

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
جامعة مولاي الطاهر، سعيدة  
UNIVERSITÉ DE SAÏDA - Dr MOULAY TAHAR



Faculté de technologie

Département de génie civil et de l'hydraulique

## PROJET DE FIN DE CYCLE

Présenté pour l'obtention du diplôme de master en génie civil

Spécialité : Structures

---

## Étude du confort thermique des bâtiments à usage d'habitation

---

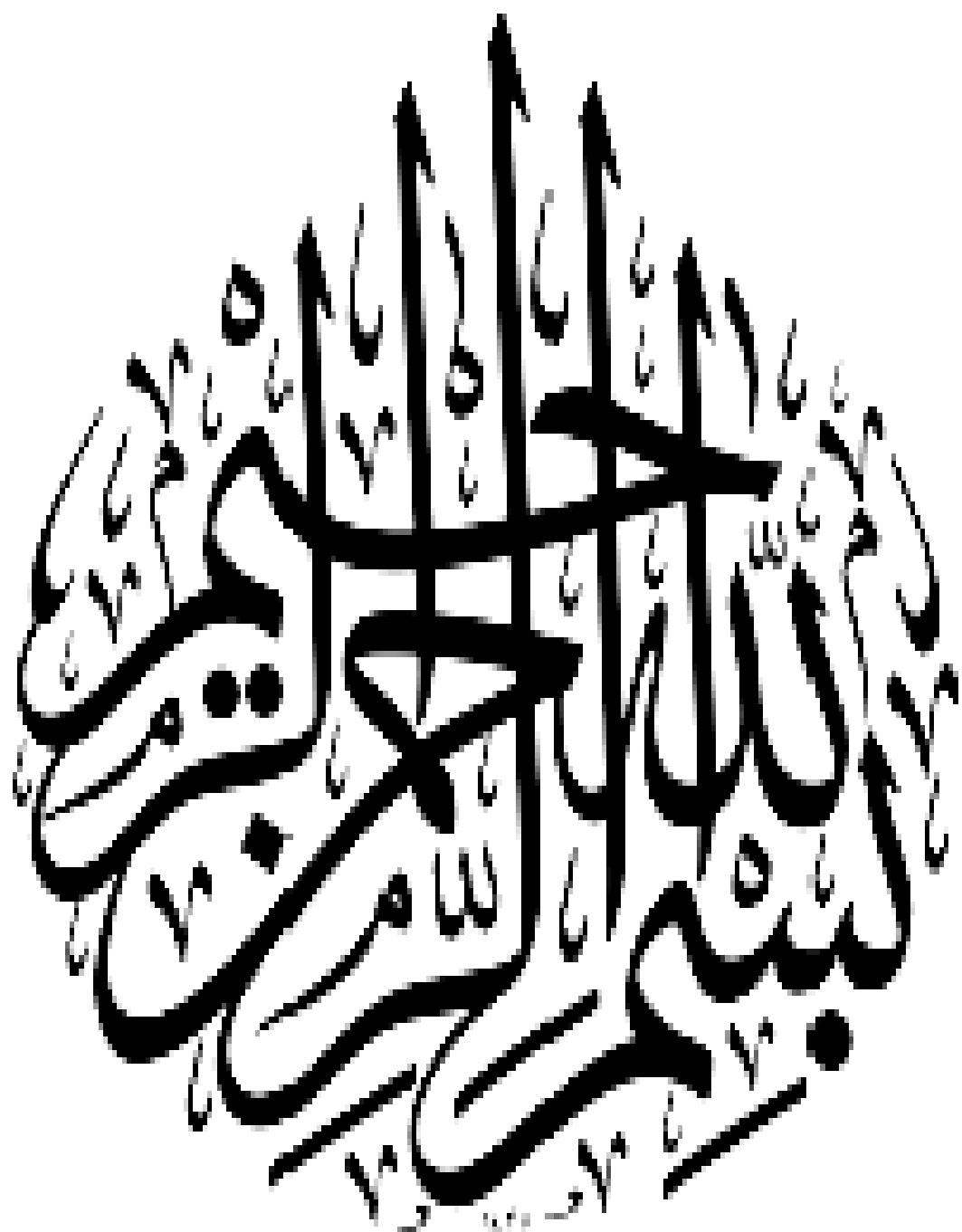
Présenté par :

**LARIBI MOKHTARIA AMIRA**  
**BOUTCHICHE AMINA SOUNDOUSS**

Soutenu le 18/ 06 / 2023, devant le jury composé de :

M. TOUIL B.	.....	Président
M. HACHEMI H.	.....	Encadreur
M. BELLIA Z.	.....	Examinateur

Année universitaire 2022/2023



## **Remerciements**

*Un mémoire, aussi nominatif ne peut être le fruit d'une seule personne mais c'est le labeur d'une mure réflexion collective.*

*D'emblée, je remercie **ALLAH** le tout puissant qui avec son pouvoir m'a donné le courage, l'enthousiasme, la volonté et la force pourachever ce travail.*

*Par la suite, je tiens à exprimer ma gratitude et ma reconnaissance à mon encadrant, **Dr. Hachemi Houari**, pour son appui, son aide, sa motivation, son honnêteté, sa crédibilité, et sa disponibilité ainsi sa patience et sa valable orientation.*

*Je voudrais profiter de cette occasion pour remercier tous les professeurs du département de Génie Civil & Hydraulique université **Dr. Moulay Taher** wilaya de Saida et spécialement **Dr. Yaghnem Redha** pour leurs efforts fournis durant mon parcours universitaire à construire mon savoir, mon savoir-faire et mon savoir-être.*

*Ainsi, j'offre mes sincères remerciements à ma source de motivation, le bureau d'étude de **M.Nouiri Faiçal** et son équipe : **Fatima, Mohamed, Faiçal et Amine** pour les informations données et la visée globale sur mon domaine.*

*Toute ma reconnaissance n'est partagée à toute personne qui m'a aidé à finir ce travail de recherche, de loin ou de pré.*



## Dédicace

*Je dédie ce mémoire à deux personnes chères qui représentent tout mon monde et qui illuminent ma vie, Mes parents, tandis que je fasse ou je dise je ne saurai jamais vous remercier pour votre présence totale ainsi votre amour éternel qui m'as fait une personne confidente, résiliente et chanceuse de vous honorer avec ce modeste travail.*

*Je tiens à dédie à mon âme sœur qui malgré son absence mais sa présence est toujours marqué dans mon cœur **Fatima Zohra** que dieu ait pitié*

*A mes chères frères : **Snouci AbdLatif et AbdelRahmen***

*A ceux qui m'arrosée de tendresse et d'espoirs à la source d'amour :  
**Oumria, Riham, fatima.***

*A mes Chères sœurs au monde : **Narimene, Malika, Rihem, Fatima Zohra, Tita, Hanaa, Nina, wided, Amel.***

*A Mes petites nièces avec ses petits cœurs se sont le plus beau cadeau de ma famille : **Nada ,Fatima Zohra, Ilef et Ritedj***

*A mes deux familles maternelles et paternelles : **Laribi, Alem, Mimouni, Fodil.***

*A ma grand-mère qui ma soutenu grâce à ses douaa que dieu te guérit le plus vite possible, a mes adorables tantes et mes oncles ainsi leurs petites familles à qui je compte beaucoup dans ma vie.*

*A des personnes qui avec j'ai partagé mes moments de bonheur, de tristesse, mes âme sœurs : **B.Soundouss, H.Khadidja, T.Asma.** Et mes adorables copines **B.Ines et Safia.***

*A la personne qui m'a toujours aidé **AOUCHICHE NOUREDDINE***

*A mon frère qui m'a orienté et m'as éclaircit mon parcours **MIMOUNI AMINE** et l'ingénieur Monsieur **B.MOUHAMED***

*LARIBI MOKHTARIA AMIRA*

## Dédicace

*À ma chance, la lumière qui brille ma vie ma très chère mère  
quoique je fasse ou que je dise, je ne saurai point te remercier comme il se  
doit, ton affection me couvre, ta bienveillance me guide et ta présence à  
mes côtés a toujours été une source de force pour affronter les différents  
obstacles.*

*À ma vie et ma raison de vivre, mon très cher père qui a toujours été  
à mes côtés pour me soutenir et m'encourager, l'éducation que tu nous as  
donnée aussi est irréprochable. Que ce travail traduit la gratitude et mon  
affection.*

*À mes très chères sœurs **Noussaiba** , **Kawtar** , **Douaa** et mes frère  
**Amjad** , **Hamza** , **Farouk** pour votre soutien qui a été d'une grande aide.*

*À mon joli cadeau de dieu, la cause de mon bonheur ma charmante  
sœur INESS*

*Mes petits nièces avec ses petits cœurs à la traine et le plus beau cadeau  
de ma famille : **Djibril** ,**Sam***

*À la personne qu'il m'a toujours donnes la motivation et qui compte  
trop pour moi merci d'être la à mes cotés*

*À cher copine **Amira** qui y'a toujours soutenu et aidé dans les  
moments difficiles qui avec j'ai partagé mes moment de bonheur .*

*À toute ma famille.*

*À mon âme sœur **SOFIA** que je l'aime trop et compte beaucoup pour  
moi*

*Puisse Allah vous donner santé, bonheur et réussite.*

**BOUTCHICHE AMINA SOUNDOUSS**

## ملخص

تتطلب مشكلة زيادة استهلاك الطاقة على المستوى الدولي ، وخاصة في مجال المباني ، حلولاً تقنية من حيث الراحة الحرارية للمساكن الجماعية أو الخاصة. هناك لوائح سارية مثل DTR C-3.2 و DTR C-3.4 ، على أساسها يمكننا التحقق من فقد الحرارة في الشتاء وكمية الحرارة في الصيف.

في هذا المشروع ، قمنا بفحص الراحة الحرارية لمسكن F3 في مبني جماعي ، بمواد عزل مختلفة وحلول مختلفة ، باستخدام برنامج حساب RETA. نتائج التعزيزات على غلاف الهيكل مشجعة للغاية ، من حيث العزل الحراري للمسكن وقويته.

**الكلمات المفتاحية:** الراحة الحرارية ، RETA ، العزل الحراري ، كفاءة الطاقة ، DTR C-3.2 ،

DTR C-3.4.

## Résumé

Le problème de la hausse de la consommation de l'énergie à l'échelle international , et surtout dans le domaine des bâtiments, exige des solutions techniques sur le plan du confortement thermique des résidences collectives ou particuliers.

Ils existent des réglementations en vigueur tel le DTR C-3.2 et le DTR C-3.4 , sur leurs base nous pouvons vérifier les déperditions calorifique en hivers et les apports calorifique en été.

Dans ce projet, on a vérifié le confortement thermique d'un logement F3 dans un bâtiment collectif, avec différentes matériaux d'isolation et différentes solutions, cela par l'utilisation du programme de calcul RETA .

Les résultats du confortements sur l'enveloppe de la structure est très encourageant, en terme d'isolation thermique du logement et de son confortement.

**Mots clés :** confortement thermique, RETA, isolation thermique, efficacité énergétique, DTR C-3.2 , DTR C-3.4.

## Abstract

The problem of the increase in energy consumption on an international scale, and especially in the field of buildings, requires technical solutions in terms of the thermal comfort of collective or private residences.

There are regulations in force such as the DTR C-3.2 and the DTR C-3.4, on their basis we can check the heat losses in winter and the heat intake in summer. In this project, we checked the thermal comfort of an F3 dwelling in a collective building, with different insulation materials and different solutions, using the RETA .

calculation program. The results of reinforcements on the envelope of the structure are very encouraging, in terms of thermal insulation of housing and its reinforcement.

