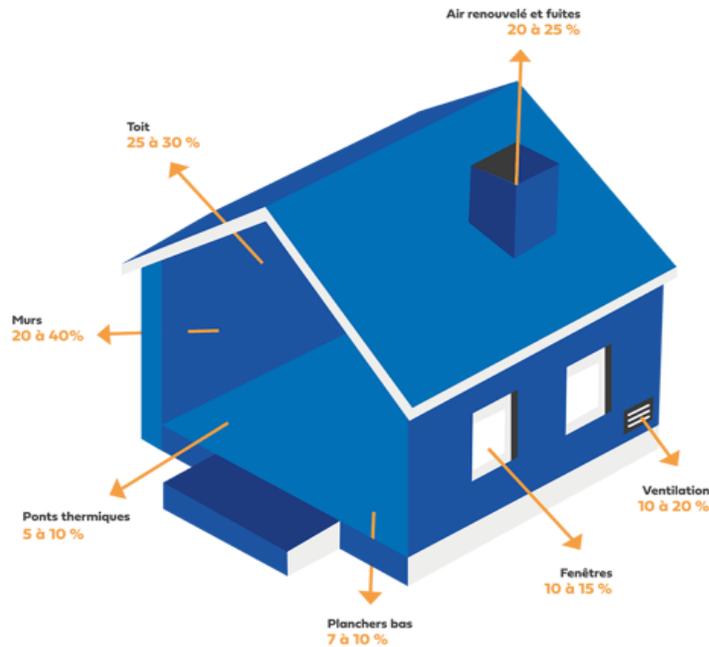


Figure 06 : Répartition des déperditions thermiques dans une maison mal isolée

II.5.1 Les Déperditions surfaciques par transmission :

Sont les pertes qui passent par les murs, les toitures et les fenêtres par conduction à l'intérieure des parois ou Vitrages, par convection et rayonnement sur les surfaces internes et externes aux parois.

Pertes surfaciques :

1. Pertes par les toitures : sous combles, toitures terrasses, planchers hauts...
2. Pertes par les parois opaques : murs extérieurs ou en contact avec un espace non chauffé...
3. Pertes par les parois Vitrées : fenêtres, porte-fenêtre, portes Vitrées...

¹³ <https://particulier.hellio.com/>

4. Pertes par les planchers bas : en contact avec le sol, sur cave, planchers bas intermédiaires....

II.5.2 Les Déperditions linéiques (Ponts thermiques) :

Un pont thermique est constitué par toute discontinuité dans la couche isolante. C'est tout endroit où la résistance thermique présente une faiblesse. Au Voisinage d'un pont thermique, les lignes de flux se resserrent. Les isothermes se déforment en s'écartant les unes des autres. Les lignes de flux restent néanmoins perpendiculaires aux isothermes. Ces ponts ne causent pas seulement des pertes de chaleur inutiles, mais peuvent être sources de dégâts : moisissures, taches de poussière.

Les composants d'enveloppe assurant l'isolation thermique (murs, plafonds et planchers, ainsi que les fenêtres et les portes) doivent envelopper entièrement le Volume chauffé. Les espaces non chauffés peuvent être inclus dans le Volume chauffé. Les jardins d'hier et Vérandas doivent être l'objet d'une attention particulière.

Les ponts thermiques entraînent des déperditions de chaleur supplémentaires par rapport aux déperditions à travers les parois du bâtiment. Dans un bâtiment non isolé, les ponts thermiques représentent de faibles déperditions (en général inférieures à 15 %) car les déperditions totales par les parois sont très élevées. En revanche, dès lors que les parois sont fortement isolées, le pourcentage de déperditions dû aux ponts thermiques devient important. Il est de plus de 30 %. Mais, les déperditions globales sont très faibles. Les principaux ponts thermiques d'un bâtiment se situent aux jonctions des façades et planchers, façades et refends, façades et toitures, façades et planchers bas.

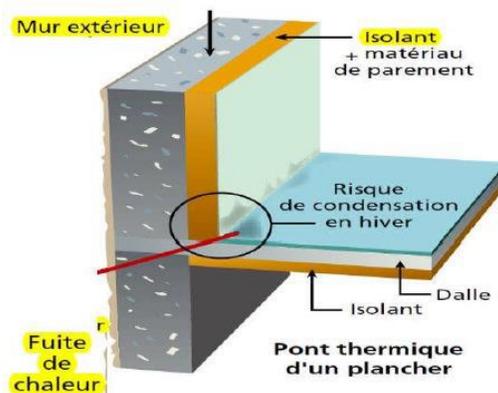


Figure 07 : Pont thermique d'un plancher

Le mode de construction choisi doit permettre d'éviter autant que possible les ponts thermiques. Les ponts thermiques résiduels doivent toujours être pris en compte dans le calcul du coefficient de transmission thermique.

II.5.3 Déperditions par renouvellement d'air :

Le renouvellement de l'air intérieur est important pour la santé et c'est une erreur grave de Vouloir isoler un local et de limiter sa Ventilation par économie d'énergie. Il existe plusieurs moyens de renouveler l'air en le tempérant avant qu'il ne pénètre un local (puits canadien, façade double peau, VMC double flux... Voir 'air')

Les infiltrations se produisent à travers les fentes, fissures, l'ensemble des défauts d'étanchéité d'une construction par différence de pression et de température entre l'intérieur et l'extérieur. Pendant longtemps ce fut la méthode traditionnelle de Ventilation ; aujourd'hui, les menuiseries et les méthodes de construction moderne tendent à les faire disparaître à renfort de joints d'étanchéité, de mastic, de calfeutrement dont seuls certains ne sont pas nuisibles pour la santé.

Les déperditions dues au renouvellement d'air concernent aussi l'ouverture des portes, de fenêtres, le fonctionnement des cheminées... Si la Ventilation est importante, il est nécessaire qu'elle soit bien calculée et maîtrisée pour minimiser les pertes inutiles.

II.6 Les apports d'énergie dans les bâtiments :

Les apports gratuits dans le bâtiment sont de deux sortes : les apports solaires et les apports internes.

II.6.1 Les apports intérieurs :

Le chauffage est une source des apports intérieurs, on prendra un soin tout particulier au rendement énergétique du système de chauffage.

La respiration et le rayonnement humain, l'électroménager et le multimédia sont aussi des sources potentielles d'apport énergétique.

II.6.2 Les apports extérieurs :

Le rayonnement solaire est une source importante d'apport énergétique. Les choix de l'orientation et des menuiseries deviennent primordiaux dans la dynamique énergétique .il existe différents types d'apports solaires :

II.6.2.1 Les apports solaires directs :

Il s'agit des rayonnements solaires qui proviennent des bords Vitrés ou des fenêtres. Ceux –ci constituent une charge thermique très importante : 1 ,5m² de surface au soleil équivalent à un radiateur. Pour se prémunir de ces risques, une seule solution (les protections solaires).

II.6.2.2 Les apports solaires indirects :

Ils correspondent les apports solaires indirects aux rayonnements qui pénètrent par les murs extérieurs et par les autres éléments constructifs du logement (pont thermique notamment).

II.7 L'isolation thermique d'un bâtiment :

Est la conception et l'exécution de sa structure et de tous les éléments de l'enveloppe extérieure de manière qu'ils aient la résistance thermique avec une inertie thermique ainsi qu'il soit adéquat aux pertes et aux apports de la chaleur.

L'isolation thermique à trois fonctions principales dans un logement. La première consiste à augmenter le confort thermique en hiver comme en été. La deuxième est de minimiser la consommation énergétique pour le chauffage et / ou la climatisation Alors que la troisième est de rendre l'habitat plus écologique en diminuant les pollutions liées au rejet des gaz à effet de serre dans l'atmosphère.

II.7.1 Isolation thermique des murs dans le bâtiment :

Un bâtiment perd une certaine quantité de la chaleur à travers son enveloppe. Ce qui oblige les usagers à consommer de l'énergie achetée pour répondre aux besoins en chauffage et en climatisation. Les pertes de chaleur par transmission sont influencées par les murs et leur

composition. A cet effet le choix des matériaux de construction est très important. On choisit un isolant pour deux paramètres essentiels :

- Son coefficient d'isolation (faible conductivité thermique).
- Son déphasage thermique : c'est-à-dire la capacité des matériaux de construction à ralentir les changements de température, c'est ce qu'on appelle inertie thermique utile, c'est la capacité d'un bâtiment à absorber puis à restituer la chaleur de manière diffuse. Plus l'inertie est importante, plus le matériau stockera d'énergie.

II.7.2 Les principes de l'isolation thermique :

Pour isoler une enveloppe, trois manières d'isolation sont disponibles.

II.7.2.1 Isolation intérieure :

Ces types d'isolation sont largement utilisés grâce à leurs multiples avantages. La facilité de mise en œuvre représente un de ses bienfaits avec une application moins chère que d'autres types d'isolation et ne nécessite pas l'intervention d'un professionnel. Alors que ses inconvénients sont plus importants car elle diminue l'espace habitable, supprime les bienfaits de l'inertie thermique, provoque la condensation des parois et n'élimine pas des ponts thermiques.



Figure 08 : l'isolation intérieure.

II.7.2.2 Isolation extérieure :

Elle est plus performante que le premier type d'isolation grâce à la suppression

De tous les ponts thermique, l'augmentation de l'effet de l'inertie thermique et la protection de la maçonnerie des intempéries et des Variations de la température. L'isolation par l'extérieur et caractériser aussi par son empêchement du froid et de la chaleur d'arriver aux parois intérieures.

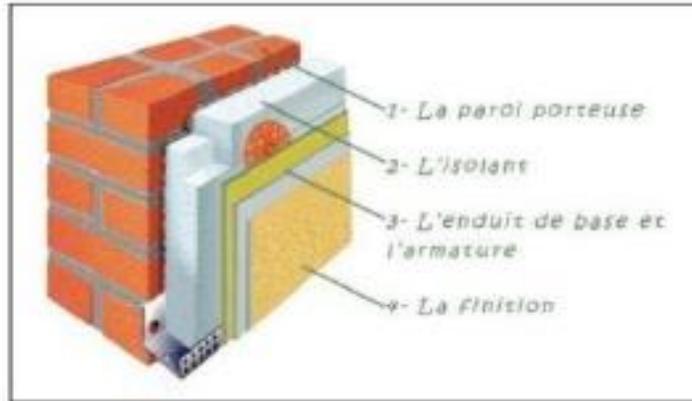


Figure 09 : mur à isolation extérieure.

II.7.2.3 Isolation thermique intégrée :

L'isolation intégrée est une isolation des murs dans leur épaisseur. Elle n'est possible que pour les nouvelles constructions dès le début des travaux ou lors d'une opération de rénovation lourde, comme une extension ou une surélévation. Cette technique d'isolation permet de gagner du temps et réduire les coûts. Parmi ses autres avantages, elle permet de limiter les risques de ponts thermiques et reste une solution de construction durable puisque l'isolant n'est pas exposé aux agressions externes. Elle a la même durée de Vie que les murs porteurs.



Figure 10 : mur a isolation intégrée.

II.7.3 Les matériaux d'isolation :

Une bonne isolation est nécessaire dans la conception d'un bâtiment bioclimatique, Les matériaux d'isolation sont de différentes natures : les isolants synthétiques, minéraux et Végétaux.

- **Les isolants synthétiques :**

Le polystyrène (expansé ou extrudé) et le polyuréthane. Ces matériaux sont défavorables, ils contiennent des substances qui peuvent appauvrir la couche d'ozone et émettent des gaz toxiques en cas de combustion. Ils se présentent sous forme de panneaux.

- **Les isolants minéraux :**

(Les laines minérales), Ils sont composés de matériaux recyclés et fabriqués à partir de fibres minérales liées entre elles par collage. Ces produits sont commercialisés sous forme de matelassés et panneaux.

- **Les isolants d'origine Végétale et animale :**

Cette catégorie d'isolants sont généralement issus de sources renouvelables et un mode de production qui a une grande énergie. Il existe de nombreux isolants d'origine Végétale (chanvre, lin, coton, paille ou laine de bois), ou animale (laine de mouton, plumes de canard) plus ou moins utilisés dans l'isolation du bâtiment.

II.7.4 Les caractéristiques d'un bon isolant :

- Faible coefficient de conductivité thermique λ : qui permet de Freiner l'échange de chaleur entre l'intérieur et l'extérieur.
- Forte densité Bonne aptitude à accumuler la chaleur qui permet de :
 - Amortir l'onde de Variation de la température extérieure sur le cycle de 24heures (pour rester au frais d'été).
- Retarder la propagation du feu en cas d'incendie.
- Offrir une bonne isolation phonique.
- Perméabilité à la Vapeur d'eau : permet de laisser respirer la maison.
- Absence de nocivité : pas d'émanation toxique due à des additifs chimiques, pas de microfibre irritante.
- Isolation préservée en cas d'humidité : efficacité préservée de l'isolant par grand froid.

II.7.5 L'isolant le plus utilisé dans Algérie :

L'isolant le plus disponible dans le marché algérien est le polystyrène. Mais son utilisation est très limitée dans le domaine du bâtiment.

II.7.5.1 Le polystyrène expansé :

C'est un matériau imputrescible qui obtenu à partir d'hydrocarbures expansés à la Vapeur d'eau et au pentane ce qui lui confère une structure à pores ouverts.

Il est caractérisé par une conductivité très faible (entre 0.029 et 0.038 w/m k).



Figure 11 : polystyrène expansé
Source : Amazon f

II.7.5.2 Le PSE :

Durable et efficace pour l'isolation thermique :

Le polystyrène expansé offre plusieurs avantages :

- Sa légèreté (entre 10 et 30 kg/m) sa faible masse Volumique permet de l'utiliser dans tous les étages d'une habitation (sous-sols, planchers intermédiaires, toits pentus, toiture-terrasse...). Il est facile à transporter, à découper et à installer.
- Sa bonne résistance mécanique grâce à sa structure alvéolaire
- Ses performances en matière d'isolation thermique sa conductivité thermique est faible (0,038 W/m K pour le PSE blanc et 0,032 W/m K pour le PSE gris), ce qui implique que ses

capacités isolantes sont bonnes. En effet, la conductivité thermique représente la quantité de chaleur qu'un matériau Va transférer par unité de surface et de temps sous l'effet d'un gradient de température entre les extrémités de l'échantillon considéré.

- Sa durabilité le PSE résiste efficacement aux changements de température ainsi qu'à l'humidité. D'ailleurs, la majorité des chantiers d'isolation par l'extérieur (TTE) sont réalisés avec du PSE, blanc ou gris
- Sa Valorisation : il est entièrement recyclable.

II.7.5.3 Polystyrène extrudé :

Il est issu de naphta. Il est caractérisé par une conductivité thermique Varie est entre 0,029 et 0,037 W/m. K, [20], adapté pour les applications qui nécessitent une très forte résistance mécanique aux charges ou pour les applications qui nécessitent un comportement à l'eau à long terme (dallages industriels, terrasses circulables...). Cet isolant est commercialisé sous la forme de panneaux.



Figure 12 : Polystyrène extrudé Source blog

CHAPITRE 3 : CALCUL REGLEMENTAIRE DES DEPERDITIONS THERMIQUES ET LES APPORTS CALORIFIQUES :

III.1 PARTIE 1 : Le DTR

III.1.1 Introduction

Dans les années 1990, l'Algérie a mis en place plusieurs mesures réglementaires Visant à améliorer l'efficacité énergétique dans le domaine du logement. À la suite d'une réflexion entamée en 1995 sur la consommation des nouvelles habitations, le ministère de l'Habitat et de l'Urbanisme a introduit en 1997 des documents techniques réglementaires (DTR). Ces derniers définissent notamment les Valeurs de référence pour les pertes de chaleur et les gains calorifiques des nouveaux bâtiments résidentiels et tertiaires, ainsi que les méthodes de calcul des pertes de chaleur et des gains calorifiques pour différentes zones climatiques.

Cette thématique s'inscrit dans le cadre des activités de l'équipe bioclimatique de la division thermique et géothermie du CDER (Centre de Développement des Énergies Renouvelables).