**Keywords:** thermal comfort, RETA, thermal insulation, energy efficiency, DTR C-3.2, DTR C-3.4.

## ***Sommaire***

Remerciement.....	I
Dédicace.....	II
Résumé.....	IV
Sommaire.....	VII
Liste des figures.....	X
Liste des tableaux.....	XIII
<b>Introduction générale.....</b>	<b>1</b>

### **Chapitre I : Généralités sur la consommation et la performance énergétique du bâtiment**

<b>I. Introduction :.....</b>	<b>3</b>
I.2.consommation énergétique dans le secteur du bâtiments.....	3
I.2.1.Contexte mondial.....	3
I.2.2. Contexte Algérienne.....	5
I.2.3. Contexte local (Saïda) :.....	8
I.2.4. Enjeux énergétiques et environnementaux :.....	9
I. 3.Le besoin d'énergie dans le bâtiment.....	11
1.3.1. Consommation énergétique des logements anciens et récents.....	11
1.3.2.Classification énergétique des bâtiments :.....	12
1.4. Performance énergétique des bâtiments :.....	14
1.4 .1. Solution et technique : .....	14
1.4 .1.1.Solution passives .....	14
1.4 .1.2.Solution actives :.....	16
1.5 Matériaux utilisé dans l'isolation thermique .....	16
I.6. Programme algérien des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique : .....	23
I.6.1 Ressources d'énergie .....	24
I.6.2 Potentiel solaire .....	24
I.6.3 Potentiel géothermique.....	25
I.7. Conclusion .....	26

### **Chapitre II: Réglementation et notions sur la thermique de bâtiment**

II.1 Introduction .....	27
II.2. Normes pour l'évaluation du confort thermique de l'habitation .....	27
II.2.1 Critères de base : .....	27
II.2.1.1 Température opérative :.....	28
II.2.1.2 Humidité relative:.....	28
II.2.1.3 Qualité de l'air intérieur:.....	30
II.2.1.4 Vitesse de l'ai:.....	30
II.2.2 Réglementations internationales :.....	31
I.2.2.1 Norme ASHRAE (USA) :.....	32
I.3.2.2 Norme RT 2012 (France) :.....	32
II.2.3 Réglementation thermique Algérienne :.....	34
II.2.3.1. Documents techniques règlementaires (DTR) :.....	34
II.3. Climat :.....	36
II.3.1.Zone climatique en Algérie :.....	38
II.3.2.Climat de la wilaya de Saida : .....	38
II.4 Mode de transfert de chaleur :.....	41

## Sommaire

---

II.5. DEPERDITIONS THERMIQUES.....	47
II.5.1 : Expression général des déperdition.....	47
II.5.2 : Relation entre les déperditions du logement et les déperditions des volume.....	48
II.5.3 : Les apports d'énergie dans les bâtiments.....	49
II.6: Les Ponts thermiques .....	50
II.6.1. Types de ponts thermiques.....	51
II.6.2 Traitement d'un pont thermique:.....	53
II.7. Conductivité thermique .....	53
II.8. Résistance thermique R .....	54
II.9. Inertie thermique .....	55
II.10 Conclusion.....	55

## Chapitre III: Présentation du logiciel et du projet et Résultats du logiciel

III.1. Présentation du logiciel.....	56
III.1.1. Introduction:.....	56
III.1.2..Application RETA : .....	56
III.1.3. Écran d'accueil.....	57
III.1.4. Créer un projet .....	58
III.1.5 .Enveloppe .....	59
III.1.6.Panneau enveloppes .....	59
III.1.7.Charger une enveloppe :.....	59
III.1.8.Les parois:.....	60
III.1.9. Composition de la porte.....	65
III.1.10.Renouvellement d'air :.....	66
III.1.11. Enveloppe à usage d'habitation :.....	66
III.1.12 Chauffage :.....	66
III.1.13 Calcul :.....	67
III.2 Présentation du projet :.....	68
III.2.1 Introduction :.....	68
III.2.2 Présentation du bloc :.....	68
III.3 Réglementation et outil de calcul utilisé :.....	71
III.4 Les étapes de calcul d'un bilan thermique des bâtiments :.....	72
III.4.1 Calcul de la résistance thermique et le coefficient K de RDC :.....	72
III.4.2. Calculs des déperditions calorifiques et des apports calorifiques de la maison .....	72
III.4.3. Calcul des déperditions thermiques totales et de références de RDC .....	73
III.4.4 Calcul des apports calorifiques totaux et de références de RDC .....	73
III.4.5 Calcul de la résistance thermique et le coefficient K de 1er étage.....	73.
III.4.6.Calculs des déperditions calorifiques et des apports calorifiques de la maison ancien ( étage courant) .....	73
III.4.7 Calcul des déperditions thermiques totales et de références de 1er étage .....	73
III.4.8.Calcul des apports calorifiques totaux et de références de 1er étage.....	73
III.5. Calcul de la résistance thermique et le coefficient K de maison moderne.....	74
III.6. CONCLUSION .....	74

## Chapitre IV: Discussion et présentation des solutions

IV.1. Introduction.....	75
IV.2. Etude paramétrique.....	75
IV.2.1. Cas n°01:Appartement sans Confortement.....	75
IV.2.2. Cas n°02:Appartement avec Confortement.....	76

---

## Sommaire

---

IV.2.3. Cas n°03:Appartement avec Confortement.....	78
IV.2.4. Cas n°04:Appartement avec Confortement.....	79
IV.2.5. Cas n°05:Appartement avec Confortement.....	81
IV.2.6. Cas n°06:Appartement avec Confortement.....	82
IV.4. Conclusion .....	86
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>87</b>
<b>Références Bibliographiques.....</b>	<b>88</b>

# Liste des figures

---

## Liste des figures

<b>Figure I-1:</b> Part mondiale des bâtiments et de la construction dans la consommation finale d'énergie [39].....	04
<b>Figure I-2:</b> Évolution des facteurs mondiaux de l'augmentation de la consommation énergétique et des émissions des bâtiments (2010-2019) [39].....	05
<b>Figure I.3:</b> consommation national d'énergie par les 3 secteurs principaux .....	07
<b>Figure I.4:</b> consommation national en électricité et gaz naturel .....	08
<b>Figure I.5:</b> Consommation moyenne d'énergie primaire par habitant et par an [5] .....	10
<b>Figure I.6:</b> Schéma montrant la consommation d'énergie selon la date de construction et les choix écologiques [10] .....	12
<b>Figure I.7:</b> les classe énergétiques . [6] .....	13
<b>Figure I.8:</b> Comportement thermique du bâtiment ancien et du bâtiment moderne.....	17
<b>Figure I.9:</b> Comportement thermique du bâtiment en hiver et en été.....	18
: laine de verre [9] .....	19
<b>Figure I.11 :</b> laine roche [9].....	19
<b>Figure I.12 :</b> panneau de ouate cellulose / et en vrac [9].....	20
<b>Figure I.13 :</b> Plaques de polystyrène / et en libre [9] .....	20
<b>Figure I.14 :</b> Schéma simplifié d'une isolation par l'extérieur [9].....	21
<b>Figure I.15 :</b> Schéma simplifié d'une isolation par l'intérieur. [10].....	21
<b>Figure I.16:</b> les différents types des isolants thermiques [11] .....	22
<b>Figure I.17 :</b> Objectifs du programme algérien des énergies renouvelables (portail.cder.dz) [11] .....	23
<b>Figure I.18:</b> Irradiation solaire globale reçue sur plan incliné à la latitude du lieu : moyenne annuelle (Mefti et al., 2002) [12] .....	25
Figure I-19 : (a) Principales zones géothermiques en Algérie (Fekraoui et Abouriche, 1995) et (b) carte de répartition du gradient géothermique en Algérie (Gouareh et al., 2015) [13] .....	25
<b>Figure II-1 :</b> Augmentation en pourcentage de la consommation d'énergie de toute la maison par rapport au cas .[36] .....	29
<b>Figure II-2 :</b> Distribution des concentrations médianes de CO2 .....	30

---

## Liste des figures

---

<b>Figure II-3</b> : Evolution des exigences réglementaire de consommation énergétique des bâtiments neufs.....	34
<b>Figure II.4</b> : Classification du climat en Algérie.....	38
<b>Figure II. 5</b> : Précipitations moyennes mensuelles.....	39
<b>Figure II.6</b> : Régime saisonnier de la zone d'étude (1980 - 2005) .....	40
<b>Figure II.7</b> : Taux d'humidité relative et inconfort par rapport à la température .....	41
<b>Figure: II.8</b> ; Transfert de chaleur par conduction .....	42
<b>Figure: II.9</b> : conduction dans un mur de conductivité .....	42
<b>Figure II.10</b> : Transfert de chaleur par convection.....	44
<b>Figure II.11</b> : Transfert de chaleur par rayonnement .....	45
<b>Figure: II.12</b> :Répartition en % des déperditions pour une maison .....	46
<b>Figure: II.13</b> :Répartition en % des déperditions pour un immeuble.....	47
<b>Figure II.14</b> :Apports d'énergie dans les bâtiments .....	49
<b>Figure II.15</b> : Perte de chaleur à travers un pont thermique.....	50
<b>Figure II.16</b> :Ponts thermiques de liaison .....	51
<b>Figure II.17</b> :Ponts thermiques intégrés .....	52
<b>Figure II.18</b> : Conductivités thermiques de quelques matériaux.....	54
<b>FigureIII.1</b> : Ecran d'accueil .....	58
<b>FigureIII.2</b> : Créer un projet (données thechniques).....	58
<b>FigureIII.3</b> : Créer un projet (description) .....	59
<b>FigureIII.4</b> : Écran enveloppe chargée.....	60
<b>Figure III.5</b> : Crée une nouvelle paroi.....	60

## Liste des figures

---

<b>Figure III.6:</b> Écran liste des parois .....	61
<b>Figure III.7:</b> Écran panneau synthèse et manipulation des données d'une paroi .....	62
<b>Figure III.8 :</b> Écran onglet composition d'une paroi vitrée .....	62
<b>Figure III.9:</b> Écran protection de la paroi vitrée en hiver.....	63
<b>Figure III.10:</b> Écran protection été pour un vitrage simple .....	64
<b>Figure III.11 :</b> protection été pour un vitrage double.....	64
<b>Figure III.12 :</b> Écran protection été pour une fenêtre double.....	65
<b>Figure III.13:</b> Écran définition de la composition d'une porte .....	65
<b>Figure III.14 :</b> Écran onglet de composition d'une porte avec synthèse complète des calculs.....	66
<b>Figure III.15:</b> Écran chauffage de l'enveloppe .....	67
<b>Figure III.16 :</b> Écran synthèse des calculs et vérification réglementaire du projet .....	67
<b>Figure III.17 :</b> Plan de situation .....	68
<b>Figure III.18 :</b> Façade principale de bloc .....	69
<b>Figure III.19 :</b> Façade postérieur de bloc .....	69
<b>Figure III.20 :</b> Plan de RDC.....	70
<b>Figure III.21 :</b> Plan de étage courant.....	71
<b>Figure IV.1:</b> Profile de température de l'intérieur vers l'extérieur cas n°01 .....	76
<b>Figure IV.2:</b> Profile de température de l'intérieur vers l'extérieur cas n°02 .....	78
<b>Figure IV.3:</b> Profile de température de l'intérieur vers l'extérieur cas n°03 .....	79
<b>Figure IV.4:</b> Profile de température de l'intérieur vers l'extérieur cas n°04 .....	81
<b>Figure IV.5:</b> Profile de température de l'intérieur vers l'extérieur cas n°05 .....	82
<b>Figure IV.6:</b> Profile de température de l'intérieur vers l'extérieur cas n°06 .....	84

---

## Liste des Tableaux

<b>Tableau I .1 :</b> Consommation finale par produit .....	06
<b>Tableau I .2 :</b> Consommation finale par secteur .....	06
<b>Tableau I. 3:</b> Consommation Gaz et électricité.....	07
<b>Tableau I. 4 :gaz et électricité de la wilaya de Saida .....</b>	09
<b>Tableau I.5 :</b> Potentiel solaire en Algérie par région .....	24
<b>Tableau II-1 :</b> Exigences de confort thermique pour différents types de lieux.....	31
<b>Tableau II .2 :</b> Comparaison entre les différents règles du calcul (DTR) .....	36
<b>Tableau IV.1:</b> Composition des parois sans confortement cas n°01.....	75
<b>Tableau IV.2 :</b> Echanges thermiques par transmission cas n°0 .....	76
<b>Tableau IV-3:</b> Composition des parois avec confortement au moyen de polystyrène cas n°02.	
.....	77
<b>Tableau IV.4 :</b> Echanges thermiques par transmission cas n°02 .....	77
<b>Tableau IV-5:</b> Composition des parois avec confortement au moyen de polystyrène cas n°03 .....	77
<b>Tableau IV.6 :</b> Echanges thermiques par transmission cas n°03 .....	79
<b>Tableau IV-7:</b> Composition des parois avec confortement au moyen de polystyrène cas n°04 .....	80
<b>Tableau IV.8 :</b> Echanges thermiques par transmission cas n°04 .....	80
<b>Tableau IV-9:</b> Composition des parois avec confortement au moyen de polystyrène cas n°05 .....	81
<b>Tableau IV.10 :</b> Echanges thermiques par transmission cas n°05 .....	82
<b>Tableau IV.11:</b> Composition des parois avec confortement au moyen de polystyrène cas n°06 .....	83
<b>Tableau IV.12 :</b> Echanges thermiques par transmission.....	83
<b>Tableau IV.13 : Récapitulation des échanges thermiques par transmission .....</b>	84



## *Introduction Générale*

## **Introduction Générale**

**L**a population mondiale a atteint 8 milliards d'individus en novembre 2022, après 7 milliards d'individus en 2011. En Algérie le nombre d'habitants est passé à 45,4 millions au 1er janvier 2022 contre 44,6 millions au 1er janvier 2021, cette augmentation dans la population implique une croissance dans le secteur de l'habitat.

**L**e développement du secteur de bâtiment avec l'évolution du niveau de vie, a engendré une consommation de l'énergie de 40% de la production , ce qui a contribue de 30% d'émission de gaz polluent. A cet effet la réduction de la consommation d'énergie par l'amélioration de l'isolation thermique des bâtiments est devenu une priorité dans l'industrie du bâtiment actuelle.

**L**'étude thermique d'un bâtiment vise à mesurer l'efficacité énergétique d'une habitation à construire, cette analyse nous permettre de donner des solutions sur les différents matériaux pour une meilleure isolation ou pour l'installation du système de climatisation. La réglementation thermique s'est des normes qui définissent les exigences minimales pour la performance énergétique des bâtiments. Elles ont pour but de réduire la consommation d'énergie des bâtiments. Les normes thermiques peuvent varier selon les pays et les régions, mais elles ont toutes pour but de favoriser la construction de bâtiments plus économies en énergie.

**L**e confort thermique d'un bâtiment est l'étude de la façon dont la chaleur est transférée dans les bâtiments et comment elle peut être maintenue à une température confortable. Cela implique l'analyse des propriétés thermiques des matériaux de construction, des systèmes de chauffage et de refroidissement, de la ventilation et de l'isolation thermique. La thermique de bâtiment est importante pour concevoir des bâtiments économies en énergie et confortables pour les occupants.

**L**e présent travail a pour objectif de réalisé une étude thermique d'une habitation moderne, cette études nous permettre d'identifier les zones où la chaleur s'échappe de l'habitation et prendre des mesures pour l'isolation thermique on ce basant sur le document

technique réglementaire (**DTR C-3-2**) (**DTR C-3-4**) . Cela peut aider à réduire les factures d'énergie et à rendre la maison plus confortable.

Pour atteindre à nos objectifs nous avons choisi une étude approfondie afin de pouvoir répondre à la problématique posée :

- 1/ Comment réduire l'énergie avec les matériaux d'isolation thermique ?
- 2/ Quel et la réglementation opter et les notions sur la thermique du bâtiment ?
- 3/ Quel logiciel utiliser pour aboutir à nos objectifs ?

Le mémoire s'articule en quatre chapitres:

Le premier chapitre consiste à donner des généralités sur la consommation et la performance énergétique du bâtiment et celle du logement ancien et moderne.

Le deuxième chapitre traite la réglementation choisir et les notions sur la thermique du bâtiment ainsi que les normes pour l'évaluation du confort thermique.

En troisième chapitre nous présenterons le logiciel de Réglementation Thermique Algérienne **RTA** et la présentation du projet.

En dernier, le quatrième chapitre c'est une étude paramétrique du confortement d'un appartement F3 avec différents matériaux d'isolation, à la wilaya de Saida.



**Généralités sur la consommation et  
la performance énergétique du  
bâtiment**

## I. Introduction :

L'énergie est un produit vital, elle est utilisée dans l'activité humaine sous différentes formes notamment mécanique, thermique, chimique, électrique et nucléaire, permettant à chacune des utilisations différentes. Considérée aussi comme un bien social, l'énergie nous fait vivre et assure notre bien-être. Le bâtiment avec ses différents secteurs (habitation, tertiaire, résidentiel, ...) utilise cette énergie pour répondre aux multiples besoins et confort (éclairage, cuisson, chauffage, climatisation, etc.). L'énergie utilisée pendant la construction, la rénovation et l'utilisation d'un bâtiment peut être calculée de façon globale et considérablement réduite. Une évaluation globale du bâtiment nécessite de prendre en compte la consommation d'énergie lors de sa fabrication, son fonctionnement et sa démolition .La flambée de la consommation d'énergie dans le monde durant ces dernières décennies est un fait incontestable, la consommation énergétique est restée très vorace.

### I.2. consommation énergétique dans le secteur du bâtiments

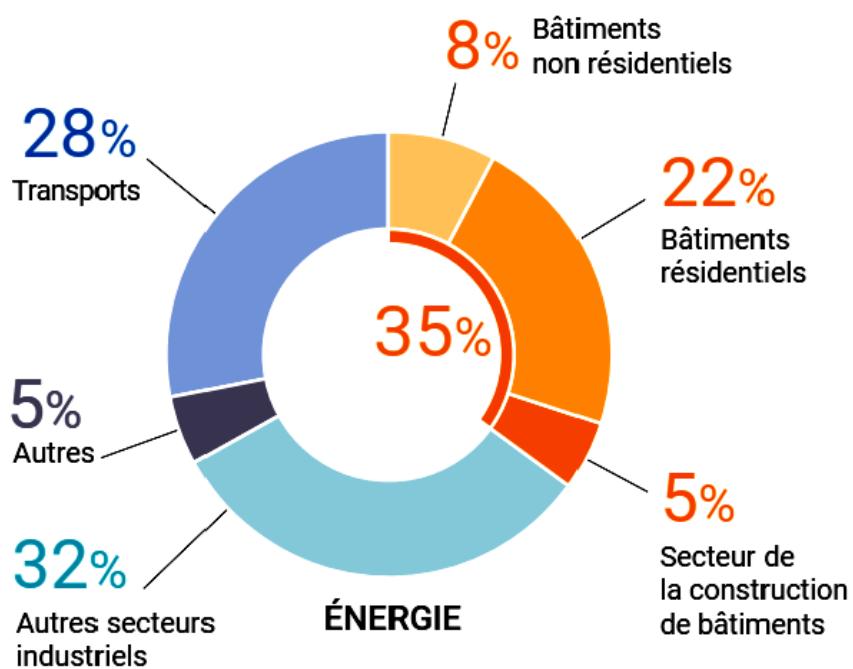
La **consommation énergétique de la construction** (la consommation énergétique des bâtiments) forme une bonne part de la consommation énergétique mondiale. Le secteur de la construction consomme jusqu'à 40 % de toute l'énergie et contribue jusqu'à 30 % des émissions annuelles mondiales de gaz à effet de serre. Étant donné la croissance massive de la construction neuve dans les économies en transition et l'inefficacité du parc immobilier existant dans le monde, si rien n'est fait, les émissions de gaz à effet de serre des bâtiments vont plus que doubler au cours des 20 prochaines années

#### I.2.1. Contexte mondial

Les bâtiments représentent 30 % à 40 % de la consommation d'énergie primaire dans la plupart des pays (voir figure I-1). L'augmentation non supportable à long terme de la consommation d'énergie dans tous les secteurs est liée à la croissance de la population mondiale (prévue pour être supérieure de presque 50 % en 2050 par rapport à 2000) et à l'augmentation de la consommation d'énergie par personne liée à l'augmentation des niveaux de vie [1].

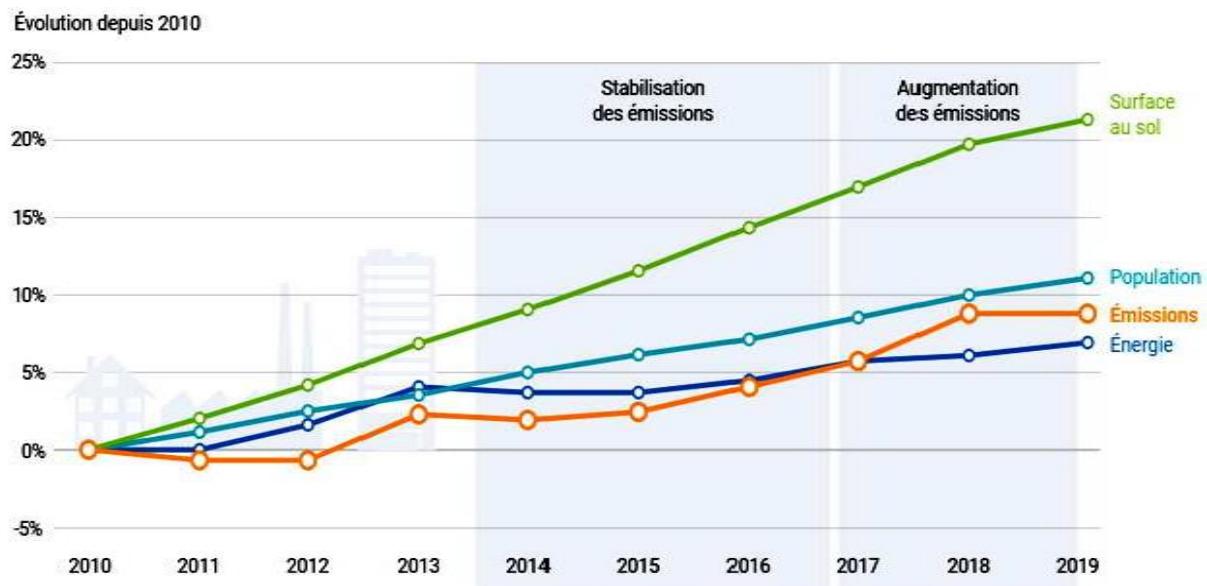
L'enjeu crucial est de concilier la croissance démographique et la hausse des niveaux de vie dans les pays émergents, tout en construisant un futur durable à l'échelle mondiale.

L'Agence internationale de l'énergie (AIE) a lancé un appel en faveur d'une réduction globale de 77 %, soit 48 gigatonnes d'émissions de CO<sub>2</sub> en-dessous des émissions prévues dans le scénario de référence pour tous les secteurs d'ici à 2050. En tenant compte des émissions à la fois directes et indirectes, les bâtiments représentent environ 18,2 gigatonnes de cette réduction de 48 gigatonnes. L'AIE, pour sa part, demande une réduction de 8,2 gigatonnes des émissions directes, grâce à un plan de mesures destinées à améliorer la performance énergétique des bâtiments [1].