Parmi ces DTR, nous allons examiner le C3.2, qui présente la méthode de calcul du bilan thermique hivernal permettant de déterminer les besoins de chauffage (1), ainsi que le C3-4, qui permet de déterminer les besoins en climatisation.

III.1.2 Déperditions calorifiques « Fascicule 1 » DTR C3-2

Ce fascicule du Document Technique Réglementaire (DTR) apporte une première réponse aux problèmes liés à la thermique du bâtiment.

Il met à la disposition des professionnels des méthodes d'évaluations thermiques des logements pour le problème d'hier. L'exigence réglementaire sur laquelle s'appuie ce DTR consiste à limiter les déperditions calorifiques des logements en fixant un seuil à ne pas dépasser (appelé déperditions de référence).

Le respect de ce seuil devrait permettre une économie de 20 à 30% sur la consommation d'énergie pour le chauffage des logements, sans pour autant porter atteinte au confort des utilisateurs.

III.1.2.1 Les objectifs sont :

- ✓ Détermination des déperditions calorifiques des bâtiments.
- ✓ Vérification de la conformité des bâtiments à la réglementation thermique.
- ✓ Dimensionnement des installations de chauffage des bâtiments.
- ✓ Conception thermique des bâtiments.

III.1.2.2 Bases de calcul

Sur la base du DTR, tout concepteur se doit de :

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.

III.1.2.3 Expressions générales des déperditions

- Déperditions totales d'un logement

$$D = \sum D_i \text{ [W/}^\circ\text{C]}$$

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

- Déperditions par transmission d'un Volume :

$$(DT)I = (Ds)I + (Dli)I + (Dlnc)I + (Dsol)I \text{ [W/}^\circ\text{C]}$$

- Déperditions par renouvellement d'air :

$$(DR)I = (DRV)I + (DRS)I \text{ [W/}^\circ\text{C]}$$

III.1.2.4 Vérification et déperditions de référence

CHAPITRE 3 : CALCUL REGLEMENTAIRE DES DEPERDITIONS THERMIQUES ET LES APPORTS CALORIFIQUES

• **Vérification réglementaire :**

- Les déperditions par transmission DT doivent être confirmées par :

$$DT \leq 1,05 \times Dréf [W/°C]$$

- Dréf [W/°C] représente les déperditions de référence.

• **Calcul des déperditions de référence :**

$$Dréf = a \times S1 + b \times S2 + c \times S3 + d \times S4 + c \times S5 [W/°C]$$

- Les Si [m²] représentent les surfaces des parois en contact avec l'extérieur.

- Le tableau qui Va suivre indique les coefficients de transfert thermique de référence à prendre pour différentes zones climatiques et pour les surfaces suivantes :

- 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.

zone	Logement Individuel					Logement en immeubles collectifs, bureaux, locaux à usage d'hébergement				
	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e
A	0,9	2	1,2	3	3,8	0,9	2	1,2	3	3,8
A1	0,9	2	1,2	3	3,8	0,9	2	1,2	3	3,8
B	0,9	2	1	3	3,8	0,75	2	1	3	3,8
C	0,9	2	1	3	3,8	0,75	2	1	3	3,8
D	0,9	2	1,2	3	3,8	0,9	2	1,2	3	3,8

Tableau 2 : les Coefficients de référence

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

• **Calcul de la puissance de chauffage :** La puissance de chauffage Q pour un logement se calcule par :

$$Q = [tbi - tbe] \times [[1 + \text{Max}(cr ; cin)] DT] + [(1 + cr) \times DR] [W]$$

- tbi [°C] représente la température intérieure de base.

CHAPITRE 3 : CALCUL REGLEMENTAIRE DES DEPERDITIONS THERMIQUES ET LES APPORTS CALORIFIQUES

- t_{be} [°C] représente la température extérieure de base.
- DT [W/°C] représente les déperditions par transmission.
- DR [W/°C] représente les déperditions par renouvellement d'air.
- cr (sans dimension) est un ratio estimé des pertes calorifiques dues au réseau de tuyauteries éventuel.
- cin (sans dimension) représente un coefficient de surpuissance.

III.1.2.5 Déperditions surfaciques par transmission à travers les parois

- Paroi séparant deux ambiances à températures différentes

$$DS = K \times A \text{ [W/°C]}$$

- K [W/m². °C] est le coefficient de transmission surfacique (conductance).
- A [m²] est la surface intérieure de la paroi.

III.1.2.6 Déperditions à travers les ponts thermiques

- Les déperditions à travers une liaison, ou pont thermique, D_{li} , pour une différence de température de 1°C, sont données par la formule :

$$D_{li} = k_l \times L \text{ [W/°C]} \text{ Où :}$$

- k_l (en W/mC) représente le coefficient de transmission linéique de la liaison .
- L (en m) représente la longueur intérieure de la liaison.

Note : Les déperditions par ponts thermiques pour tout le logement peuvent être évaluées à 20% des pertes surfaciques par transmission à travers les parois du logement, soit :

$$\Sigma (k_l \times L) = 0,20 \Sigma (K \times A) \text{ [W/°C]}$$

III.1.2.7 Le coefficient de transmission linéique de la liaison k_l :(de notre cas d'étude)

- **Cas 1 sans isolation :**

- **Liaison entre un mur et une menuiserie (menuiserie au nu intérieur) :**

$$k_l = \frac{0,9 \times e}{1,25 + R_m} \text{ (W/m.°C)}$$

CHAPITRE 3 : CALCUL REGLEMENTAIRE DES DEPERDITIONS THERMIQUES ET LES APPORTS CALORIFIQUES

On désigne par :

- e (en m) l'épaisseur du mur à isolation répartie.

- Rm (en m².C/W) la résistance thermique du mur à isolation répartie au droit de l'encadrement, résistances superficielles non comprises.

- K (en W/m².°C) le coefficient K du mur avec son isolation éventuelle.

➤ **Liaison des deux parois :**

- Liaison 1 : parois identique (brique /brique) : $kl=0,2 \times K \times e$ (W/mC)

On désigne par :

- K (en W/m².°C) la moyenne des coefficients K des deux parois sans l'isolant : $K = (K1 + K2)/2$.

- e (en m) l'épaisseur moyenne des deux parois sans l'isolant : $e = (e1 + e2) / 2$,

- Liaison 2 : parois différentes l'une paroi 2 constitue l'angle (brique /béton /plancher) :

$$kl = \frac{0,2 \times e}{0,2 + R2 \times \frac{e1}{e2}} \text{ (W/m.°C)}$$

On désigne par :

- e (en m) l'épaisseur moyenne des deux parois sans l'isolant : $e = (e1 + e2) / 2$,

- R2 (en m².°C/W) la résistance thermique de la paroi constituant l'angle.

- e2 (en m) l'épaisseur de la paroi constituant l'angle.

- e1 (en m) l'épaisseur de la paroi ne constituant pas l'angle.

- Liaison 3 : parois différentes paroi extérieur courante (brique /béton) :

$$kl = \frac{0,4 \times e}{R \times 0,15} \text{ (W/m.°C)}$$

On désigne par :

- R (en m².°C/W) désigne la résistance de la paroi fictive située au droit de la paroi intérieure et délimitée par les nus intérieur et extérieur de la paroi extérieure.

- e (en m) est l'épaisseur de la paroi intérieure.

- Liaison 4 : parois différentes l'une paroi 2 constitue l'angle (mur /toiture) :

CHAPITRE 3 : CALCUL REGLEMENTAIRE DES DEPERDITIONS THERMIQUES ET LES APPORTS CALORIFIQUES

$$kl = \frac{0,3 \times e}{10,06 + R1 \times R^2} \text{ (W/m} \cdot \text{°C)}$$

On désigne par /

- R1 (en m². °C/W) la résistance thermique de la paroi à isolation intérieure sans compter l'isolant.
- e1 (en m) l'épaisseur de la paroi à isolation intérieure sans compter l'isolant.
- R2 (en m². °C/W) la résistance thermique comprise entre les nus intérieur et extérieur de la paroi à isolation répartie au droit de la paroi à isolation intérieure.

• **Cas 2 isolation intérieure (polystyrène) :**

- **Liaison entre un mur et une menuiserie** (menuiserie au nu intérieur) : kl=0
- **Liaison des deux parois :**
 - Liaison 1 : deux parois extérieur angle rentrant et angle saillant : kl=0
 - Liaison 2 : parois différentes l'une paroi 2 constitue l'angle (mur /toiture) :

$$kl = \frac{0,3 \times e1 \times (1 + \alpha)}{0,06 + R1 \times R^2} \text{ (W/m} \cdot \text{°C)}$$

- α est donné en fonction de ri et de K2 Voir le tableau suivant :

Coefficient K ₂ (W/m ² .°C)	Résistance thermique de l'isolation extérieure (r _e) ou de l'isolation intérieure (r _i) (m ² .°C/W)										
	0,5	0,75	1,0	1,25	1,50	1,75	2,0	2,25	2,5	2,75	3,0
1,50	0,31	0,60									
1,30	0,15	0,60									
1,20	0,07	0,60									
1,00	0	0,32	0,60								
0,90	0	0,19	0,60								
0,80	0	0,07	0,41	0,60							
0,70	0	0	0,23	0,56	0,60						
0,60	0	0	0,07	0,32	0,60	0,60					
0,50	0	0	0	0,11	0,32	0,56	0,60				
0,45	0	0	0	0,02	0,19	0,38	0,60				
0,40	0	0	0	0	0,07	0,23	0,41	0,60	0,60		
0,35	0	0	0	0	0	0,09	0,23	0,38	0,56	0,60	
0,30	0	0	0	0	0	0	0,07	0,29	0,32	0,46	0,60

✓ La paroi 1 est la paroi à isolation extérieure, la paroi 2 est celle à isolation intérieure.

Tableau 2 : Coefficient α

On désigne par :

CHAPITRE 3 : CALCUL REGLEMENTAIRE DES DEPERDITIONS THERMIQUES ET LES APPORTS CALORIFIQUES

- R1 (en m². °C/W) la résistance thermique de la paroi à isolation extérieure sans compter l'isolant.
- e1 (en m) l'épaisseur de la paroi à isolation extérieure sans compter l'isolant.
- R'2 (en m². °C/W) la résistance thermique comprise entre les nus intérieur et extérieur de la paroi à isolation intérieure au droit de la paroi à isolation extérieure.
- Liaison 3 : parois différentes l'une paroi 2 constitue l'angle (mur /plancher) :

$$kl=0,6 \times K2 \times e \text{ (W/mC)}$$

On désigne par :

- e (en m) l'épaisseur moyenne des deux parois sans compter l'isolant.
- K2 (en W/m². °C) le coefficient K de la paroi à isolation répartie.
- Liaison 4 : parois différentes paroi extérieure courante (brique /béton) :

$$kl= \frac{0,4 \times e}{R \times 0,15} \text{ (W/m. °C)}$$

On désigne par :

- R (en m². °C/W) désigne la résistance de la paroi fictive située au droit de la paroi intérieure et délimitée par les nus intérieur et extérieur de la paroi extérieure.
- e (en m) est l'épaisseur de la paroi intérieure.

III.1.2.8 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 où 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 :

$$D_{lnc} = \text{Tau} \times [\Sigma (K \times A) + \Sigma (K1 \times L)] \text{ [W/°C]}$$

- K [W/m². °C] est le coefficient de transmission surfacique de chaque partie.

CHAPITRE 3 : CALCUL REGLEMENTAIRE DES DEPERDITIONS THERMIQUES ET LES APPORTS CALORIFIQUES

- A [m²] est la surface intérieure de chaque partie surfacique.
- kl [W/mC] est le coefficient de transmission linéique de chaque liaison.
- L [m] est la longueur intérieure de chaque liaison.
- Tau est le coefficient de réduction de température, il est soit calculé ou déterminé

forfaitairement.

- Tau est calculé par la formule suivante :

$$\mathbf{Tau} = \frac{t_i - t_n}{t_i - t_e} = \frac{de}{de + ac}$$

- t_i est la température intérieure.
- t_n est la température de l'espace non chauffé.
- t_e est la température extérieure.

III.1.2.9 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 DR se traduit par :

$$\mathbf{DR = 0,34 \times (QV + QS) [W/^{\circ}C]}$$

- 0,34 (en Wh/m³. °C) est la chaleur Volumique de l'air.
- QV (en m³/h) est le débit spécifique de Ventilation.
- Qs (en m³/h) est le débit supplémentaire par infiltrations dues au Vent.

0,34- 0,34 x QV (en/°C) représente les déperditions dues au fonctionnement normal des dispositifs de Ventilation, notées DRV.

- x Qs (en/°C) représente les déperditions supplémentaires dues au Vent, notées DRS.

- Le débit spécifique de Ventilation QV pour un logement est donné par :

$$\mathbf{QV = Max [0,6 \times Vh ; QVréf] [m^3/h]}$$

CHAPITRE 3 : CALCUL REGLEMENTAIRE DES DEPERDITIONS THERMIQUES ET LES APPORTS CALORIFIQUES

- V_h (en m³) désigne le Volume habitable.
- Q_{Vréf} (m³/h) désigne le débit extrait de référence.

- Le débit extrait de référence Q_{Vréf} est donné par l'équation :

$$Q_{Vréf} = \frac{5 Q_{Vmin} + Q_{Vmax}}{6}$$

- Q_{Vmax} (en m³/h) est le débit extrait maximal de référence.
- Q_{Vmin} (en m³/h) est le débit extrait minimal de référence.

Les Valeurs du débit extrait minimal de référence Q_{Vmin}, en fonction du nombre de pièces principales du logement, sont données dans le tableau suivant :

Le débit extrait maximal de référence Q_{Vmax} est la somme des débits extraits de chaque pièce de service du logement. Voir le tableau qui suit :

- Le débit supplémentaire Q_S dû à l'effet du Vent se calcule par :

$$Q_S = \sum(P_{Pi} \times e_{Vi}) \text{ [m}^3\text{/h]}$$

- P_{Pi} (m³/h) (sous une différence de pression ΔP=1 Pa) est la perméabilité à l'air de la paroi i
- e_{Vi} (sans dimension) est le coefficient d'exposition au Vent affecté à la paroi i.

III.1.3 Apports calorifiques « Fascicule 1 » DTR C3-4

III.1.3.1 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 :

$$A_s = A_{PO} + A_V + A_{Is} + A_{INFs} \text{ [W]} \text{ (1.1)}$$

$$A1 = AII + AINF1 [W] (1.2)$$

Où :

- APO (en W) représente les apports par les parois opaques (cf. chapitre 3).
- AV (en W) représente les apports à travers les parois Vitrées (cf. chapitre 4).
- AIsetAII(en W) représentent les parties sensibles et latentes des apports internes
- AINFsetAINF1(en W) représentent les parties sensibles et latentes des apports dus aux infiltrations d'air (cf. chapitre 6 de DTR).

• **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 TSV, pour une température sèche intérieure de 27°C, la relation ci-après :

$$APO (15 h) + AV (15 h) \leq 1,05 \times Aréf (15 h) [W]$$

Où :

- APO (en W) désigne les apports calorifiques à travers les parois opaques aériennes (cf. chapitre 3)
- AV (en W) désigne les apports calorifiques à travers les parois Vitrées (cf. § 4) ;
- Aréf (en W) désigne les apports calorifiques de référence (cf. § 3.2.2).

III.1.3.2 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, APO(t) sont typiquement de Nature chaleur sensible et sont donnés par la formule suivante :

$$APO (t) = 1,2 \times Kété \times Sint \times \Lambda te(t) [W]$$

Où :

CHAPITRE 3 : CALCUL REGLEMENTAIRE DES DEPERDITIONS THERMIQUES ET LES APPORTS CALORIFIQUES

- $1,2$ (sans dimension) : est un coefficient majoration tenant compte des apports latéraux linéiques (à travers les ponts thermiques).

- $K_{été}$ (en $W/m^2 \cdot ^\circ C$) : est le coefficient de transmission en partie courante de la paroi considérée pour l'été.

- S_{int} (en m^2) : est la surface intérieure totale de la paroi considérée ; pour les toitures en pente, on prendra la projection horizontale de la surface.

- $\Delta t(t)$ (en $^\circ C$) : est la différence équivalente de température à l'heure t (cf. §1.3).