**Figure I-1:** Part mondiale des bâtiments et de la construction dans la consommation finale d'énergie [39]

Les réductions nécessaires en termes de pourcentage pour chaque bâtiment individuel ou chaque segment de marché peuvent différer considérablement de cet objectif absolu, selon la géographie, le climat, les conditions économiques et les habitudes de consommation. Les bâtiments peuvent également aider à réduire les émissions de carbone générées par la production électrique, en développant la production locale sur site et d'autres technologies de production locale plus efficaces. [1]



**Figure I-2:** Évolution des facteurs mondiaux de l'augmentation de la consommation énergétique et des émissions des bâtiments (2010-2019) [39]

### . I.2.2. Contexte Algérienne

L'Algérie est un pays qui jouit d'une position relativement enviable en matière énergétique. Les réserves en hydrocarbures dont il dispose et les niveaux actuels de consommation nécessaires à la couverture de ses besoins propres lui permettent de rester serein pour quelques temps encore. Dans l'immédiat, le problème énergétique de l'Algérie est un problème qui se pose en terme de stratégie de valorisation de ses ressources pour les besoins du développement du pays, de choix d'une véritable politique énergétique à long terme et de définition d'un modèle cohérent de consommation énergétique couvrant le court et le moyen terme, avant la date fatidique de l'épuisement de ces ressources fossiles stratégiques [40].

## 2. Consommation Finale

La consommation d'énergie finale en 2021 est de 50,2 M Tep. 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.

L'évolution de la consommation finale, par produit, est détaillée ci-après :

**Tableau 1-1 : Consommation finale par produit**

Produit	Unités	2020	2021	Evolution	
				Quantité	(%)
<b>Produits pétroliers<sup>12</sup></b>	<b>K Tep</b>	<b>13 135</b>	<b>13 686</b>	<b>551</b>	<b>4,2</b>
	<b>K Tonnes</b>	<b>12 569</b>	<b>13 099</b>		
<b>Gaz naturel</b>	<b>K Tep</b>	<b>16 843</b>	<b>17 930</b>	<b>1 087</b>	<b>6,5</b>
	<b>10<sup>6</sup> m<sup>3</sup></b>	<b>17 823</b>	<b>18 974</b>		
<b>Électricité</b>	<b>K Tep</b>	<b>13 614</b>	<b>15 348</b>	<b>1 733</b>	<b>12,7</b>
	<b>GWh</b>	<b>58 898</b>	<b>63 442</b>		
<b>GPL</b>	<b>K Tep</b>	<b>2 853</b>	<b>3 157</b>	<b>304</b>	<b>10,6</b>
	<b>K Tonnes</b>	<b>2 418</b>	<b>2 675</b>		
<b>Coke sidérurgique</b>	<b>K Tep</b>	<b>10</b>	<b>47</b>	<b>38</b>	<b>377,9</b>
	<b>K Tec</b>	<b>14</b>	<b>68</b>		
<b>Autres : Bois</b>	<b>K Tep</b>	<b>11</b>	<b>2</b>	<b>-8</b>	<b>-76,6</b>
	<b>K Tec</b>	<b>54</b>	<b>13</b>		
<b>TOTAL</b>	<b>K Tep</b>	<b>46 466</b>	<b>50 171</b>	<b>3 705</b>	<b>8,0</b>

La Tep est l'unité qui représente la quantité d'énergie obtenue sous forme de chaleur par la combustion d'une tonne de pétrole. 1 Gtep = 1 milliard de tep. 1 tep = 11 630 kWh.

Du tableau ci-dessus, il ressort ce qui suit :

Ci après, la consommation finale par secteur pendant la dernière décennie, qui montre le secteur de bâtiments comme le plus grand consommateur d'énergie.

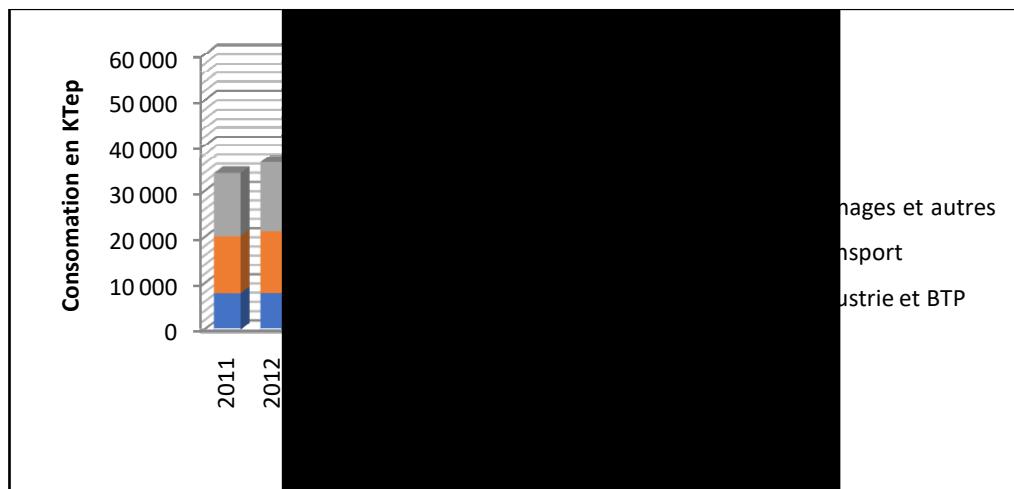
**Tableau 1-2: Consommation finale par secteur [14]**

<b>K Tep</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>
<b>Industrie et BTP</b>	7 890	7 939	8 229	8 241	8 818	9 242	9 943	10 450	11 379	10 911	12 220
<b>Transport</b>	12 370	13 371	13 889	14 551	15 495	15 057	14 895	15 281	15 003	13 499	14 520
<b>Ménages et autres, dont:</b>	13 721	15 068	16 425	16 579	18 145	18 584	19 808	22 414	23 263	22 056	23 431
Résidentiel	9 803	11 077	12 269	12 597	13 925	14 196	15 003	17 637	18 466	17 299	18 053
Agriculture	350	373	248	421	406	416	440	362	384	565	672
Tertiaires et autres										4 192	4 706
<b>Total</b>	<b>33 982</b>	<b>36 377</b>	<b>38 543</b>	<b>39 371</b>	<b>42 458</b>	<b>42 883</b>	<b>44 646</b>	<b>48 146</b>	<b>49 645</b>	<b>46 466</b>	<b>50 171</b>

- Hausse appréciable de la consommation finale d'électricité (12,7%), passant de 13,6 M Tep en 2020 à 15,3 M Tep en 2021, en raison de la croissance (4,7%) du nombre des clients de Sonelgaz

à près de 11,0 millions d'abonnés en 2021, et par conséquent une hausse des besoins en électricité ;

- Hausse de la consommation finale du gaz naturel (6,5%) à 17,9 M Tep en 2021, tirée par l'accroissement de la consommation des clients de Sonelgaz, dont ceux du secteur des ménages (5,1%) et clients industriels (10,9%). Le nombre d'abonnés de Sonelgaz est passé à 6,9 Millions d'abonnés, en hausse de 6,8% par rapport à 2020.

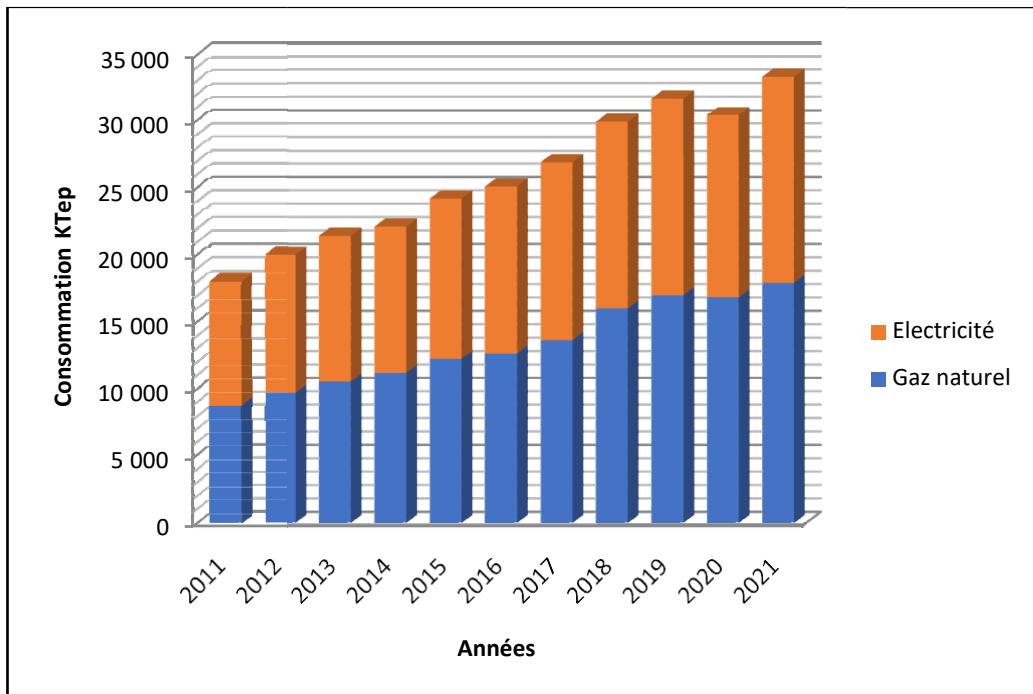


**Figure I.3:** Consommation nationale d'énergie par les trois secteurs principaux

**Tableau I-3 :** Consommation gaz naturel et électricité [14]

Produit	Unités	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Gaz naturel	K Tep	8 750	9 710	10 562	11 207	12 248	12 654	13 655	16 024	17 002	16 843	17 930
	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	9 198	10 275	11 177	11 860	12 961	13 390	14 449	16 956	17 992	17 823	18 974
Électricité	K Tep	9 258	10 304	10 878	10 918	11 966	12 476	13 270	13 926	14 686	13 614	15 348
	GWh	35 869	40 777	43 156	45 766	50 152	52 289	56 376	58 153	61 716	58 898	63 442

La consommation d'électricité et de gaz naturel a connue une hausse dans la dernière décennie, d'où la consommation de gaz naturel en terme de quantité d'énergie à dépasser la consommation d'électricité environ 2000 Ktep.



**Figure I.4:** Consommation nationale en électricité et gaz naturel

### I.2.3. Contexte local (Saïda) :

La Wilaya est située dans les Hauts-Plateaux Ouest du pays, et elle s'étend sur une superficie de **6765,40 km<sup>2</sup>**.

Le climat est semi-aride, chaud et sec en été et froid en hiver avec gelées fréquentes. La moyenne pluviométrique est d'environ 348 mm/an[4].

Bref survol de la wilaya:

<b>Superficie (km<sup>2</sup>)</b>	6765,40
<b>Population(HAB.)</b>	370439 (estim.2015)
<b>Densité</b>	55 Hab/KM <sup>2</sup>
<b>Nbre de daïras</b>	06
<b>Nbre de communes</b>	16
<b>Taux d'électrification urbaine (%)</b>	95,75 %
<b>Taux de couverture en gaz de ville(%)</b>	60 %

La consommation en électricité et en gaz sur tous le territoire de la wilaya est présenté au tableau ci dessous, qui montre une augmentation dans la demande en gaz naturel de presque 25% depuis 2018 et une hausse d'environ 33% en électricité.