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

$$1K_{été} = \Sigma R + 1h_e + 1h_i \text{ [m}^2 \cdot ^\circ C/W\text{]}$$

Où :

- ΣR (en $m^2 \cdot ^\circ C/W$) : 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

$1h_1 + 1h_1$ (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

III.1.3.3 Les apports à travers les parois intérieures :

• Parois 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 :

$$APO(t) = K_{été} \times S_{int} \times \Delta t_{Inc}(t) \text{ [W]}$$

Où :

- $K_{été}$ (en $W \cdot m^2 \cdot ^\circ C^{-1}$) : le coefficient de transmission en partie courante de la paroi considéré pour l'été.

- S_{int} (en m^2) : la surface intérieure totale de la paroi considérée.

- $\Delta t_{Inc}(t)$ (en $^\circ C$) : écart de température entre l'espace non conditionné et le local considéré

• Parois 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 :

$$APO(t) = K_{été} \times S_{int} \times [T_{Sa} - T_{Sbb, i}] [W]$$

Où :

- $K_{été}$ (en $W \cdot m^2 \cdot ^\circ C^{-1}$) : le coefficient de transmission en partie courante de la paroi considéré pour l'été.
- S_{int} (en m^2) : la surface intérieure totale de la paroi considérée.
- T_{Sa} (en $^\circ C$) : La température sèche de l'air intérieur du local adjacent.
- $T_{Sbb, i}$ (en $^\circ C$) : La température sèche de l'air intérieur du local considéré.

• **Paroi en contact avec le sol**

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

Où :

- $K_{été}$ (en $W \cdot m^2 \cdot ^\circ C^{-1}$) : le coefficient de transmission en partie courante de la paroi considéré pour l'été.
- S_{app} (en m^2) : surface de la zone d'apport.
- T_{Sm} (en $^\circ C$) : température moyenne sèche de l'aire extérieure.
- $T_{Sbb, i}$ (en $^\circ C$) : La température intérieure de local conditionné.

• **Parois Vitrées :**

- 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 :

$$AVT(t) = K_{été} \times S_{ouVr} \times [(T_{Se}(t) - C_{inc}) - T_{Sb, i}] [W]$$

Où :

- $K_{été}$ (en $W/m^2 \cdot ^\circ C$) est le coefficient de transmission en partie courante de la paroi considérée.
- AVT (t) (en W) : Apports à travers les parois Vitrées intérieures.
- S_{ouVr} (en m^2) surface de l'ouverture dans la paroi opaque.
- $T_{Se}(t)$ (en $^\circ C$) est la température extérieure sèche à l'heure.

CHAPITRE 3 : CALCUL REGLEMENTAIRE DES DEPERDITIONS THERMIQUES ET LES APPORTS CALORIFIQUES

- C_{inc} (en °C) coefficient correcteur.
- $T_{Sb, i}$ (en °C) est la température intérieure sèche de base pour le local considéré.

- Apports à travers les parois extérieures :
- Les gains à travers les parois Vitrée extérieure $AV(t)$ sont donnés par :

$$AV(t) = AVT(t) + AVE(t) [W]$$

Où :

- $AV(t)$ (en W) Apports à travers les parois extérieures.
- $AVT(t)$ (en W) représente les gains dus au gradient de température à travers les parois Vitrées.
- $AVE(t)$ (en W) représente les gains dus au rayonnement solaire à travers les parois Vitrées.
- Les gains dus au gradient de température $AVT(t)$ à travers les parois Vitrées extérieures sont donnée par :

$$AVT(t) = 1.2 \times K_{été} \times S_{ouVr} [T_{Se}(t) - T_{Sb, i}] [W]$$

Où :

- 1.2: (sans dimension) est un coefficient majorateur tenant compte des apports à travers les ponts thermiques.
- $K_{été}$ (en W/m². °C) est le coefficient de transmission en partie courante de la paroi considérée.
- S_{ouVr} (en m²) surface de l'ouverture dans la paroi opaque.
- $T_{Se}(t)$ (en °C) est la température extérieure sèche à l'heure.
- $T_{Sb, i}$ (en °C) est la température intérieure sèche de base pour le local considéré.
- Les gains dus au rayonnement solaire à travers les parois Vitrées extérieures $AVE(t)$ sont données par :

$$AVE(t) = [S_{Vens} \times I_t + (S_V - S_{Vens}) \times I_d] \times F_S \times NPVI(t) [W]$$

Où :

- S_V (en m²) est la surface totale Vitrée.

CHAPITRE 3 : CALCUL REGLEMENTAIRE DES DEPERDITIONS THERMIQUES ET LES APPORTS CALORIFIQUES

- SVens(en m²) est la surface.

• 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 :

$$AVT(t) = Kété \times SouVr [(TSe(t) - Clnc) - TSb, i] [W]$$

Où :

- Kété (en W/m². °C) est le coefficient de transmission en partie courante de la paroi considérée

- AVT (t) (en W) : Apports à travers les parois Vitrées intérieures.

- SouVr (en m²) surface de l'ouverture dans la paroi opaque.

- TSe (t) (en °C) est la température extérieure sèche à l'heure.

- Clnc (en °C)) coefficient correcteur.

- TSb, i (en °C) est la température intérieure sèche de base pour le local considéré.

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

$$AV(t) = AVT (t) + AVE(t) [W]$$

Où :

- AVT (t) (en W) représente les gains dus au gradient de température à travers les parois Vitrées.

- AVE(t) (en W) représente les gains dus au rayonnement solaire à travers les parois Vitrées.

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

$$AVT(t) = 1.2 \times Kété \times SouVr [TSe(t) - TSb, i] [W]$$

Où :

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

- Kété (en W/m². °C) est le coefficient de transmission en partie courante de la paroi considérée

- SouVr (en m²) surface de l'ouverture dans la paroi opaque.

CHAPITRE 3 : CALCUL REGLEMENTAIRE DES DEPERDITIONS THERMIQUES ET LES APPORTS CALORIFIQUES

- TSe (t) (en °C) est la température extérieure sèche à l'heure.
- TSb, i (en °C) est la température intérieure sèche de base pour le local considérée.
- Les gains dus au rayonnement solaire à travers les parois Vitrées extérieures AVE(t) sont données par :

$$AVE(t) = [SVens \times It + (SV - SVens) \times Id] \times FS \times NPVI(t) [W]$$

Où :

- SV (en m²) est la surface totale Vitrée.
- SVens (en m²) est la surface Vitrée ensoleillée.
- It (en W/m²) est le rayonnement total maximal réel.
- Id (en W/m²) est le rayonnement diffus maximal réel.
- NPVI(t) représente le coefficient d'amortissement relatif aux gains par ensoleillement à travers les parois Vitrées à l'heure considérée.
- FS est le facteur solaire du Vitrage.
- 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 :

$$AI(t) = \sum_j (CS_j \times AIS.j \times NAL.J) + (\sum (CSJ \times AII.J) [W]$$

Où :

- AIS.j (en W) représente la partie sensible de l'apport interne j, la détermination de ces apports est donnée au para Figure 2 (DTR C3 -4).
- AII.J (en W) représente la partie latente de l'apport interne j, la détermination de ces apports est donnée au para Figure 2 (DTRC3- 4).
- CSj est le coefficient de simultanéité relatif à l'apport interne j, en l'absence d'information, les Valeurs à considérer pour les coefficients de simultanéité sont celles du tableau 5.1 (DTR C3-4).
- NAL.j est le coefficient d'amortissement relatif à l'apport interne j.

III.2 Partie 2 : Présentation de l'application et du projet, la discussion des résultats de l'étude :

Dans cette partie, nous présentons les résultats de calcul réglementaire des déperditions thermiques en utilisant le DTR C3-2 et l'Excel ainsi que les résultats des apports calorifiques obtenus après l'utilisation de l'application LOGRT, avant et après l'isolation des parois pour les Différente zones Climatiques :

- **Ajouté le polystyrène comme un isolant (en différentes épaisseur) :**

LOGRT : c'est une application qui fait les calculs des apports calorifique de notre Bloc R+9 et l'appartements F3 (l' appartement de dernier étage) ainsi que les discussions sur les calculs effectué sur les bâtiments en intégrant différents orientations (1ère orientation , 2ème orientation et la 3ème orientation) et aussi la présentation des résultats relatifs à l'effet de des épaisseurs de matériaux isolants et l'effet de l'isolants sans et avec un double Vitrage sur le comportement thermique du bâtiment. Le calcul calorifique est effectué avec l'application LOGRT, outil de calcule thermique qui utilise des normes existantes en DTR 2/3.4.

III.2.1 Présentation de cas d'étude :

Sidi Abdellah est une Ville nouvelle dans la banlieue sud-ouest d'Alger, elle est implantée sur les territoires de quatre communes : Douera, Mahelma, Rahmania et Zéralda, située environ à 20 km au sud-ouest de la Wilaya d'Alger avec une superficie totale de 70 km² et latitude : 36.6842° N, 2.8521° E est son altitude est de 116m.

III.2.1.1 Présentation des caractéristiques climatique :

Sidi Abdellah possède un climat méditerranéen chaud avec été sec (Csa) selon la classification de Köppen-Geiger. Sur l'année, la température moyenne à la nouvelle ville de Sidi Abdellah est de 17.2°C et les précipitations sont en moyenne de 393.2mm, Cette zone appartient à la zone A selon le document technique réglementaire (DTR C 3-2).

III.2.1.2 Description du logement :

Le bâtiment étudié est un bloc R+9 et l'appartement du dernier étage à usage d'habitation. Les surfaces d'appartements du F 3 est de 70m² et F4 de 85.03m² situées au sein de l'AADL à Sidi Abdallah.

L'appartement F3 est composé d'un séjour d'une surface de 19.10m² contenant une porte fenêtre côté Sud de surface 3.6m², deux chambres de 12.15m² pour chacune contenant deux fenêtres côté Sud d'une surface 1.68m² chacune des sanitaires de surface 5.24m² contenant deux fenêtres de 0.3m² une pour le côté Ouest et l'autre pour le côté Nord ainsi une cuisine de 12.23m² avec une porte dans le côté l'Est de 4.16m²

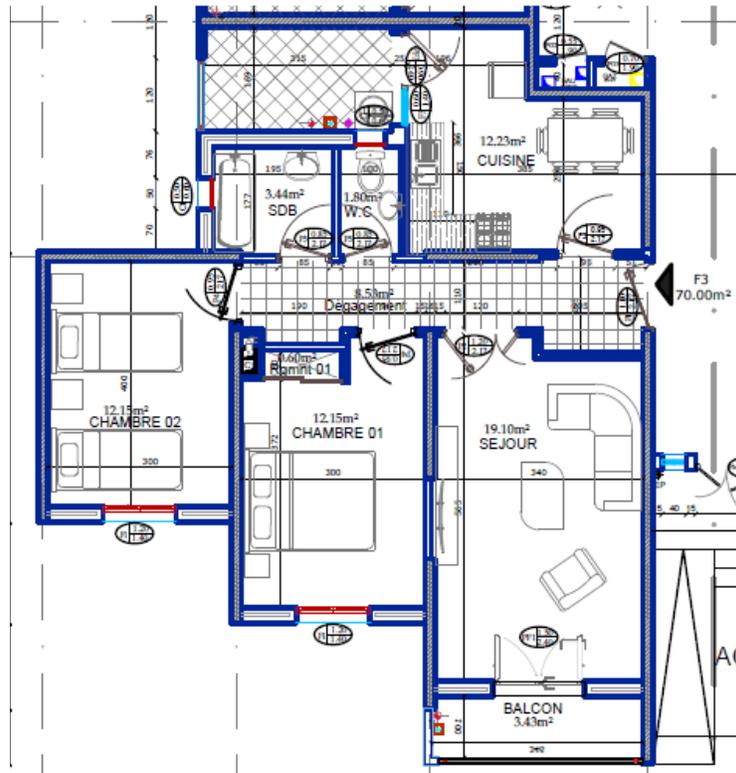


Figure 13 : Plan d'un appartement F3 l'AADL de Sidi Abdallah

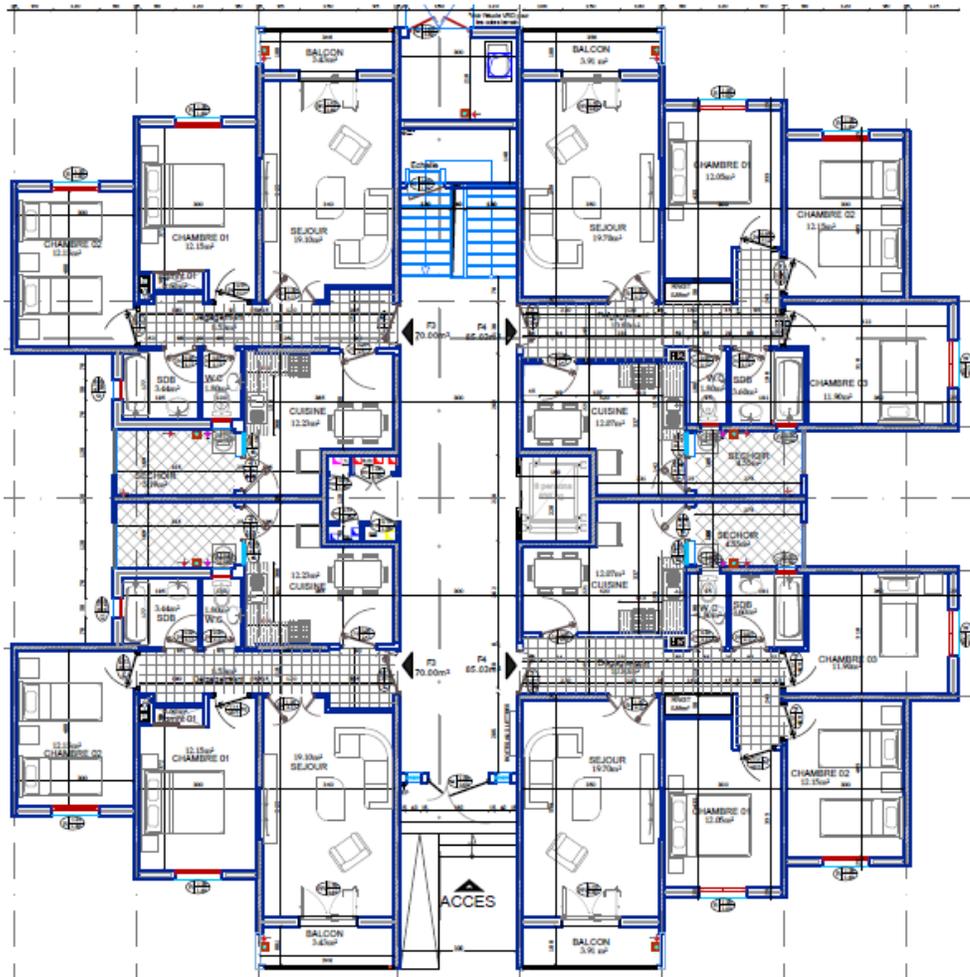


Figure 14 : Plan d'un bloc à l'AADL de Sidi Abdallah

III.2.1.3 Composition des parois du logement :

Dans le cadre de cette étude d'un appartement F3 au dernier étage et le bloc r+9, quatre systèmes constructifs sont pris en considération, à savoir :

- **Cas 1** : Système constructif en coffrage tunnel mixte (façade en brique).
- **Cas 2** : Système constructif poteaux poutres avec maçonnerie de remplissage.
- **Cas 3** : Système constructif en Voiles en béton armé.
- **Cas 4** : Système constructif en coffrage tunnel.

CHAPITRE 3 : CALCUL REGLEMENTAIRE DES DEPERDITIONS THERMIQUES ET LES APPORTS CALORIFIQUES

• **Composition des parois :**

✓ **Cas 1 :** Système constructif en coffrage tunnel mixte (façade en brique).