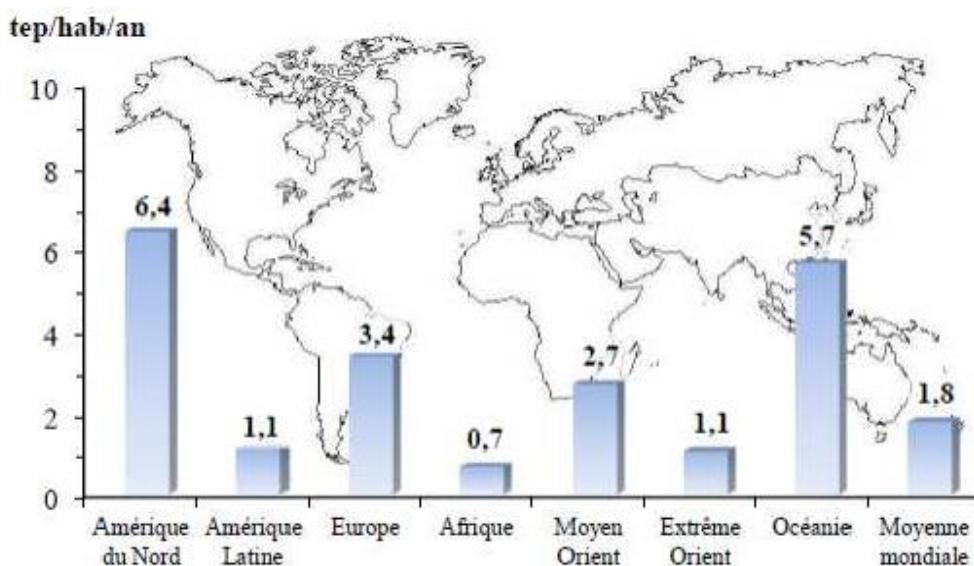
**Tableau I-4:** Gaz et électricité de la wilaya de Saida [4]

Produit	Unités	2018	2019	2020	2021	2022
<b>Gaz naturel</b>	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	106.933	113.653	120.635	116.507	132.558
<b>Electricité</b>	GWh	241.069	260.122	277.205	314.541	322.805

#### I.2.4. Enjeux énergétiques et environnementaux :

Considérant l'équilibre entre l'énergie et l'environnement, L'efficacité énergétique des bâtiments existants est essentielle. efficacité L'énergie devient rapidement l'un des grands enjeux de notre époque et les bâtiments L'un des principaux composants. Selon le Conseil mondial des entreprises Développement durable, les bâtiments consomment plus d'énergie que tout autre secteur, Par conséquent, il contribue de manière significative au changement climatique. De plus, aucune action Des milliers de nouveaux bâtiments seront bientôt construits gratuitement Efficacité énergétique et millions de bâtiments existants consommant plus d'énergie Même en 2050, nous en aurons plus que nécessaire. Agir maintenant, implique de réduire leur

consommation d'énergie et faire de réels progrès dans la lutte contre le changement climatique Climat. Cependant, la plupart des propriétaires d'immeubles et des résidents ne conviennent pas Informé sur la consommation d'énergie et ne s'en soucie pas suffisamment. La demande mondiale d'énergie primaire a augmenté rapidement en raison e l'augmentation de la population et industrialisation (Figure I-4). plus d'un tiers de la demande énergétique Monde est utilisé dans l'espace de vie. [5]



**Figure I.5 :** Consommation moyenne d'énergie primaire par habitant et par an [5]

Sur le plan national, le problème énergétique de l'Algérie est un problème qui se pose en terme de stratégie de valorisation de ses ressources pour les besoins du développement du pays, de choix d'une véritable politique énergétique à long terme et de définition immédiate d'un modèle cohérent de consommation énergétique couvrant le court et le moyen terme, avant la date fatidique de l'épuisement de ces ressources fossiles stratégiques. Dans ce contexte, la loi algérienne sur la maîtrise de l'énergie et les nouveaux textes réglementaires mis en sont venus fixer le modèle de consommation énergétique national et définir le cadre général des différentes actions à mener pour parvenir le plus rapidement possible à une rationalisation de l'emploi des énergies disponibles et à une meilleure maîtrise de la consommation énergétique. Outre la nécessaire diversification énergétique qui vise essentiellement une rapide intégration des énergies renouvelables (solaire 4 L'énergie primaire correspond à l'énergie brute non transformée après

extraction. Un bilan de consommation en énergie primaire permet la mesure du taux d'indépendance énergétique d'un pays. photovoltaïque et thermique, éolienne, géothermique, biomasse) dont dispose en abondance l'Algérie, le développement des économies d'énergie est un axe très important de la démarche préconisée par cette loi. La consommation d'énergie peut être considérablement réduite. Mise en œuvre de stratégies d'efficacité énergétique dans les bâtiments. Le programme vise à favoriser la mise en œuvre de pratiques et de technologies innovantes. Autour de l'isolation du bâtiment. Des mesures appropriées seront prises. Le niveau de la phase de conception architecturale de l'appartement. Nous prévoyons également de promouvoir Pénétration massive d'équipements et d'appareils performants sur le marché local, Notamment les chauffe-eau solaires et les lampes à économie d'énergie : l'objectif est d'améliorer Économie d'énergie et vie confortable. création industrielle Isolation localisée et appareils et équipements de forte puissance (chauffe-eau solaires) lampes à économie d'énergie) est l'un des atouts pour le développement de l'efficacité. l'énergie dans ce domaine. total plus de 30 millions de tonnes Des économies d'ici 2030. [5]

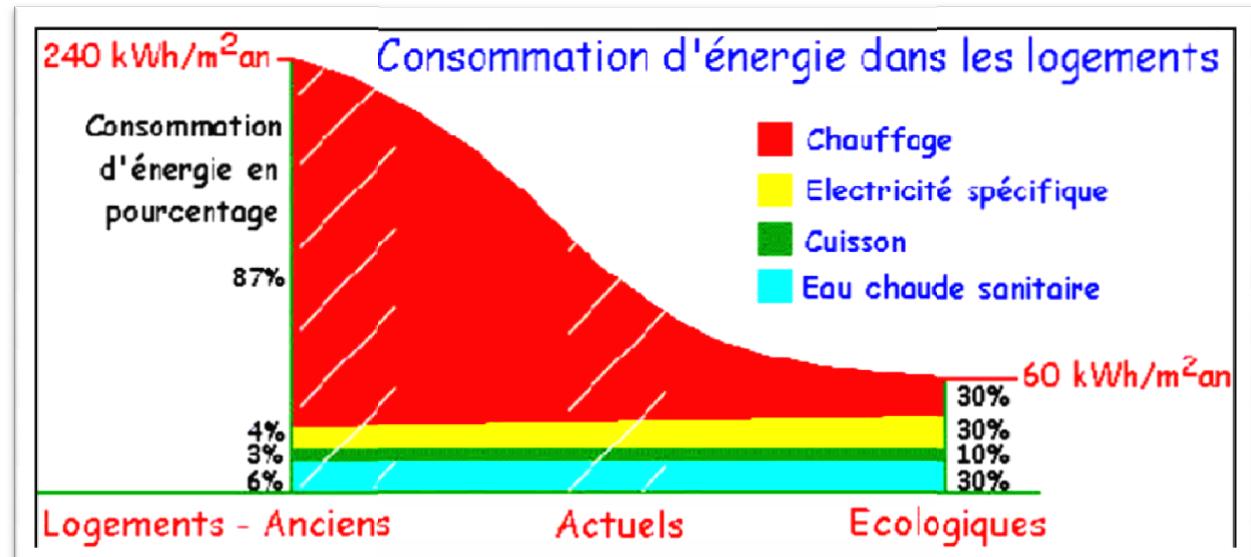
## I. 3. Le besoin d'énergie dans le bâtiment

### 1.3.1. Consommation énergétique des logements anciens et récents

Il est généralement admis que les logements anciens ont une consommation énergétique plus élevée que les logements récents, bien que cela dépende de nombreux facteurs tels que l'isolation, les systèmes de chauffage et de climatisation, l'emplacement et la taille du logement. Les logements anciens ont souvent de mauvaises performances énergétiques en raison d'une isolation insuffisante et de systèmes de chauffage obsolètes. Ils peuvent ainsi consommer jusqu'à trois fois plus d'énergie que les logements neufs alors que les logements récents bénéficient de normes de construction plus élevées et sont conçus pour minimiser la perte de chaleur et la consommation d'énergie. Grâce à des systèmes de chauffage et de climatisation plus performants, une isolation thermique renforcée et des équipements électroménagers énergétiquement efficaces, les logements récents sont généralement considérés comme économies en énergies.

Le schéma ci-dessous de la consommation d'énergie, montre les très fortes variations dans 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 d'énergie globale ne cesse d'augmenter. Les raisons principales sont

l'augmentation de la superficie des logements par rapport au nombre d'habitants et une amélioration générale du confort. [10]



**Figure 1.6:** Schéma montrant la consommation d'énergie selon la date de construction et les choix écologiques [10]

Cependant, il est important de noter que la rénovation énergétique des logements anciens peut considérablement réduire leur consommation énergétique. En effet, en isolant les murs et les toits, en remplaçant les fenêtres, en installant des systèmes de chauffage et de climatisation modernes et en équipant le logement d'appareils électroménagers économes en énergie, il est possible de réduire la consommation d'énergie de manière significative.

En résumé, la consommation énergétique des logements dépend de nombreux facteurs, notamment de leur âge, de leur emplacement et des équipements qu'ils contiennent. Cependant, s'il est vrai que les logements anciens ont généralement une consommation énergétique plus élevée que les logements récents, une rénovation énergétique peut considérablement réduire cette consommation.

### 1.3.2. Classification énergétique des bâtiments :

Les bâtiments classés A et B sont considérés comme très performants sur le plan énergétique, tandis que les bâtiments classés C et D sont considérés comme moyennement performants. Les bâtiments classés E, F et G sont les moins performants et sont souvent considérés comme les plus énergivores.

Cette classification énergétique permet de sensibiliser les propriétaires et les occupants des bâtiments à l'importance de la performance énergétique et de les encourager à mettre en place des mesures d'efficacité énergétique pour réduire la consommation d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre. . [6]

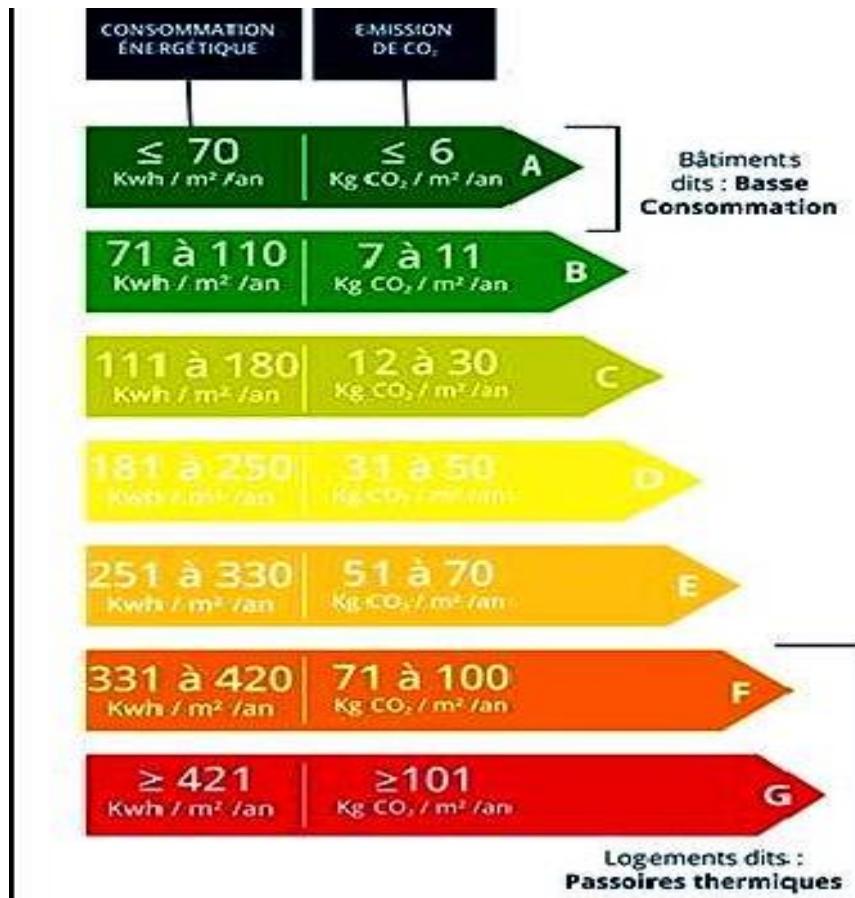


Figure I.7 : les classes énergétiques . [6]

Avec une valeur de ***Econs= 156,36 kWh/m<sup>2</sup>.an***, l'habitat est classé à la D (voir schéma du label européen), moyen mais reste énergivore, des solutions existent pour éléver le niveau énergétique.