Désignation	Composition	e [m]	λ [W/mC]	$R=e/\lambda$ [m2.° C /W]	$1/h_i+1/h_e$ [m2.°C /W]	1/K	K [W /m2. °C]
Mur extérieur en brique	1-Enduit plâtre	0,015	0,35	0,04	0,17	0,83	1,21
	2-Brique creuse	0,1	0,45	0,22			
	3-Lame d'air	0,05	-	0,16			
	4-Brique creuse	0,1	0,45	0,22			
	5-Mortier de ciment	0,015	1,4	0,01			
Mur extérieur en béton 16 cm	1-Enduit plâtre	0,015	0,35	0,04	0,32	0,32	3,17
	2-La couche de béton	0,16	1,75	0,09			
	3-Mortier de ciment	0,015	1,4	0,01			
Toiture	1-Enduit plâtre	0,05	0,35	0,14	0,14	1,83	0,55
	2-Béton armé	0,06	1,75	0,034			
	3-polystyrène	0,06	0,04	1,50			
	4-Mortier de ciment	0,02	1,4	0,014			
Plancher bas	1-Béton armé	0,15	1,75	0,09	0,34	0,45	2,22
	2-Mortier de ciment	0,02	1,4	0,014			
	3-Carrelage	0,01	1	0,01			

Tableau 4 : Caractéristiques des parois (cas 1)

CHAPITRE 3 : CALCUL REGLEMENTAIRE DES DEPERDITIONS THERMIQUES ET LES APPORTS CALORIFIQUES

✓ **Cas 2** : système constructif poteaux poutre avec maçonnerie de remplissage :

Désignation	Composition	e [m]	λ [W/mC]	$R=e/\lambda$ [m2.°C /W]	$1/h_i+1/h_e$ [m2.°C /W]	1/K	K [W /m2. °C]
Mur extérieur en brique	1-Enduit plâtre	0,02	0,35	0,06	0,17	0,81	1,24
	2-Brique creuse	0,1	0,49	0,20			
	3-Lame d'air	0,05	-	0,16			
	4-Brique creuse	0,1	0,49	0,20			
	5-Mortier de ciment	0,02	1,4	0,01			
Toiture	1-Enduit plâtre	0,05	0,35	0,14	0,14	1,83	0,55
	2-Béton armé	0,06	1,75	0,034			
	3-polystyrène	0,06	0,04	1,50			
	4-Mortier de ciment	0,02	1,4	0,014			
Plancher bas	1-Béton armé	0,15	1,75	0,09	0,34	0,45	2,22
	2-Mortier de ciment	0,02	1,4	0,014			
	3-Carrelage	0,01	1	0,01			

Tableau 5 : Caractéristiques des parois (cas 2)

CHAPITRE 3 : CALCUL REGLEMENTAIRE DES DEPERDITIONS THERMIQUES ET LES APPORTS CALORIFIQUES

✓ **Cas 3** : Système constructif en Voile en béton armé.

	Composition	e [m]	λ [W/mC]	R=e/ λ [m2.°C /W]	1/hi+1/he [m2.°C /W]	1/K	K [W /m2. °C]
Partie de mur extérieur en brique creuse	1- Enduit en plâtre	0,02	0,35	0,06	0,17	0,91	1,10
	2- Brique Creuse	0,1	0,49	0,20			
	3-Lame d'air	0,05	-	0,16			
	4-Briques creuses	0,15	0,49	0,31			
	6-Enduit en ciment	0,02	1,4	0,01			
Partie de mur extérieur 16 cm en béton	1-Enduit en plâtre	0,02	0,35	0,06	0,33	3,01	
	2-Voile en béton armé	0,16	1,75	0,09			
	3- Enduit en ciment	0,02	1,4	0,01			
Toiture	1-Enduit plâtre	0,05	0,35	0,14	0,14	1,83	0,55
	2-Béton armé	0,06	1,75	0,034			
	3-polystyrène	0,06	0,04	1,50			
	4-Mortier de ciment	0,02	1,4	0,014			
Plancher bas	1-Béton armé	0,15	1,75	0,09	0,34	0,45	2,22
	2-Mortier de ciment	0,02	1,4	0,014			
	3-Carrelage	0,01	1	0,01			

Tableau 6 : Caractéristiques des parois (cas 3)

CHAPITRE 3 : CALCUL REGLEMENTAIRE DES DEPERDITIONS THERMIQUES ET LES APPORTS CALORIFIQUES

✓ **Cas 4** : Système constructif en coffrage tunnel.

Désignation	Composition	e [m]	λ [W/mC]	$R=e/\lambda$ [m ² .°C /W]	$1/h_i+1/h_e$ [m ² .°C /W]	1/K	K [W /m ² . °C]
Mur extérieur en béton	1-Enduit en ciment	0,02	0,35	0,06	0,17	0,33	3,01
	2-Voile en béton armé	0,16	1,75	0,09			
	3-Enduit en plâtre	0,02	1,4	0,0142			
Toiture	1-Enduit plâtre	0,05	0,35	0,14	0,14	1,83	0,55
	2-Béton armé	0,06	1,75	0,034			
	3-polystyrène	0,06	0,04	1,50			
	4-Mortier de ciment	0,02	1,4	0,014			
Plancher bas	1-Béton armé	0,15	1,75	0,09	0,34	0,45	2,22
	2-Mortier de ciment	0,02	1,4	0,014			
	3-Carrelage	0,01	1	0,01			

Tableau 7 : Caractéristiques des parois (cas 4)

•**Les Villes Étudiés par rapport aux différents zonages :**

Voici les localisations et les zonages thermiques des Villes étudiées dans notre étude :

Villes	Localisation	Altitude (m)	Zone thermique été	Zone thermique hier
Alger	36,7°N/3,0°E	116	A	A
Constantine	36,3°N/6,6°E	694	B	B
Bordj bou arridj	36.07N /4.77°E	928	C	B
Illizi	26.50N/8.43E	543	D	C
Tamanrasset	22,8°N/5,5°E	1038	E	D
Ghardaïa	32,4°N/3,8°E	468	F	C

III.3 L'étude de la conformité du logement en hier :

Dans cette partie le résultat de calcule est obtenue en utilisant le DTR C3-2 et l'Excel.

III.3.1 Le bilan thermique du logement sans isolations :

- **Système constructif 1** : « en coffrage tunnel mixte (façade en brique) »

Tableau 8 : Localisation et zonage thermique des villes

- **F3 dernier étage** :

	K [W /m2. °C]	S (m ²)	Ds [W/°C]
Mur extérieur en brique	1,21	39,1956	47,34
Mur extérieur en béton 16 cm	3,17	70,01	222,25
Toiture	0,55	70	38,22
Les fenêtres SV	5,00	4,8	24,00
Porte-fenêtre SV	5,00	5,76	28,8
Portes	3,5	2,387	8,35
Plancher bas	2,22	70	155,56
Déperdition surfacique (Ds)[W/°C]	368,97		
Déperdition de liaison DL [W/°C]	12,341		
Déperdition transmission [W/°C]	381,3		
Df zone A*1.05[W/°C]	253,16		ne Vérifie pas
Df zone A1*1.05[W/°C]	253,16		ne Vérifie pas
Df zone B*1.05[W/°C]	219,24		ne Vérifie pas
Df zone C*1.05[W/°C]	219,24		ne Vérifie pas
Df zone D*1.05[W/°C]	253,16		ne Verifie pas

Tableau 9 : Le bilan thermique de l'appartement F3 pour le 1^{er} cas sans

CHAPITRE 3 : CALCUL REGLEMENTAIRE DES DEPERDITIONS THERMIQUES ET LES APPORTS CALORIFIQUES

➤ **Bloc R+9 :**

	K [W /m2. °C]	S (m²)	Ds [W/°C]
Mur extérieur en brique	1,21	1562,321	1886,82
Mur extérieur en béton 16 cm	3,17	1684,005	5346,05
Toiture	0,55	442,53	241,63
Les fenêtres SV	5,00	245,04	1225,20
Porte-fenêtre SV	5,00	230,4	1152
Portes	5,8	21,991	127,55
Plancher bas	2,22	442,53	983,40
DS[W/°C]		10962,65	
DL [W/°C]		459,349	
Dlnc [W/°C]		598,520	
Dt [W/°C]		12020,5	
Df zone A*1.05[W/°C]	7404,15186		ne Verifie pas
Df zone A1*1.05[W/°C]	7404,15186		ne Verifie pas
Df zone B*1.05[W/°C]	6652,724925		ne Verifie pas
Df zone C*1.05[W/°C]	6652,724925		ne Verifie pas
Df zone D*1.05[W/°C]	7404,15186		ne Verifie pas

Tableau 10 : Le bilan thermique de bloc R+9 pour le 1^{er} cas sans isolation

➤ **Système constructif 2 :** « système constructif poteaux poutre avec maçonnerie de remplissage »

➤ **F3 dernier étage :**

	K [W /m2. °C]	S (m²)	Ds [W/°C]
Mur extérieur en brique	1,24	109,3722	135,10
Toiture	0,68	70	47,94
Les fenêtres SV	5,00	4,8	24,00
Porte-fenêtre SV	5,00	5,76	28,8
Portes	3,5	2,387	8,35
Plancher bas	2,22	70	155,56
Ds[W/°C]		244,19	
DLNC [W/°C]		20,767	
DT [W/°C]		279,0	
Df zone A*1.05[W/°C]	253,16		ne Verifie pas

Tableau 11 : Le bilan thermique de l'appartement F3 pour le 2eme cas sans isolation

CHAPITRE 3 : CALCUL REGLEMENTAIRE DES DEPERDITIONS THERMIQUES ET LES APPORTS CALORIFIQUES

Df zone A1*1.05[W/°C]	253,16	ne Verifie pas
Df zone B*1.05[W/°C]	219,24	ne Verifie pas
Df zone C*1.05[W/°C]	219,24	ne Verifie pas
Df zone D*1.05[W/°C]	253,16	ne Verifie pas

➤ **Bloc R+9 :**

Désignation	K [W /m2. °C]	S (m ²)	Ds [W/°C]
Mur extérieur en brique	1,24	3246,326	4010,87
Toiture	0,68	442,53	303,08
Les fenêtres SV	5,00	245,04	1225,20
Porte-fenêtre SV	5,00	230,4	1152
Portes	5,8	21,991	127,55
Plancher bas	2,22	442,53	983,40
Ds[W/°C]	7802,10		
DL [W/°C]	348,627		
Dlnc [W/°C]	598,978		
DT [W/°C]	8749,7		
Df zone A*1.05[W/°C]	7404,15186		ne Verifie pas
Df zone A1*1.05[W/°C]	7404,15186		ne Verifie pas
Df zone B*1.05[W/°C]	6652,724925		ne Verifie pas
Df zone C*1.05[W/°C]	6652,724925		ne Verifie pas
Df zone D*1.05[W/°C]	7404,15186		ne Verifie pas

Tableau 12 : Le bilan thermique de bloc R+9 pour le 2eme cas sans isolation

➤ **Système constructif 3 :** « Système constructif en Voiles en béton armé. »

➤ **F3 dernier étage :**

Désignation	K [W /m2. °C]	S (m ²)	Ds [W/°C]
Mur extérieur en brique	1,10	39,1956	43,02
Mur extérieur en béton 16 cm	3,01	68,1766	205,35
Toiture	0,68	70	47,94
Les fenêtres SV	5,00	4,8	24,00
Porte-fenêtre SV	5,00	5,76	28,8
Portes	3,5	2,387	8,35
Plancher bas	2,22	70	155,56
Ds [W/°C]	357,47		
DL [W/°C]	14,922		
DT [W/°C]	372,4		

CHAPITRE 3 : CALCUL REGLEMENTAIRE DES DEPERDITIONS THERMIQUES ET LES APPORTS CALORIFIQUES

Df zone A*1.05[W/°C]	253,16	ne Verifie pas
Df zone A1*1.05[W/°C]	253,16	ne Verifie pas
Df zone B*1.05[W/°C]	219,24	ne Verifie pas
Df zone C*1.05[W/°C]	219,24	ne Verifie pas
Df zone D*1.05[W/°C]	253,16	ne Verifie pas

Tableau 13 : Le bilan thermique de l'appartement F3 pour le 3eme cas sans isolation.

Désignation	K [W /m2. °C]	S (m ²)	Ds [W/°C]
Mur extérieur en brique	1,10	1562,321	1714,95
Mur extérieur en béton 16 cm	3,01	1684,005	5072,30
Toiture	0,68	442,53	303,08
Les fenêtres SV	5,00	245,04	1225,20
Portes-fenêtres SV	5,00	230,4	1152
Portes	5,8	21,991	127,55
Plancher bas	2,22	442,53	983,40
Ds[W/°C]		9595,09	
DL [W/°C]		428,427	
Dlnc[W/°C]		598,690	
Dt[W/°C]		10622,2	
Df zone A*1.05[W/°C]	7404,15186		ne Verifie pas
Df zone A1*1.05[W/°C]	7404,15186		ne Verifie pas
Df zone B*1.05[W/°C]	6652,724925		ne Verifie pas
Df zone C*1.05[W/°C]	6652,724925		ne Verifie pas
Df zone D*1.05[W/°C]	7404,15186		ne Verifie pas

➤ **Bloc R+9 :**

CHAPITRE 3 : CALCUL REGLEMENTAIRE DES DEPERDITIONS THERMIQUES ET LES APPORTS CALORIFIQUES

➤ **Système constructif 4** : « Système constructif en coffrage tunnel »

➤ **F3 dernier étage**

Désignation	K [W /m2. °C]	S (m²)	Ds [W/°C]
Mur extérieur en brique	3,01	109,3722	329,24
Toiture	0,76	70	52,97
Les fenêtres SV	5,00	4,8	24,00
Porte-fenêtre SV	5,00	5,76	28,8
Portes	3,5	2,387	8,35
Plancher bas	2,22	70	155,56
Ds[W/°C]	598,91		
DL [W/°C]	16,644		
Dt[W/°C]	615,6		
Df zone A*1.05[W/°C]	253,16		ne Verifie pas
Df zone A1*1.05[W/°C]	253,16		ne Verifie pas
Df zone B*1.05[W/°C]	219,24		ne Verifie pas
Df zone C*1.05[W/°C]	219,24		ne Verifie pas
Df zone D*1.05[W/°C]	253,16		ne Verifie pas
Désignation	K [W /m2. °C]	S (m²)	Ds [W/°C]
Mur extérieur en brique	3,01	109,3722	329,24
Toiture	0,76	70	52,97
Les fenêtres SV	5,00	4,8	24,00
Porte-fenêtre SV	5,00	5,76	28,8
Portes	3,5	2,387	8,35
Plancher bas	2,22	70	155,56
Ds[W/°C]	598,91		
DL [W/°C]	16,644		
Dt[W/°C]	615,6		
Df zone A*1.05[W/°C]	253,16		ne Verifie pas
Df zone A1*1.05[W/°C]	253,16		ne Verifie pas
Df zone B*1.05[W/°C]	219,24		ne Verifie pas
Df zone C*1.05[W/°C]	219,24		ne Verifie pas
Df zone D*1.05[W/°C]	253,16		ne Verifie pas

Tableau 15 : Bilan thermique de l'appartement F3 sans isolation pour le 4eme cas

CHAPITRE 3 : CALCUL REGLEMENTAIRE DES DEPERDITIONS THERMIQUES ET LES APPORTS CALORIFIQUES

➤ **BLOC R+9 :**

Désignation	K [W /m2. °C]	S (m ²)	Ds [W/°C]
Mur extérieur en brique	3,01	3246,326	9772,20
Toiture	0,76	442,53	334,84
Les fenêtres SV	5,00	245,04	1225,20
Portes-fenêtres SV	5,00	230,4	1152
Portes	5,8	21,991	127,55
Plancher bas	2,22	442,53	983,40
Ds[W/°C]		13595,20	
DL [W/°C]		634,299	
Dlnc [W/°C]		598,305	
Dt [W/°C]		14827,8	
Df zone A*1.05[W/°C]	7404,15186		ne Verifie pas
Df zone A1*1.05[W/°C]	7404,15186		ne Verifie pas
Df zone B*1.05[W/°C]	6652,724925		ne Verifie pas
Df zone C*1.05[W/°C]	6652,724925		ne Verifie pas
Df zone D*1.05[W/°C]	7404,15186		ne Verifie pas

Tableau 16 : Le bilan thermique de bloc r+9 sans isolation pour le 4eme cas

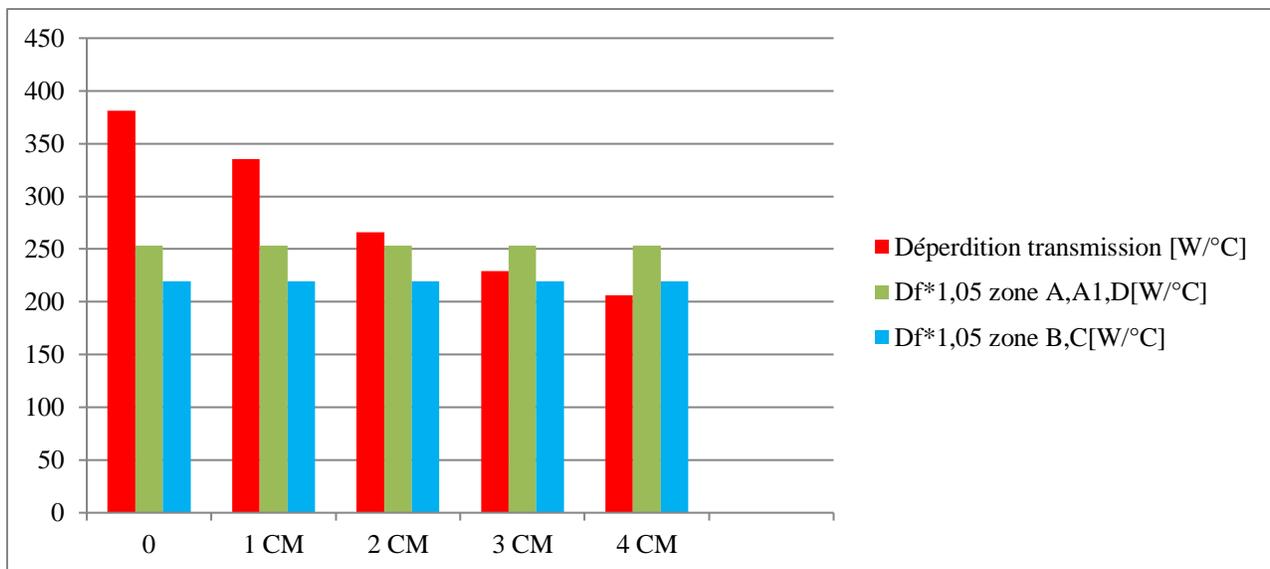
III.3.2 Le bilan thermique du logement avec isolations :

➤ **F3 dernier étage**

➤ **Système constructif 1 :** « en coffrage tunnel mixte (façade en brique)»

Polystyrène	Déperdition transmission [W/°C]	Df*1,05 zone A,A1,D [W/°C]	Df*1,05 zone B,C [W/°C]
0	381,3	253,16	219,24
1 CM	335,51	253,16	219,24
2 CM	265,86	253,16	219,24
3 CM	228,98	253,16	219,24
4 CM	206,13	253,16	219,24

Tableau 17 : Bilan thermique de l'appartement F3 avec isolation pour le 1^{er} cas

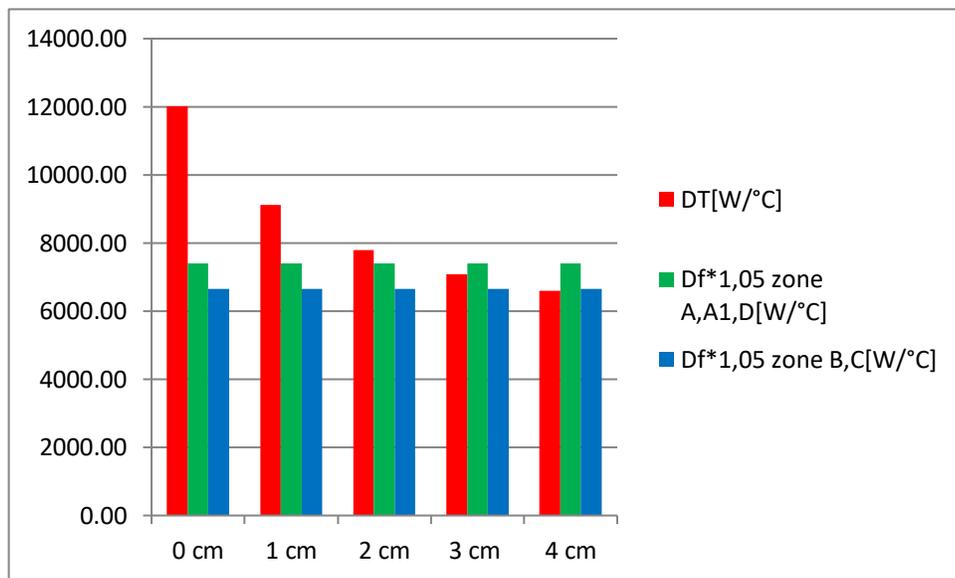


➤ **BLOC R+9 :**

- **Système constructif 1 :** « en coffrage tunnel mixte (façade en brique) »

Polystyrène	Dt[W/°C]	Df*1,05 zone A,A1,D[W/°C]	Df*1,05 zone B,C[W/°C]
0 cm	12020,50	7404,15	6652,72
1 cm	9109,80	7404,15	6652,72
2 cm	7791,02	7404,15	6652,72
3 cm	7083,94	7404,15	6652,72
4 cm	6600,16	7404,15	6652,72

Tableau 18 : Bilan thermique de bloc r+9 avec isolation pour le 1^{er} cas



Graph 03 : la vérification réglementaire de bloc r+9 avec isolation pour le 1^{er} cas en fonction des différentes épaisseurs de polystyrène

D'après les informations fournies dans les tableaux 9 et 10 Représentant le bilan thermique de l'appartement F3 DE et du Bloc R+9 sans isolation pour le 1er système constructif du coffrage tunnel mixte, il est constaté que la réglementation thermique algérienne en hier n'est pas respectée dans les deux cas, quelle que soit la zone climatique en Algérie.

CHAPITRE 3 : CALCUL REGLEMENTAIRE DES DEPERDITIONS THERMIQUES ET LES APPORTS CALORIFIQUES

Selon les tableaux 17 et 18 et les Figures 2 et 3 Présentant les bilans thermiques de l'appartement F3 et du Bloc R+9 avec isolation pour le premier système constructif avec différentes épaisseurs de polystyrène, les observations suivantes sont notées :

Pour l'appartement F3, il est constaté que l'ajout de 3 cm de polystyrène est suffisant pour respecter la réglementation thermique algérienne dans les zones A, A1 et D. Cependant, dans les zones B et C, il est nécessaire d'augmenter l'épaisseur à 4 cm pour atteindre la conformité.

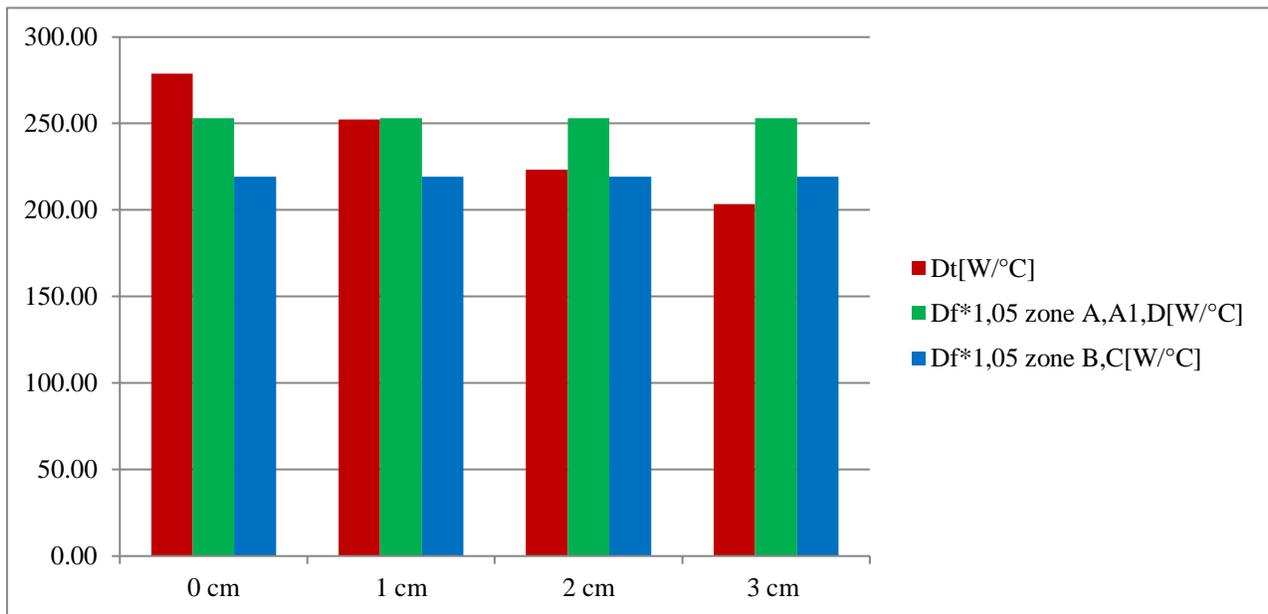
En ce qui concerne le Bloc R+9, la Vérification est effectuée avec une épaisseur d'isolation de 3 cm pour les zones A, A1 et D. Cependant, dans les zones B et C, une épaisseur de 4 cm est requise pour respecter la réglementation thermique.

➤ F3 dernier étage :

- **Système constructif 2** : « système constructif poteaux poutre avec maçonnerie de remplissage »

Polystyrène	Dt[W/°C]	Df*1,05 zone A,A1,D[W/°C]	Df*1,05 zone B,C[W/°C]
0 cm	279,00	253,16	219,24
1 cm	252,36	253,16	219,24
2 cm	223,33	253,16	219,24
3 cm	203,57	253,16	219,24

Tableau 19 : Bilan thermique de l'appartement F3 avec isolation pour le 2eme cas



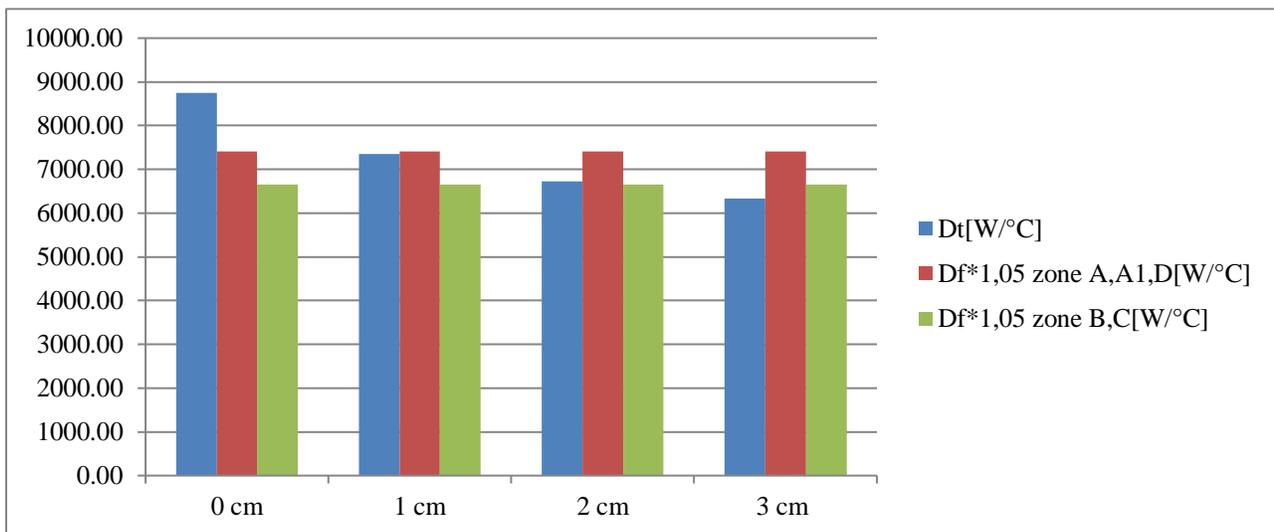
Graphe 04 : la vérification réglementaire de l'appartement F3 avec isolation Pour le 2eme cas en fonction des différentes épaisseurs de polystyrène isolation étudiées

➤ **BLOC R+9 :**

- **Système constructif 2 :** « système constructif poteaux poutre avec maçonnerie de remplissage.

Polystyrène	Dt[W/°C]	Df*1,05 zone A,A1,D[W/°C]	Df*1,05 zone B,C[W/°C]
0 cm	8749,70	7404,15	6652,72
1 cm	7356,21	7404,15	6652,72
2 cm	6732,28	7404,15	6652,72
3 cm	6334,80	7404,15	6652,72

Tableau 20 : Bilan thermique de bloc R+9 avec isolation pour le 2eme cas



Selon les tableaux 11 et 12 présentant le bilan thermique de l'appartement F3 DE et du Bloc R+9 sans isolation pour le deuxième système constructif du poteau-poutre avec maçonnerie de remplissage, il est évident que, dans les deux cas, la réglementation thermique algérienne en hier n'est pas respectée, quelle que soit la zone climatique en Algérie.

D'autre part, en se référant aux tableaux 19 et 20 et aux Figures 4 Et 5 qui présentent les bilans thermiques de l'appartement F3 et du Bloc R+9 avec isolation pour le deuxième système constructif, en utilisant différentes épaisseurs de polystyrène, les constatations suivantes sont relevées :

En ce qui concerne l'appartement F3, on observe qu'une épaisseur d'isolant de 2 cm est suffisante pour se conformer à la réglementation thermique algérienne dans les zones A, A1 et D.

CHAPITRE 3 : CALCUL REGLEMENTAIRE DES DEPERDITIONS THERMIQUES ET LES APPORTS CALORIFIQUES

Toutefois, pour les zones B et C, il est nécessaire d'augmenter l'épaisseur à 3 cm afin de respecter les exigences de conformité.

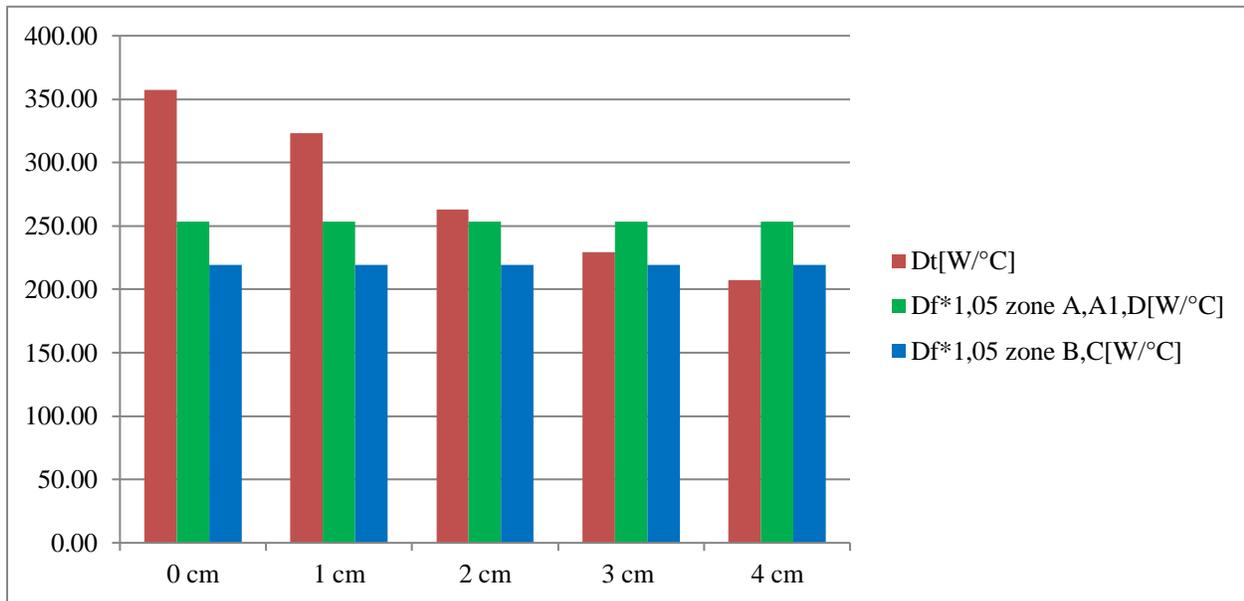
En ce qui concerne le Bloc R+9, il est observé qu'une épaisseur de 1 cm de polystyrène est suffisante pour assurer sa conformité aux exigences de la réglementation thermique algérienne dans les zones A, A1 et D. Cependant, dans les zones B et C, une épaisseur de 3 cm de polystyrène est nécessaire pour atteindre la conformité requise.