En moyenne, l'habitat en Algérie se situe à la D voir (figure 3), en consommant plus que 151 kWh/an pour le chauffage, climatisation, eau chaude sanitaire et éclairage . [6]

## 1.4. Performance énergétique des bâtiments :

La performance énergétique d'un bâtiment est une donnée généralement corrélée à celle d'efficacité énergétique. Si cette dernière désigne le rapport entre l'énergie absorbée par le bâtiment et l'énergie consommée à l'intérieur de celui-ci, la performance énergétique sert de point de repère pour connaître la dépense énergétique du bâtiment sur l'année

La notion de performance énergétique désigne la quantité d'énergie consommée chaque année par un bâtiment. Elle varie selon son bâti, plus ou moins énergivore, mais aussi selon son fonctionnement et ses équipements énergétiques. La performance énergétique des bâtiments s'avère être un enjeu majeur dans une démarche de réduction des consommations d'énergie et de diminution de l'émission de gaz à effet de serre.

D'un point de vue concret, la performance énergétique est l'un des leviers de la transition énergétique. De plus, c'est une donnée relativement mesurable, notamment grâce à l'instauration du DPE (Diagnostic de Performance Énergétique). [7].

### 1.4 .1. Solution et technique : [8].

Parmi les solutions d'amélioration de l'efficacité énergétique, il est d'usage de distinguer les solutions dites « passives » qui consistent à réduire la consommation d'énergie des équipements et des matériaux grâce à une meilleure performance intrinsèque et les solutions dites « actives » visant à optimiser les flux et les ressources. [8].

#### 1.4 .1.1.Solution passives :

Elles consistent à accroître les qualités intrinsèques d'un bâtiment afin d'optimiser l'utilisation des énergies qui lui sont fournies. [8].

- **L'architecture :**

De nombreux paramètres peuvent être pris en compte lors de la construction d'un bâtiment, par exemple :

- son orientation et sa capacité à profiter de l'énergie lumineuse, à capter et à se protéger de l'énergie solaire (architecture bioclimatique, matériaux de surface) ;

- une isolation thermique renforcée, par exemple grâce à des faux plafonds empêchant le recours à l'inertie thermique, des matériaux comme la laine minérale ou le chanvre, des doubles vitrages à isolation renforcée ou fenêtres pariéto-dynamiques (qui permettent à l'air provenant de l'extérieur de se réchauffer en circulant entre deux vitrages dont l'un peut être double). L'isolation thermique par l'extérieur (« manteau isolant », par exemple à l'aide de briques de polystyrène expansé ou extrudé) permet de diminuer les pertes thermiques de la paroi jusqu'à 80% ;
- une meilleure étanchéité générale du bâti à l'air (air parasite notamment dû aux liaisons façades-planchers surtout entre les façades et les menuiseries ou aux passages des équipements électriques). L'installation de boîtiers d'encastrement étanches et d'obturateurs peut réduire de plus de 90% les fuites d'air (jusqu'à 15 kWh/m<sup>2</sup>/an d'économie) selon le type d'isolation du bâti ;
- des systèmes de ventilation plus performants. Les ventilations mécaniques contrôlées à double flux permettent de réduire les pertes d'énergie jusqu'à 70% par rapport à des ventilations classiques à simple flux (mais elles restent bien plus coûteuses à installer). [8].
- **Le système de chauffage :**

Le poste chauffage absorbe environ 2/3 de l'énergie totale consommée dans le résidentiel en France pour des bâtiments anciens. Des systèmes plus performants sont développés :

- les chaudières à condensation (récupération d'énergie en condensant la vapeur d'eau des combustibles et taux plus faible de rejets polluants) et basse température (fonctionnant avec de l'eau variant entre 30 et 75°C) consomment 12 à 20% d'énergie en moins que les installations classiques au fioul ;
- des systèmes de chauffage à base d'énergies renouvelables (pompe à chaleur ou systèmes solaires) peuvent également être installés. Différents types de chauffages biomasse utilisant le bois comme combustible présentent des hauts rendements (jusque 95%) ;
- les chaudières à cogénération permettant de produire de l'énergie électrique en même temps que de l'énergie thermique. Elles peuvent générer des économies en énergie primaire d'environ 20% mais leur rendement électrique est faible et répond mal aux besoins. [8].

- **L'équipement électrique :**

L'éclairage et l'électroménager absorbent 15% de l'énergie consommée dans le résidentiel. Des lampes à économie d'énergie (fluorescentes ou leds) permettent de réaliser une économie d'énergie supérieure à 50% par rapport à des lampes à incandescence (en revanche, elles ne créent pas de chaleur comme ces lampes à incandescence). L'électroménager disponible en 2011 consomme près de 40% moins d'électricité en moyenne que les appareils commercialisés en 2000. La consommation électrique des réfrigérateurs et des congélateurs a été divisée par 3 entre 1999 et 2009, notamment grâce à une meilleure circulation du froid et à des compresseurs plus performants. [8].

#### **1.4 .1.2.Solution actives :**

Elles visent à utiliser l'énergie « juste nécessaire » par une gestion active des équipements.

- **Les systèmes technologiques « intelligents » :**

Les systèmes dits intelligents permettent de mesurer, de contrôler et de réguler la consommation électrique des bâtiments (capteurs de température, de présence pour l'éclairage, d'émissions de CO<sub>2</sub> pour la ventilation, etc.) et d'éviter ainsi les consommations inutiles.

Des systèmes de chauffage électrique intelligents intègrent par exemple un système de régulation électronique détectant l'ouverture de fenêtres (économie d'énergie de 4% à ce poste) ou les présences dans l'habitat (gain potentiel de 12% à ce poste). Ces solutions intelligentes pourraient réduire de 10 à 20% la consommation d'énergie globale d'un immeuble. [8].

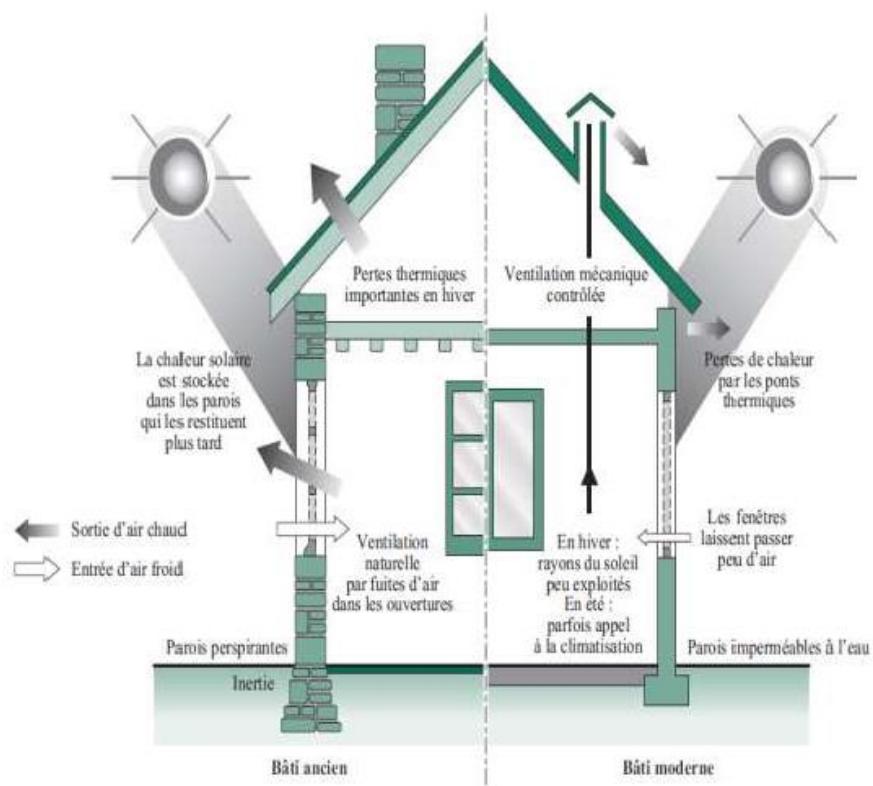
#### **1.5 Matériaux utilisé dans l'isolation thermique : [9].**

Toute nouvelle construction est exposée à des pertes considérables d'énergie par l'échappement de la chaleur en hiver et la perte rapide de sa fraîcheur en été.

Tous les éléments en contact avec l'extérieur que ce soient le sol, les parois, les ouvertures (porte et fenêtre) et la toiture laissent échapper des chaleurs en hiver et pénétrer des chaleurs en été selon les capacités des matériaux de favoriser ce phénomène.

Le transfert de chaleur s'effectue au niveau des (sols, baies et portes, parois, toitures)

L'objectif de l'isolation thermique et le bon choix des matériaux est d'empêcher le froid de pénétrer à l'intérieur en hiver et de conserver la fraîcheur à l'intérieur en été.



**Figure I .8 :Comportement thermique du bâtiment ancien et du bâtiment moderne.**

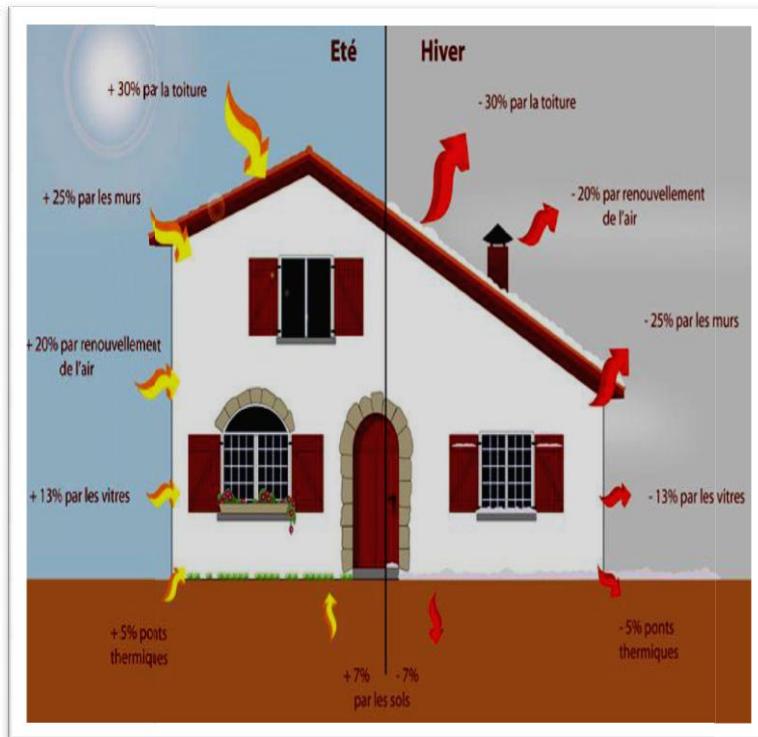


Figure I .9 Comportement thermique du bâtiment en hiver et en été

- **Les matériaux isolants (thermique) :**

Les isolants thermiques sont regroupés en 4 grandes familles.