➤ **F3 dernier étage**

- **Système constructif 3** : « Système constructif en Voiles en béton armé. »

Polystyrène	Dt[W/°C]	Df*1,05 zone A,A1,D[W/°C]	Df*1,05 zone B,C[W/°C]
0 cm	357,47	253,16	219,24
1 cm	323,00	253,16	219,24
2 cm	262,96	253,16	219,24
3 cm	229,07	253,16	219,24
4 cm	207,12	253,16	219,24

Tableau 21 : Bilan thermique de l'appartement f3 avec isolation pour le 3eme cas



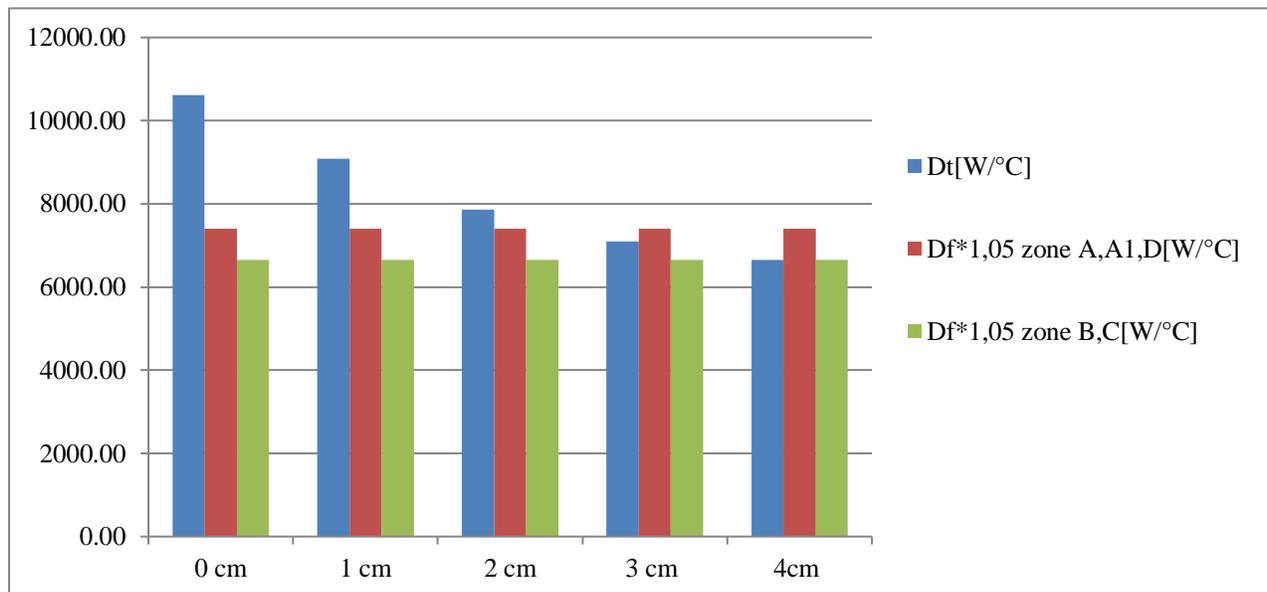
Graph 06 : la vérification réglementaire de l'appartement F3 avec isolation Pour le 3eme cas en fonction des différentes épaisseurs de polystyrène

➤ **BLOC R+9 :**

• **Système constructif 3 :** « Système constructif en Voiles en béton armé. »

Polystyrène	Dt[W/°C]	Df*1,05 zone A,A1,D[W/°C]	Df*1,05 zone B,C[W/°C]
0 cm	10622,20	7404,15	6652,72
1 cm	9077,57	7404,15	6652,72
2 cm	7862,01	7404,15	6652,72
3 cm	7093,56	7404,15	6652,72
4cm	6645,86	7404,15	6652,72

Tableau 22 : Bilan thermique de bloc R+9 avec isolation pour le 3eme cas



Graph 07 : la vérification réglementaire du bloc r+9 avec isolation pour le 3eme cas en fonction des différentes épaisseurs de polystyrène

D'après les tableaux 13 et 14 Qui représente le bilan thermique de l'appartement F3 et le bloc R+9 sans isolation pour le 3eme Système constructif en Voiles en béton armé il est constaté qu'ils ne sont pas conformes dans les deux cas en hier dans toute les zones climatiques.

En se référant sur Les tableaux 21 et 22 et les Figures 6 Et 7 qui Présentent le bilan thermique de l'appartement F3 et le bloc r+9 pour le 3eme système constructif avec isolation,

On constate que la réglementation thermique est Vérifiée dans le cas de l'appartement F3 pour 3 cm d'épaisseur de polystyrène dans les zones A, A1 et D et 4 cm pour les zones B et C

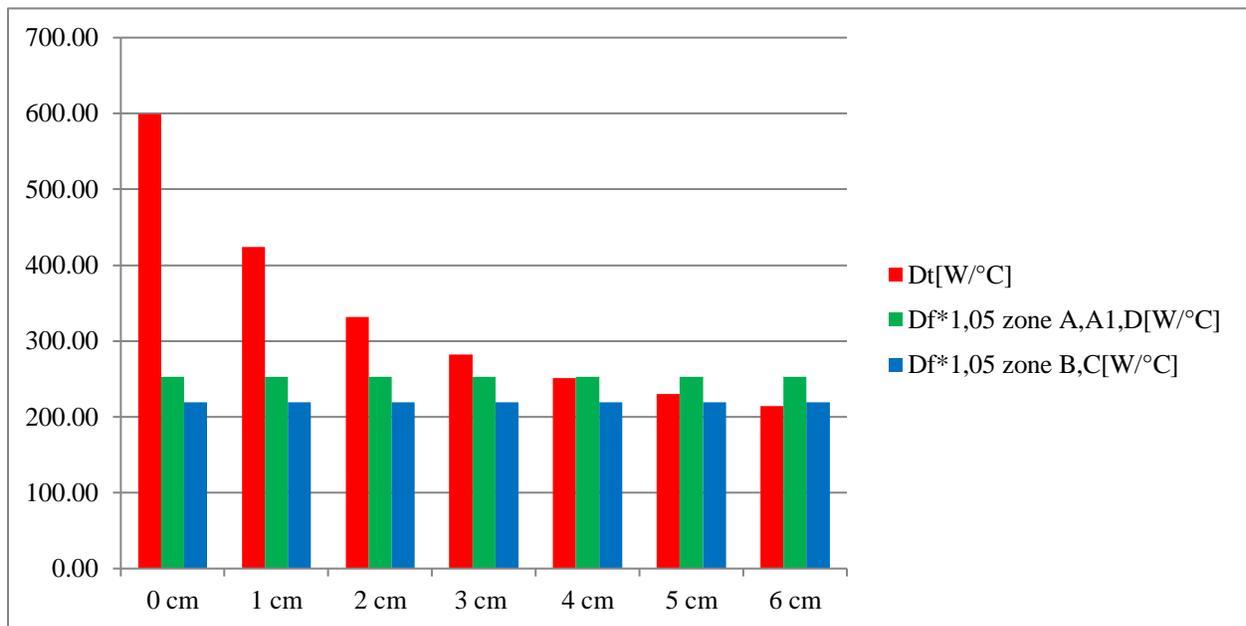
En ce qui concerne le bloc R+9, on remarque que la Vérification réglementaire thermique algérienne est Vérifiée pour 3 cm dans les zones A, A1, D et 4 cm pour les zones B et C.

➤ **F3 dernier étage**

- **Système constructif 4** : « Système constructif en coffrage tunnel »

Polystyrène	Dt[W/°C]	Df*1,05 zone A,A1,D[W/°C]	Df*1,05 zone B,C[W/°C]
0 cm	598,91	253,16	219,24
1 cm	423,82	253,16	219,24
2 cm	331,53	253,16	219,24
3 cm	282,04	253,16	219,24
4 cm	251,03	253,16	219,24
5 cm	229,78	253,16	219,24
6 cm	214,30	253,16	219,24

Tableau 23 : Bilan thermique de f3 avec isolation pour le 4eme cas



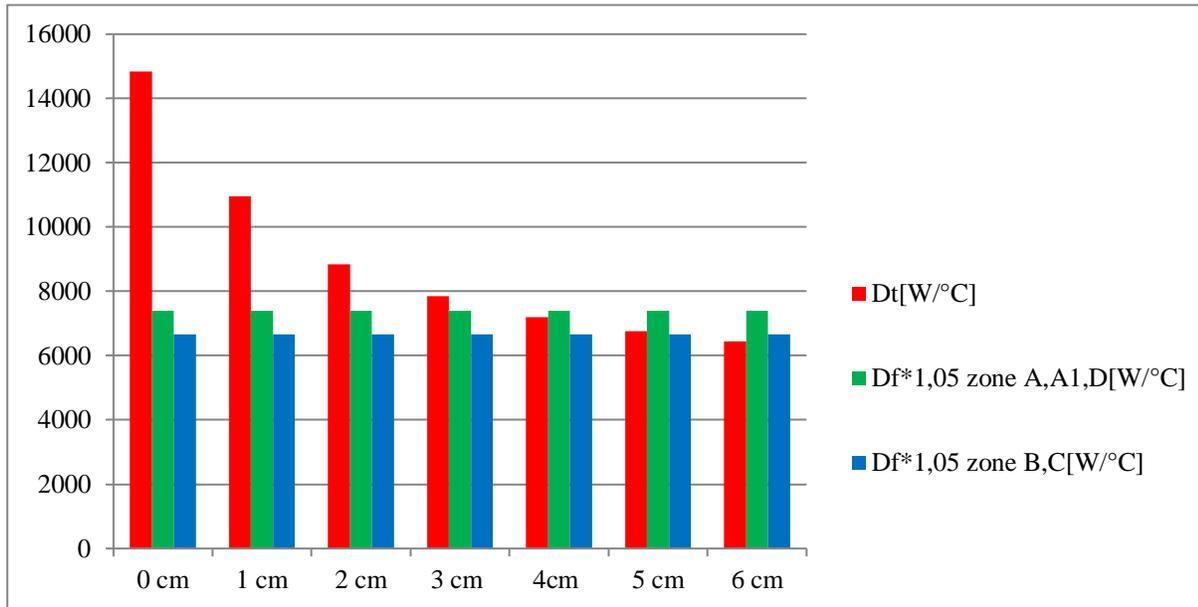
Graphe 08 : la vérification réglementaire de l'appartement F3 avec isolation pour le 4eme cas en fonction des différentes épaisseurs de polystyrène

➤ **BLOC R+9 :**

- **Système constructif 4 :** « Système constructif en coffrage tunnel »

Polystyrène	Dt[W/°C]	Df*1,05 zone A,A1,D[W/°C]	Df*1,05 zone B,C[W/°C]
0 cm	14827,8	7404,15	6652,72
1 cm	10957,32	7404,15	6652,72
2 cm	8840,594572	7404,15	6652,72
3 cm	7848,344826	7404,15	6652,72
4cm	7203,808124	7404,15	6652,72
5 cm	6761,99	7404,15	6652,72
6 cm	6441,27	7404,15	6652,72

Tableau 24 : Bilan thermique de bloc r+9 avec isolation pour le 4eme cas



Graph 09 : la vérification réglementaire du bloc r+9 avec isolation pour le 4eme cas en fonction des différentes épaisseurs de polystyrène

D’après les informations fournies dans les tableaux 15 et 16 Représentant le bilan thermique de l’appartement F3 DE et du Bloc R+9 sans isolation pour le 4eme système constructif en coffrage tunnel, il est constaté que la réglementation thermique algérienne en hier n’est pas respectée dans les deux cas, quelle que soit la zone climatique en Algérie.

CHAPITRE 3 : CALCUL REGLEMENTAIRE DES DEPERDITIONS THERMIQUES ET LES APPORTS CALORIFIQUES

Selon les tableaux 23 et 24 et les Figures 8 et 9 Présentant les bilans thermiques de l'appartement F3 et du Bloc R+9 avec isolation pour le 4eme système constructif avec différentes épaisseurs de polystyrène, les observations suivantes sont notées :

Pour l'appartement F3, il est constaté que l'ajout de 4 cm de polystyrène est suffisant pour respecter la réglementation thermique algérienne dans les zones A, A1 et D. Cependant, dans les zones B et C, il est nécessaire d'augmenter l'épaisseur à 6 cm pour atteindre la conformité.

En ce qui concerne le Bloc R+9, la Vérification est effectuée avec une épaisseur d'isolation de 4 cm pour les zones A, A1 et D. Cependant, dans les zones B et C, une épaisseur de 6 cm est requise pour respecter la réglementation thermique.

III.3.2.1 Discussion des résultats :

D'après notre étude, il a été constaté que les bâtiments de l'AADL de Sidi Abdallah ne respectent pas la réglementation thermique algérienne en ce qui concerne la période hivernale soit en F3 ou en R+9 (le 1er système constructif en coffrage tunnel mixte). Pour toutes les zones climatiques.

En ce qui concerne les systèmes constructifs, nos résultats mettent en évidence que tous les systèmes sans isolation ne sont pas en conformité avec la réglementation thermique hivernale dans les deux cas. Cependant, nous pouvons observer leur impact sur les performances thermiques des bâtiments.

L'utilisation du deuxième système constructif, qui est basé sur les poteaux poutres avec maçonnerie de remplissage sans isolation, a entraîné une réduction des déperditions thermiques par rapport au premier système dans toutes les zones climatiques pour le cas de l'appartement F3, et cette réduction est plus importante en Bloc R+9.

D'après nos résultats, concernant le troisième système constructif sans isolation, qui implique l'utilisation de Voiles en béton armé, nous observons que dans le cas de l'appartement F3, la diminution des déperditions thermiques n'est pas significativement importante. Cependant, pour le cas du bloc R+9, ces déperditions thermiques sont considérables.

CHAPITRE 3 : CALCUL REGLEMENTAIRE DES DEPERDITIONS THERMIQUES ET LES APPORTS CALORIFIQUES

Dans le cas du quatrième système constructif, qui utilise un coffrage tunnel en béton sans isolation, une augmentation significative des déperditions thermiques est observée, que ce soit pour l'appartement F3 ou pour le bloc R+9.

D'après nos résultats précédents, en ajoutant de l'isolation, il est clair que le deuxième système constructif, qui utilise les poteaux poutres avec maçonnerie de remplissage, se positionne comme le choix optimal pour respecter les normes thermiques réglementaires en Algérie en hier, quel que soit la zone climatique considérée. Il parvient à atteindre la conformité réglementaire plus rapidement que tous les autres systèmes constructifs soit en F3 ou dans le cas de bloc R+9, simplement en ajustant l'épaisseur de l'isolant. Pour l'appartement F3 et le bloc R+9, une épaisseur d'isolant de 1 cm est suffisante pour les zones A, A1 et D et 3cm pour les zones B et C.

D'après nos résultats, il est constaté que le troisième système constructif, utilisant des Voiles en béton armé, présente des Valeurs très proches de celles du premier système constructif, que ce soit pour l'appartement F3 ou le bloc R+9. Cela suggère que ces deux systèmes sont pratiquement équivalents en termes de conformité à la réglementation thermique en hier, indépendamment de la zone climatique considérée.

Concernant le quatrième système constructif en coffrage tunnel, nos résultats précédents indiquent qu'il est le moins performant par rapport aux autres systèmes.

Pour l'appartement F3 et pour le bloc R+9 il a été nécessaire d'ajouter une isolation de 4 cm pour atteindre la conformité avec la réglementation thermique en hier dans les zones A,A1,D et 6cm pour les zones B et C.

En conclusion, pour améliorer le confort thermique d'un appartement F3 et d'un bloc r+9 en hier en réduisant les déperditions thermiques, il est recommandé de prendre en compte les éléments suivants :

Le choix du système constructif des poteaux poutres avec maçonnerie de remplissage s'avère être une solution efficace pour réduire les déperditions thermiques et améliorer les performances thermiques.

CHAPITRE 3 : CALCUL REGLEMENTAIRE DES DEPERDITIONS THERMIQUES ET LES APPORTS CALORIFIQUES

L'ajustement de l'épaisseur de l'isolant en fonction des différentes zones climatiques revêt une grande importance. Il est recommandé de respecter les exigences spécifiques de la réglementation thermique algérienne pour chaque zone en termes d'épaisseur d'isolant.

Dans le cas de 2eme système constructif :

- Pour les zones A, A1 et D : 1 cm est suffisante pour le cas de l'appartement et le bloc R+9
- Pour les zones B et C : 3 cm pour l'appartement et pour le bloc r+9

III.3.3 L'étude de la conformité du logement en été :

Les conditions de base : les conditions intérieures.

- Soit définies dans les pièces pour la construction spécifique.
- Soit fixées à partir de logement à longue durée de niveau de confort normal à Sèche=27°, Humidité relative =50%.

Le rayonnement solaire : direct et diffus affectant les parois d'une construction dépendant de L'altitude 116m et TSV=15°C au mois de juillet avec quatre orientations des murs :

III.3.3.1 L'orientation : On prend le 1^{er} cas Comme cas de référence

Orientation 1 :

- Paroi 1 : nord
- Paroi 2 : est
- Paroi 3 : sud
- Paroi 4 : ouest

Orientation 2 :

- Paroi 1 : ouest
- Paroi 2 : nord
- Paroi 3 : sud
- Paroi 4 : est

Orientation 3 :

- Paroi 1 : sud
- Paroi 2 : est
- Paroi 3 : nord
- Paroi 4 : ouest

Orientation 4 :

- Paroi 1 : nord
- Paroi 2 : ouest
- Paroi 3 : sud
- Paroi 4 : est

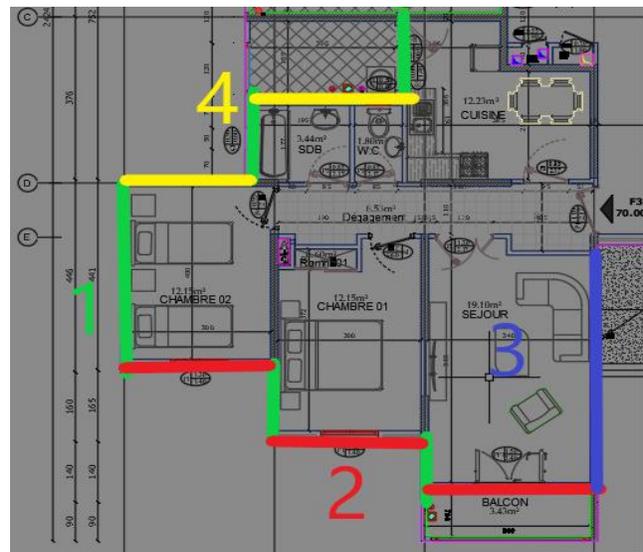


Figure 17 : Schéma des parois de l'appartement F3

CHAPITRE 3 : CALCUL REGLEMENTAIRE DES DEPERDITIONS THERMIQUES ET LES APPORTS CALORIFIQUES

Sans isolation	Les apports calo [W/°C]	Aref [W/°C]
Orientation 1	3071.106	2007.819
Orientation 2	2796.864	1945.883
Orientation 3	3134.539	2018.039
Orientation 4	3294.434	2088.154

Tableau 25 : Le bilan thermique de l'appartement F3 pour les Différents orientations

III.3.3.2 Résultats de l'application :

Ces résultats sont obtenus par l'application LOGRT : qui utilise les équations de climatisation de DTR 3.2/4.

Villes	Localisation	Altitude (m)	Zone thermique été	Zone thermique hier
Alger	36,7°N/3,0°E	116	A	A
Constantine	36,3°N/6,6°E	694	B	B
BORDJ BOU ARRERIDJ	36.07N /4.77°E	928	C	B
Illizi	26.50N/8.43E	543	D	C
Tamanrasset	22,8°N/5,5°E	1038	E	D

Tableau 26 : Localisation et zonage thermique des villes étudiées. Référence : DTR C3.2 et C3.4

Evaluation des apports calorifiques de l'appartement F3 selon les systèmes constructifs et les zones climatiques :

	af	AF*1,05
Zone a	1945,883	2043,177
Zone b	2142.498	2249,623
Zone c	1785,326	1874,592
Zone d	1818.638	1909,57
Zone e	2673.194	2806,854

Tableau 27 : les apports calorifiques pour les zones climatiques en été.

III.3.3.3 Interprétation et discussion des résultats :

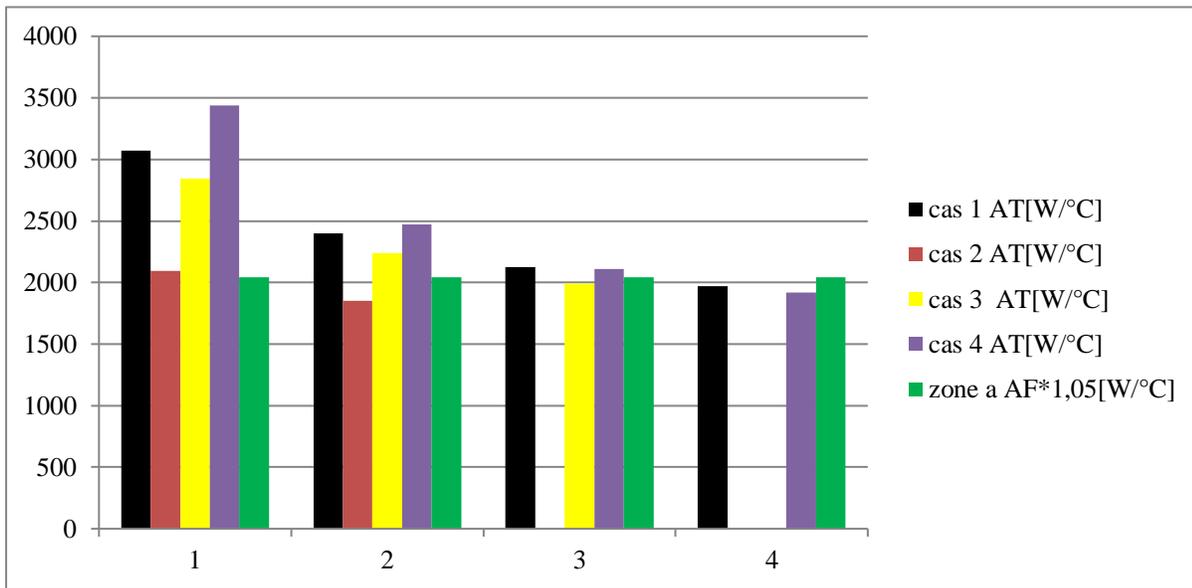
➤ **Zone A :**

Isolant	Cas 1 AT[W/°C]	Cas 2 AT[W/°C]	Cas 3 AT[W/°C]	Cas 4 AT[W/°C]	Aref zone A [W/°C]
0cm	3071,106	2095,865	2845,539	3439,231	2043,177
1cm	2397,524	1852,709	2237,371	2473,057	2043,177
2cm	2122,884		1989,119	2108,592	2043,177
3cm	1970,219			1917,211	2043,177

Tableau 28 : Le bilan thermique de l'appartement F3 pour les Différents systèmes constructifs en fonction de l'épaisseur de l'isolant pour la zone A

Rouge : ne vérifie pas

Vert : vérifie



Graph 10 : Les apports calorifique de l'appartement F3 pour les Différents systèmes constructifs en fonction de l'épaisseur de l'isolant pour la zone A

• **Interprétation :**

Selon les informations fournies dans le tableau 28 et le Figure 10 Représentant les bilans thermiques de l'appartement F3 DE pour différents systèmes constructifs en fonction de l'épaisseur de polystyrène, spécifiquement pour la zone A, les observations suivantes sont notées :

CHAPITRE 3 : CALCUL REGLEMENTAIRE DES DEPERDITIONS THERMIQUES ET LES APPORTS CALORIFIQUES

Pour le premier système constructif en coffrage tunnel mixte et le quatrième système constructif en coffrage tunnel, il est remarqué qu'ils respectent la réglementation thermique algérienne avec une épaisseur de polystyrène de 3 cm.

En ce qui concerne le deuxième système constructif, poteaux poutre avec maçonnerie de remplissage, une épaisseur de 1 cm de polystyrène est suffisante pour respecter la réglementation thermique.

Pour le troisième système constructif, Voile en béton armé, une épaisseur de 2 cm de polystyrène est nécessaire pour atteindre la conformité à la réglementation thermique algérienne.

➤ Zone B :

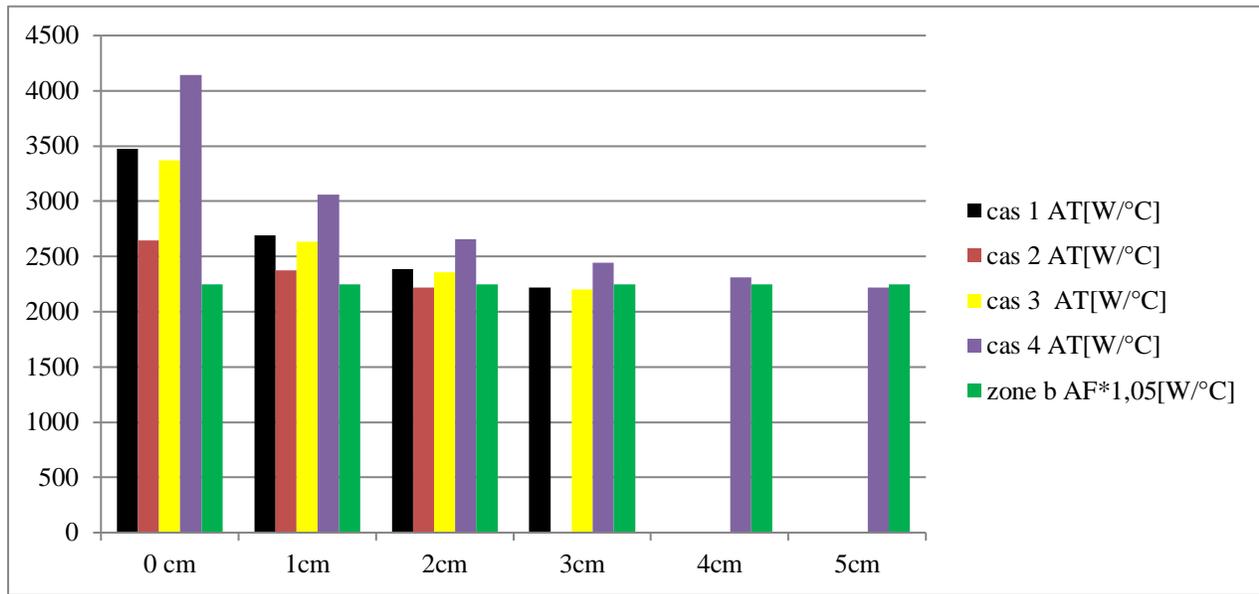
Isolant	Cas 1 AT[W/°C]	Cas 2 AT[W/°C]	Cas 3 AT[W/°C]	Cas 4 AT[W/°C]	Zone b AF*1,05[W/°C]
0 cm	3471,933	2647,364	3372,712	4140,735	2249,6229
1cm	2693,13	2375,232	2636,166	3062,353	2249,6229
2cm	2387,625	2217,742	2354,675	2655,562	2249,6229
3cm	2220,811		2198,909	2441,955	2249,6229
4cm				2310,324	2249,6229
5cm				2221,077	2249,6229

Tableau 29 : Le bilan de l'appartement F3 pour les Différents systèmes constructifs en fonction de l'épaisseur de l'isolant pour la zone B

Rouge : ne Vérifie pas

CHAPITRE 3 : CALCUL REGLEMENTAIRE DES DEPERDITIONS THERMIQUES ET LES APPORTS CALORIFIQUES

Vert : Vérifié



• **Interprétation :** **Graph 11 :** Les apports calorifiques de l'appartement F3 pour les Différents systèmes constructifs en fonction de l'épaisseur de l'isolant pour la zone B

En se référant au tableau 29 et le Figure 11 qui présentent les bilans thermiques de l'appartement F3 DE pour différents systèmes constructifs, en fonction de l'épaisseur de polystyrène dans la zone B, plusieurs observations peuvent être faites :

Pour le premier système constructif, ainsi que le troisième, il est constaté que la conformité à la réglementation thermique algérienne en été est atteinte avec une épaisseur de polystyrène de 3 cm.

En ce qui concerne le deuxième système constructif, une épaisseur de polystyrène de 2 cm est suffisante pour respecter les exigences de la réglementation thermique.

Pour le quatrième système constructif, une épaisseur de polystyrène de 5 cm est nécessaire pour garantir la conformité à la réglementation thermique algérienne en été.

• **Zone C :**

Isolant	Cas 1 AT[W/°C]	Cas 2 AT[W/°C]	Cas 3 AT[W/°C]	Cas 4 AT[W/°C]	Zone c AF*1,05[W/°C]
0 cm	2784,856	2133,544	2710,119	3388,385	1874,59
1cm	2163,969	1909,996	2116,003	2492,338	1874,59

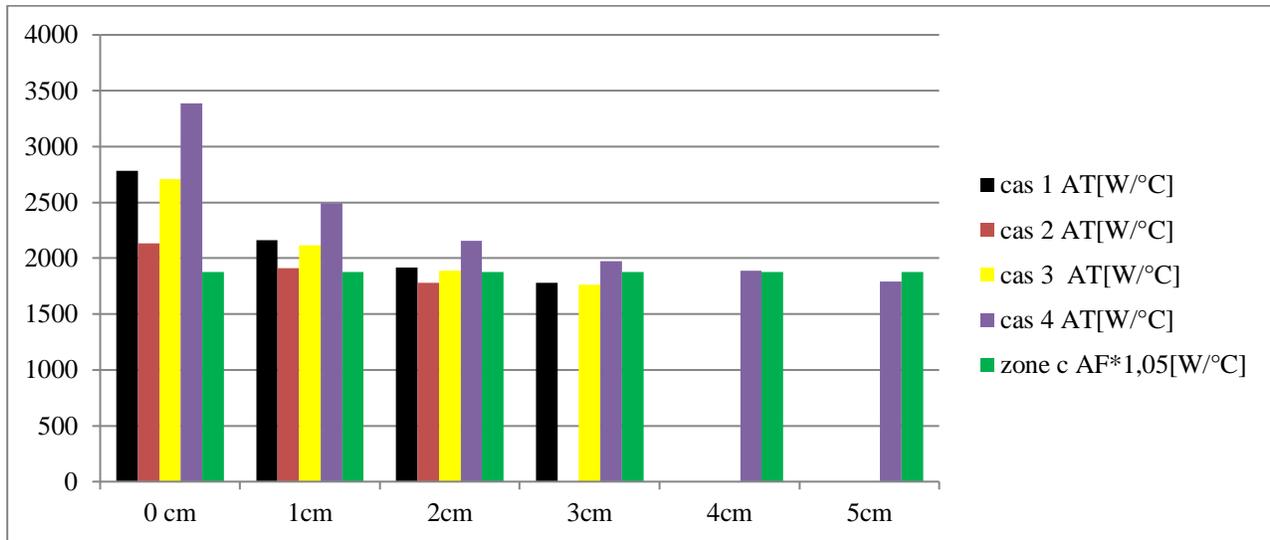
Tableau 30 : Le bilan thermique de l'appartement F3 pour les Différents systèmes constructifs en fonction de l'épaisseur de l'isolant pour la zone C

CHAPITRE 3 : CALCUL REGLEMENTAIRE DES DEPERDITIONS THERMIQUES ET LES APPORTS CALORIFIQUES

2cm	1916,017	1780,248	1888,046	2154,327	1874,59
3cm	1780,035		1761,358	1976,837	1874,59
4cm				1890.463	1874,59
5cm				1793.306	1874,59

Rouge : ne Vérifie pas

Vert : Vérifie



Grphe 12 : Les apports calorifiques de l'appartement F3 pour les Différents systèmes constructifs en fonction de l'épaisseur de l'isolant pour la zone C

• **Interprétation :**

En se basant sur le tableau 30 et le Figure 12 qui décrivent les bilans thermiques de l'appartement F3 DE pour différents systèmes constructifs et différentes épaisseurs de polystyrène, spécifiquement pour la zone C, les observations suivantes sont notées :

Pour le premier système constructif, ainsi que pour le troisième système constructif, il est remarqué que la conformité à la réglementation thermique algérienne est atteinte avec une épaisseur de polystyrène de 3 cm.