- **Les isolants minéraux:**

la laine de verre, la laine de roche, les verres cellulaires, les perlites, les vermiculites ou encore les argiles expansées.

- **Les isolants naturels :**

le liège, les fibres de bois, les chanvres, les fibres de lin, la laine de mouton, les plumes de canard, les fibres de coco, les panneaux de roseaux, l'ouate de cellulose, la laine de coton, la paille, les torchis.

- **Les isolants synthétiques :**

les polystyrènes expansés ou extrudés, les polyuréthanes ou encore les mousse phénoliques.

- **Les isolants nouvelle génération :**

panneaux isolants sous vide (PIV) ou encore les aérogels et peinture isolante

**Les matériaux isolants :**

La laine de verre : est un des matériaux les plus utilisés en isolation. Elle se compose de débris de verre recyclés et de sable pur :

-Matelas

-Rouleaux

-Panneaux.  $\lambda = 0,030 - 0,040 \text{ W/m.cR}$  (résistance thermique dépend de l'épaisseur de du produit. Elle varie de 2,5 à 7,5 m<sup>2</sup>.c/W).

Inconvénient : présence de poussière fibreuse et les débris de verre.



**Figure I.10 : laine de verre [9]**

La laine de roche:

La laine de roche est un matériau isolant fabriqué à partir d'un matériau naturel issu de l'activité volcanique (le basalte). Elle est performante en isolation thermique, phonique et protection contre l'incendie.

-Matelas

-Rouleaux

-Panneaux.  $\lambda = 0,033 - 0,042 \text{ W/m.cR}$  (résistance thermique dépend de l'épaisseur de du produit. Elle varie de 2,35 à 7,2 m<sup>2</sup>.c/W).

Inconvénient : elle est moins performante en isolation de la chaleur.



**Figure I.11 : laine roche [9]**

La ouate de cellulose :

est un matériau isolant d'origine naturelle, est fabriquée à partir du recyclage du papier et des adjuvants (15%). Elle isole convenablement en hiver comme en été. Bon isolant : thermique et phonique.

-Rouleaux

-Panneaux = 0,035—0,041 W/m.cR (résistance thermique dépend de l'épaisseur de du produit. Elle varie de 2,35 à 7,2 m2.c/W.

Inconvénient : elle est moins performante en isolation de la chaleur



**Figure I .12 :** panneau de ouate cellulose / et en vrac [9]

Le polystyrène expansé PSE :

Le polystyrène expansé est un isolant synthétique qui peut être utilisé pour tout les typrs d'isolations

Panneaux

$\lambda = 0,035--0,045 \text{ W/m.c}$  R (résistance thermique dépend de l'épaisseur de produit

Inconvénient : Mauvaise résistance au feu, Faible isolation phonique.

-La laine de mouton, -Le chanvre

-Les fibres de bois-Polyuréthane

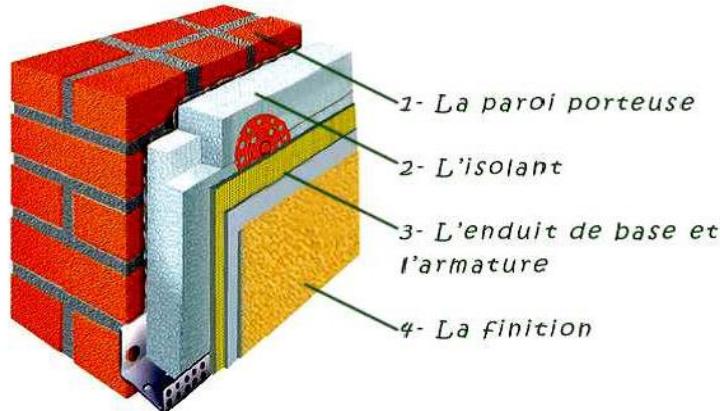


**Figure I .13 :** Plaques de polystyrène / et en libre [9]

**Isolation par l'extérieur (ITE):**

Consiste à placer un isolant, un matériau de parement et un enduit sur les murs extérieurs. offre une liberté architecturale pour les façades grâce à une multitude d'aspects extérieurs esthétiques

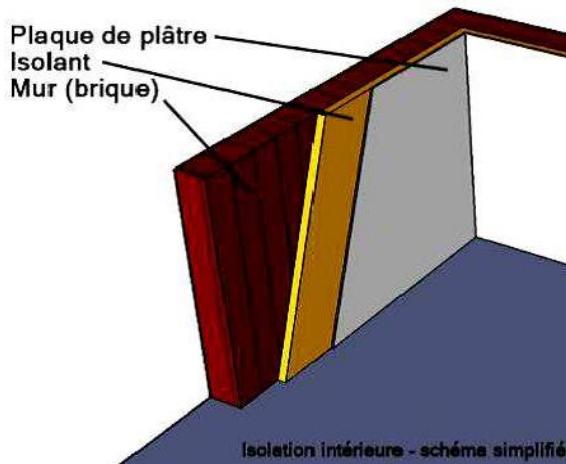
disponibles (matériaux, couleurs, textures) ; conserve et valorise le bâti; Traite les ponts thermiques de liaisons planchers et refends avec le mur extérieur; assure une excellente étanchéité à l'air; améliore l'isolation acoustique.



**Figure I -14 :** Schéma simplifié d'une isolation par l'extérieur [9]

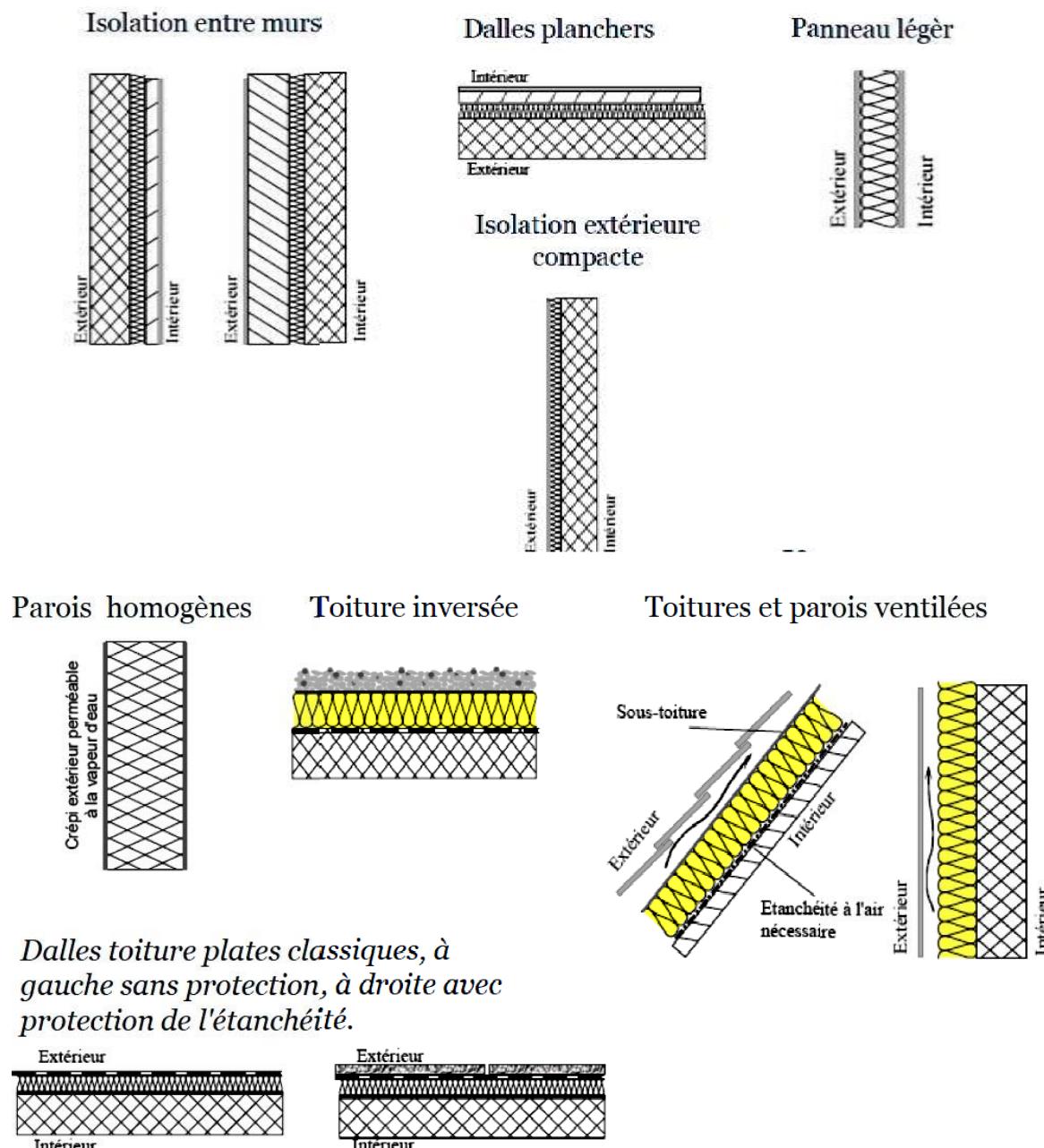
#### Isolation par l'intérieur (ITI):

Consiste à placer un isolant qui va augmenter la résistance thermique des parois extérieures. Elle est réalisée à l'aide d'un isolant rapporté. Elle consiste à placer l'isolant entre le mur extérieur et la cloison, en général, une plaque de plâtre



**Figure I -15 :** Schéma simplifié d'une isolation par l'intérieur. [10]

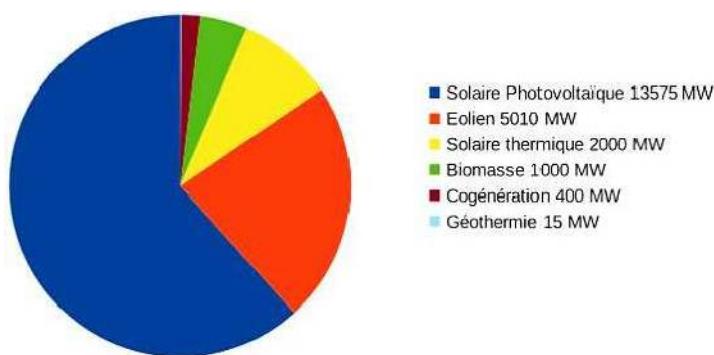
les différents types des isolants thermiques :



**Figure I -16:** les différents types des isolants thermiques [11]

## I.6. Programme algérien des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique : [11].

Aujourd'hui, les besoins énergétiques de l'Algérie sont satisfaits, presque exclusivement, par les hydrocarbures, notamment le gaz naturel. Il est donc nécessaire de faire appel aux autres formes d'énergie que lorsque le gaz ne peut pas être exploité. A long terme, la reconduction du modèle national de consommation énergétique actuel peut rendre problématique l'équilibre offre-demande pour cette source d'énergie. A cet égard, l'Algérie s'engage sur la voie des énergies renouvelables afin d'apporter des solutions globales et durables aux défis environnementaux, aux problèmes de conservation des ressources énergétiques fossiles et à l'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments à travers l'adoption d'un programme ambitieux pour le développement et l'intégration des énergies renouvelables dans le secteur de la construction (EnR, 2011). Le programme a été lancé par le gouvernement algérien en février 2011. Il a pour objectif d'installer une puissance d'origine renouvelable de l'ordre de 22000 MW à l'horizon 2030 pour le marché national, avec le maintien de l'option de l'exportation comme objectif stratégique (**Figure I-6.1**). Cet engagement stratégique est motivé par l'immense gisement solaire qui constitue l'axe majeur du programme en consacrant une partie essentielle à l'énergie solaire thermique et photovoltaïque. Selon les experts du domaine, cette énergie solaire pourrait atteindre plus de 37% de la production énergétique nationale d'ici 2030 (EnR, 2011). Via ce programme, l'Algérie envisage de se positionner comme un grand pays producteur d'électricité en utilisant les technologies photovoltaïques, éoliennes, biomasses, géothermiques et solaires thermiques.