En ce qui concerne le deuxième système constructif, une épaisseur de 2 cm de polystyrène est suffisante pour respecter la réglementation thermique.

Pour le quatrième système constructif, une épaisseur de 5 cm de polystyrène est nécessaire pour garantir la conformité aux normes thermiques algériennes.

CHAPITRE 3 : CALCUL REGLEMENTAIRE DES DEPERDITIONS THERMIQUES ET LES APPORTS CALORIFIQUES

CHAPITRE 3 : CALCUL REGLEMENTAIRE DES DEPERDITIONS THERMIQUES ET LES APPORTS CALORIFIQUES

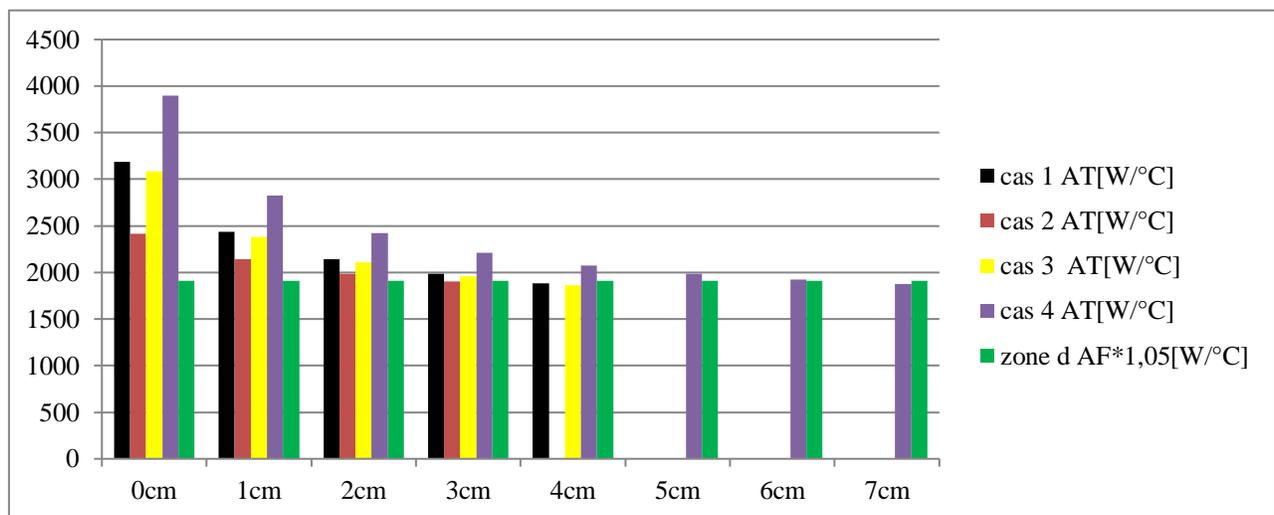
• **Zone D :**

Isolant	Cas 1 AT[W/°C]	Cas 2 AT[W/°C]	Cas 3 AT[W/°C]	Cas 4 AT[W/°C]	Zone d AF*1,05[W/°C]
0cm	3184,508	2413,015	3085,658	3895,662	1909,57
1cm	2439,644	2143,238	2382,1	2824,295	1909,57
2cm	2144,989	1986,947	2111,364	2420,149	1909,57
3cm	1983,207	1903,429	1960,73	2207,932	1909,57
4cm	1879,928		1863,725	2077,157	1909,57
5cm				1988,491	1909,57
6cm				1924,415	1909,57
7cm				1875,945	1909,57

Tableau 31 : Bilan thermique de l'appartement F3 pour les Différents systèmes constructifs en fonction de l'épaisseur de l'isolant pour la zone D

Rouge : ne Vérifie pas

Vert : Vérifie



Grphe 13 : Les apports calorifiques de l'appartement F3 pour les Différents systèmes constructifs en fonction de l'épaisseur de l'isolant pour la zone D

CHAPITRE 3 : CALCUL REGLEMENTAIRE DES DEPERDITIONS THERMIQUES ET LES APPORTS CALORIFIQUES

• Interprétation :

D'après les informations fournies dans le tableau 31 et le Figure 13 Concernant les bilans thermiques de l'appartement F3 DE pour différents systèmes constructifs et différentes épaisseurs de polystyrène, en se concentrant sur la zone D, les conclusions suivantes peuvent être tirées :

Le premier système constructif, ainsi que le troisième système constructif, respectent la réglementation thermique algérienne avec une épaisseur de polystyrène de 4 cm.

Pour le deuxième système constructif, une épaisseur de 3 cm de polystyrène est suffisante pour assurer la conformité thermique.

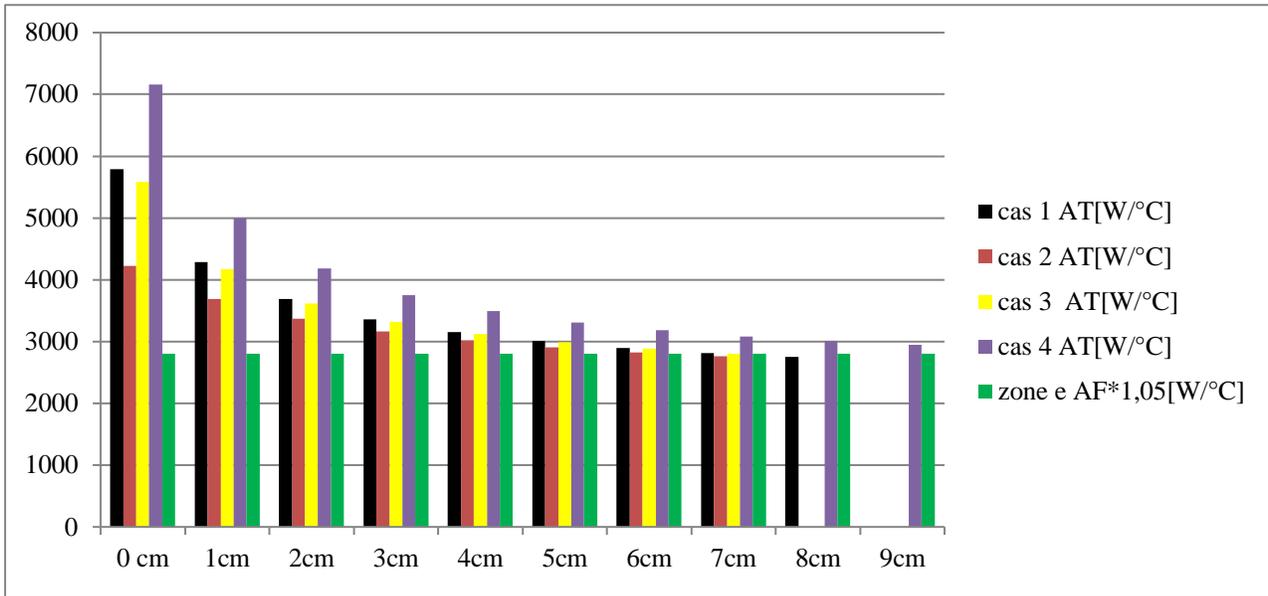
Quant au quatrième système constructif, une épaisseur de 7 cm de polystyrène est nécessaire pour atteindre la conformité aux normes thermiques en Vigueur en Algérie.

• Zone E :

Isolant	Cas 1 AT[W/°C]	Cas 2 ATW/°C]	Cas 3 AT[W/°C]	Cas 4 AT[W/°C]	Aref Zone E [W/°C]
0 cm	5790,669	4228,265	5586,09	7156,212	2806,854
1cm	4284,06	3683,444	4168,23	4996,551	2806,854
2cm	3688,525	3368,116	3620,901	4181,875	2806,854
3cm	3361,706	3162,014	3316,523	3754,087	2806,854
4cm	3153,142	3016,621	3123,712	3490,472	2806,854
5cm	3007,785	2908,505	2985,572	3311,738	2806,854
6cm	2900,406	2824,937	2881,041	3182,573	2806,854
7cm	2817,715	2758,398	2802,091	3084,869	2806,854
8cm	2752,013			3008,378	2806,854
9cm				2946,868	2806,854

Tableau 32 : Bilan thermique de l'appartement F3 pour les Différents systèmes constructifs en fonction de l'épaisseur de l'isolant pour la zone E

CHAPITRE 3 : CALCUL REGLEMENTAIRE DES DEPERDITIONS THERMIQUES ET LES APPORTS CALORIFIQUES



• Interprétation :

En analysant le tableau 32 et le Figure 14 qui présentent les bilans thermiques de l'appartement F3 DE pour différents systèmes constructifs et différentes épaisseurs de polystyrène, particulièrement dans la zone E, les résultats suivants sont observés :

Le deuxième système constructif et le troisième système constructif respectent les exigences de la réglementation thermique algérienne avec une épaisseur de polystyrène de 7 cm.

Pour le premier système constructif, une épaisseur de polystyrène de 8 cm est nécessaire pour garantir la conformité thermique.

En revanche, même avec une épaisseur de polystyrène de 9 cm, le quatrième système constructif ne parvient pas à respecter la réglementation thermique algérienne.

CHAPITRE 3 : CALCUL REGLEMENTAIRE DES DEPERDITIONS THERMIQUES ET LES APPORTS CALORIFIQUES

• Discussion :

Après avoir analysé les graphiques et les figures que nous avons générés, plusieurs observations sont remarquées concernant les Variables qui ont un impact sur les besoins énergétiques. Notre étude a révélé que les bâtiments de l'AADL de Sidi Abdallah ne sont pas conformes à la réglementation thermique algérienne (le premier système constructif : en coffrage tunnel mixte) en ce qui concerne la période estivale dans tous les zones Climatiques.

En ce qui concerne les systèmes constructifs, nos résultats montrent que tous les systèmes ne sont pas conformes à la réglementation thermique, mais nous pouvons observer leur impact.

L'utilisation du deuxième système constructif sans isolation, à savoir les poteaux poutres avec maçonnerie de remplissage, a réduit les apports calorifiques par rapport au premier système dans toutes les zones climatiques.

En ajoutant de l'isolation, nos résultats précédents indiquent que le deuxième système constructif, c'est-à-dire les poteaux poutres avec maçonnerie de remplissage, se révèle être le choix optimal pour respecter les normes thermiques réglementaires en Algérie dans toutes les zones climatiques. De plus, il parvient à atteindre la conformité réglementaire avant tous les autres systèmes constructifs, en ajustant simplement l'épaisseur de l'isolant

D'après nos résultats, il est observé que le troisième système constructif Voile en béton armé présente des Valeurs très proches de celles du premier système constructif. Ainsi, on peut constater que les deux systèmes sont pratiquement similaires en termes de conformité à la réglementation thermique en été dans toutes les zones climatiques.

Concernant le quatrième système constructif en coffrage tunnel, nos résultats précédents indiquent qu'il est le moins performant par rapport aux autres systèmes. En effet, il présente les Valeurs d'apport calorifique les plus élevées. De plus, il nécessite une épaisseur d'isolant considérable pour être conforme dans toutes les zones climatiques. Il est important de souligner qu'il ne parvient même pas à être conforme dans la zone E, même avec une épaisseur d'isolant de 9 cm.

En conclu, pour améliorer le confort thermique d'un appartement F3 en été en réduisant les apports solaires, il est recommandé de prendre en compte les éléments suivants :

CHAPITRE 3 : CALCUL REGLEMENTAIRE DES DEPERDITIONS THERMIQUES ET LES APPORTS CALORIFIQUES

Orientation : Opter pour une orientation plein nord permet de minimiser l'exposition directe au soleil, ce qui réduit les apports de chaleur.

Système constructif : Le système des poteaux poutres avec maçonnerie de remplissage s'avère être un choix efficace pour atténuer les apports calorifiques. Il offre de bonnes performances thermiques.

Isolation : Ajuster l'épaisseur de l'isolant en fonction des différentes zones climatiques est crucial. Il est recommandé de se conformer aux exigences de la réglementation thermique algérienne pour chaque zone spécifique.

Zone A : 1 cm de polystyrène

Zone B : 2cm de polystyrène

Zone C : 2 cm de polystyrène

Zone D : 3cm de polystyrène

Zone E : 7cm de polystyrène

En prenant en compte ces recommandations, il est possible de rendre un appartement F3 plus confortable en été, en limitant les apports solaires et en assurant une meilleure isolation thermique

Conclusion générale :

L'objectif de notre recherche était de Vérifier la conformité thermique d'un bloc R+9 et d'un appartement F3 situé au dernier étage, conformément à la réglementation thermique algérienne dans toutes les zones climatiques, tant en hier qu'en été. Nous avons également cherché à minimiser au maximum les déperditions thermiques et les apports calorifiques.

Afin de réduire ces derniers paramètres on a proposé 3 Systèmes constructifs pour atteindre le but désiré.

Dans le cadre de notre recherche, nous avons examiné des aspects importants liés au confort thermique des bâtiments, notamment l'efficacité énergétique et les composants de l'isolation thermique. La compréhension de cette notion clé du confort thermique revêt une importance cruciale, car elle est directement liée à la conformité de notre bâtiment aux normes et réglementations en Vigueur. En comprenant ces concepts, nous sommes en mesure d'évaluer l'efficacité de notre construction et de prendre les mesures nécessaires pour garantir une performance thermique optimale et respecter les exigences en matière de réglementation thermique.

Le DTR et l'application LOGRT nous a permis de calculer les bilans thermiques des différents systèmes et pour toutes les zones climatiques en Algérie et de comparer entre eux.

Les calculs effectués ont permis de mettre en évidence l'impact des différents systèmes constructifs et des différentes épaisseurs de polystyrène sur la conformité du bâtiment dans toutes les zones climatiques en Algérie. L'objectif de notre travail était de comparer ces systèmes constructifs par rapport aux zones climatiques et aux différentes épaisseurs d'isolant afin de déterminer la solution la plus adaptée pour respecter la réglementation thermique algérienne.

Suit à nos analyses, il est apparu que le deuxième système constructif, à savoir le poteau poutre avec maçonnerie de remplissage, s'est avéré être la solution la plus efficace pour répondre à nos besoins en termes de conformité thermique. En ajustant simplement l'épaisseur de l'isolant, ce système a pu atteindre les exigences de la réglementation thermique en Vigueur. Il s'est donc avéré

CONCLUSION GENERAL

être la solution la plus adéquate pour assurer une performance thermique optimale et respecter les normes en matière de réglementation thermique.

Bibliographie :

<https://www.climamaison.com>

² <https://www.planete-energies.com/fr/media/article/energies-fossiles>

³ <https://youmatter.world/fr/definition/energies-renouvelables-definition>

⁴ https://fr.statista.com/infographie/25964/evolution-de-la-consommation-mondiale-energie-par-source/?fbclid=IwAR07nnewOLheXbp98s_ELdXVbXPP4CrGkBrpmHB6olkTJMSYpR-2Sfm0V_Y

⁵ https://www.energy.gov.dz/Media/galerie/bilan_energetique_2021_63df78f2b775e.pdf

⁶ https://www.energy.gov.dz/Media/galerie/bilan_energetique_2021_63df78f2b775e.pdf

⁷ <https://www.climamaison.com/>

⁸ 19. ALAIN M. et ARLETTE Z. Habitat traditionnel dans le monde éléments pour une approche» Etablissement humains et environnement socio-culturel. Sol. : UNESCO, Aout1983.

⁹ <https://journals.ametsoc.org/>

¹¹ <https://www.toutsurlisolation.com/>

¹² <https://www.climamaison.com/>

¹³ <https://particulier.hellio.com/>