**Figure I-17** : Objectifs du programme algérien des énergies renouvelables (portail.cder.dz) [11].

### I.6.1 Ressources d'énergie :

Le potentiel national en énergies renouvelables est fortement dominé par le solaire et la géothermie en considérant cette énergie comme une opportunité et un levier de développement économique et social, notamment à travers l'implantation d'industries créatrices de richesses et l'intégration de ces technologies dans le secteur de l'habitat.

### I.6.2 Potentiel solaire :

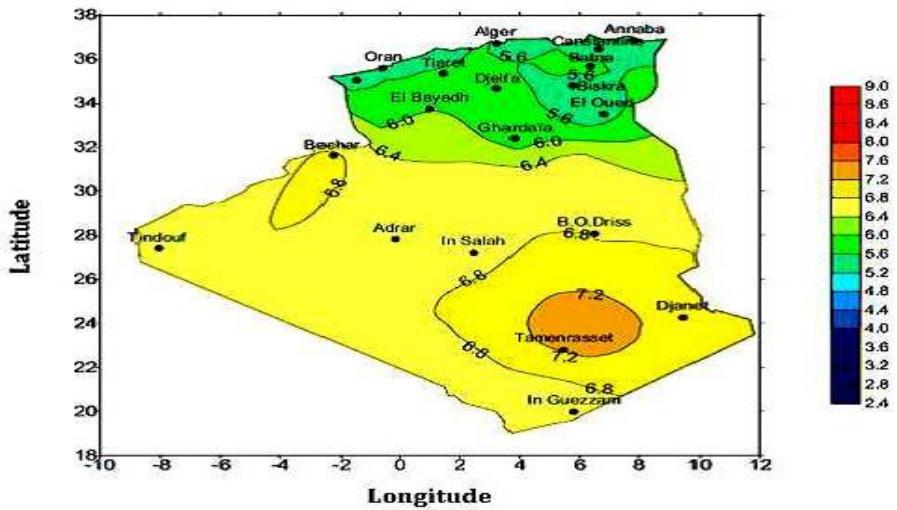
Selon le ministère de l'énergie, l'Algérie possède un important potentiel solaire, et cela est également dû aux durées d'insolations enregistrées sur la quasi-totalité du territoire national dépassant les 2000 heures/an et pouvant atteindre les 3900 heures/an sur les hauts plateaux et La cogénération est production simultanée d'énergie thermique et d'énergie mécanique dans une même installation.

Régions	Région côtière	Haut plateaux	Sahara
Superficies (%)	4	10	86
Durée moyenne d'ensoleillement (h/an)	2650	3000	3500
Energie moyenne reçue (kWh/m <sup>2</sup> /an)	1700	1900	2650

**Tableau I.5 :** Potentiel solaire en Algérie par région [14].

L'énergie reçue quotidiennement sur une surface plane de 1 m<sup>2</sup> est de l'ordre de 5 kWh sur la majeure partie du territoire national, soit près de 1700 kWh/m<sup>2</sup>/an au Nord et 2263 kWh/m<sup>2</sup>/an au Sud du pays (**Tableau I.4**).

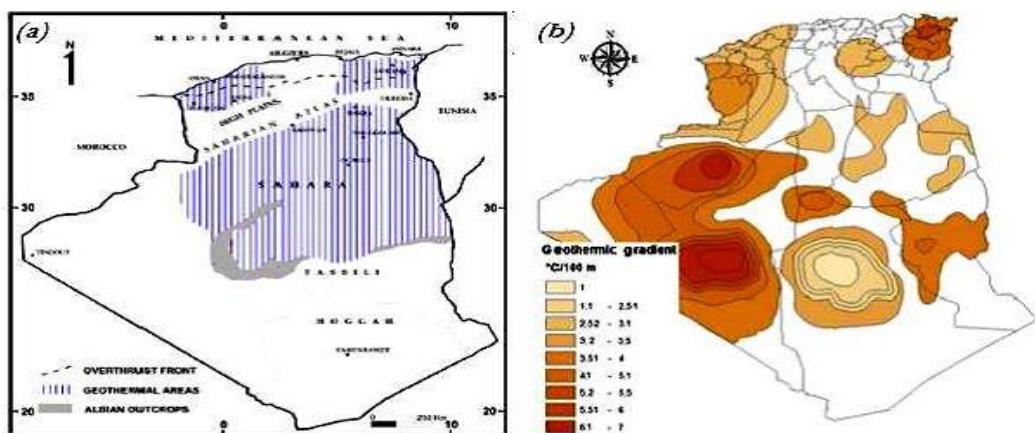
En ce qui concerne la mesure et l'évaluation du rayonnement solaire en Algérie, le réseau de prélèvement et d'évaluation des mesures est moins dense relativement à la superficie du territoire national. Selon l'office national de la météorologie (ONM), seules sept stations météorologiques assurent la mesure des composantes diffuse et globale du rayonnement solaire reçu sur le plan horizontal au niveau du territoire national (**Figure I-6.2**)



**Figure I-18:** Irradiation solaire globale reçue sur plan incliné à la latitude du lieu : moyenne annuelle [12].

### I.6.3 Potentiel géothermique :

L'Algérie, avec plus de 240 sources thermiques, possède un fort potentiel en ressources énergétiques d'origine géothermique. Une représentation cartographique des ressources géothermiques disponibles sur le territoire national permet de visualiser et d'évaluer le potentiel exploitable de cette ressource", précise le CEREFE dans une publication sur sa page facebook, se référant aux données de l'Atlas algérien des ressources des énergies renouvelables (ENR).



**Figure I-19 :** (a) Principales zones géothermiques en Algérie et (b) carte de répartition du gradient géothermique en Algérie [13].

**I.7. Conclusion :**

L'analyse présentée dans ce chapitre a permis d'introduire le contexte général de notre travail qui consiste à donner une approche générale sur la consommation d'énergie dans les bâtiments et les engagements envisagés pour celle-ci afin de trouver des solutions réalisables et alternatives à long terme. Les techniques et les solutions mises en place aux utilisateurs afin d'améliorer l'efficacité et la performance énergétique des bâtiments ont été soulignées dans ce chapitre.



## CHAPITRE II

**Réglementation et notions sur la  
thermique de bâtiment**

## II.1 Introduction :

En raison de la croissance démographique, la consommation d'énergie augmente d'une façon accrue dû principalement à l'urbanisation et la migration des peuples vers les grandes villes pour une amélioration du niveau de leur vie.

Les principaux secteurs de consommation d'énergie sont : l'industriel, le bâtiment, le transport et l'agriculture. Le secteur du bâtiment est parmi les secteurs le plus grand consommateur d'énergie suivant le secteur industriel. L'énergie nécessaire pour le chauffage et le refroidissement des locaux dans les bâtiments est la plus grande de tous.

Le confort thermique appelé aussi bien être thermique est un besoin nécessaire à la qualité des espaces bâtis. Une notion que correspond à l'interaction entre l'occupant, le bâtiment et l'environnement extérieur. Le confort thermique visé à l'intérieur des constructions et fonction des éléments climatiques extérieurs est exigé pour le bon comportement moral et physique de l'individu.

Confort = équilibre entre l'homme et l'ambiance.

## II.2. Normes pour l'évaluation du confort thermique de l'habitation :

Le confort thermique : le confort thermique est défini comme un état de satisfaction vis-à-vis de l'environnement thermique. Il est déterminé par l'équilibre dynamique établi par échange thermique entre le corps et son environnement, cela a poussé l'homme à se protéger des rigueurs du climat en créant à l'intérieur de son habitat les conditions d'un relatif confort. [35]

### II.2.1 Critères de base :

« Le confort thermique est un état d'esprit qui exprime une satisfaction de son environnement ; le sujet ne peut pas dire s'il veut avoir plus chaud ou plus froid. » Quel que soit l'environnement dans lequel il se trouve, l'Homme est une machine thermique qui doit maintenir sa température interne la plus constante possible grâce à des mécanismes de thermorégulation physiologique qui lui permettent de maintenir un bilan thermique équilibré.

### II.2.1.1 Température opérative :

La température opérative est la moyenne de la température de l'air et de la température radiante moyenne pondérée, respectivement, par le coefficient de transfert de chaleur par convection et le coefficient de transfert de chaleur par rayonnement linéarité pour l'occupant. Pour les occupants qui pratiquent une activité physique quasi-sédentaire (taux métabolique compris entre 1,0 et 1,3 met), qui ne sont pas directement exposés au soleil et qui ne sont pas exposés à des vitesses d'air supérieures à 0,2 m/s. Il est acceptable d'approximer la relation avec une précision acceptable en [29]:

$$T_{op} = \frac{T_{a,in} + T_{rm}}{2} \quad (\text{II ; 1})$$

OU

$$T_{rm} = \frac{\sum T_{si} S_i}{\sum S_i} \quad (\text{II ; 2})$$

Avec

- $T_{a,n}$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) la température de l'air intérieur,
- $Trm$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) la température radiante moyenne et
- $T_{si}$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) est la température de la surface  $Si$ .
- $T_{op}$ : La température opérative

### II.2.1.2 Humidité relative :

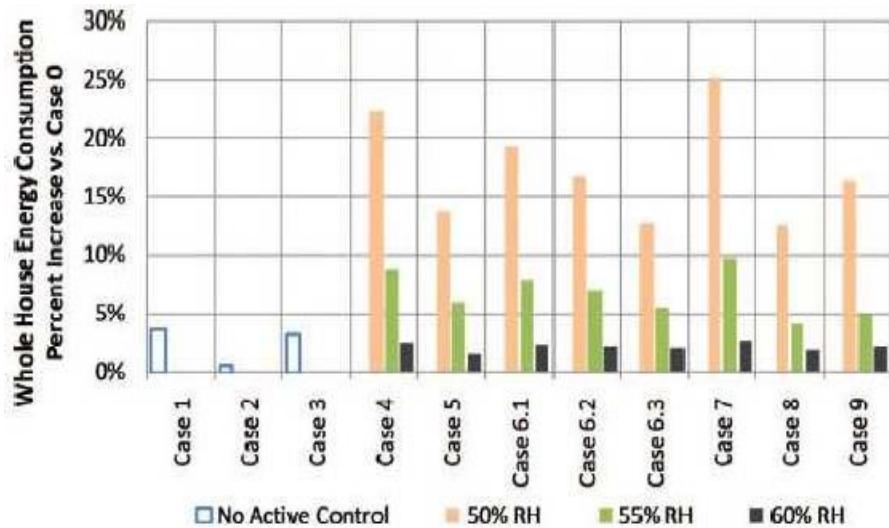
L'humidité relative est le rapport de la pression partielle de la vapeur d'eau contenue dans l'air sur la pression de vapeur saturante à la même température. Elle est exprimée généralement en pourcentage :

$$HR = 100 \frac{Pe}{Ps(T)} \quad (\text{II ; 3})$$

Avec :

- **HR** : Humidité relative (%)
- **Pe** : Pression partielle de la vapeur d'eau (Bar)

- **Ps** : Pression de vapeur saturante (Bar)



**Figure II-1 :** Augmentation en pourcentage de la consommation d'énergie de toute la maison par rapport au cas 0.[29]

L'humidité a relativement peu d'impact sur la sensation de confort d'un individu dans un bâtiment. Ainsi, un individu peut difficilement ressentir s'il fait 40 % ou 60 % d'humidité relative dans son bureau.

L'inconfort n'apparaît que lorsque :

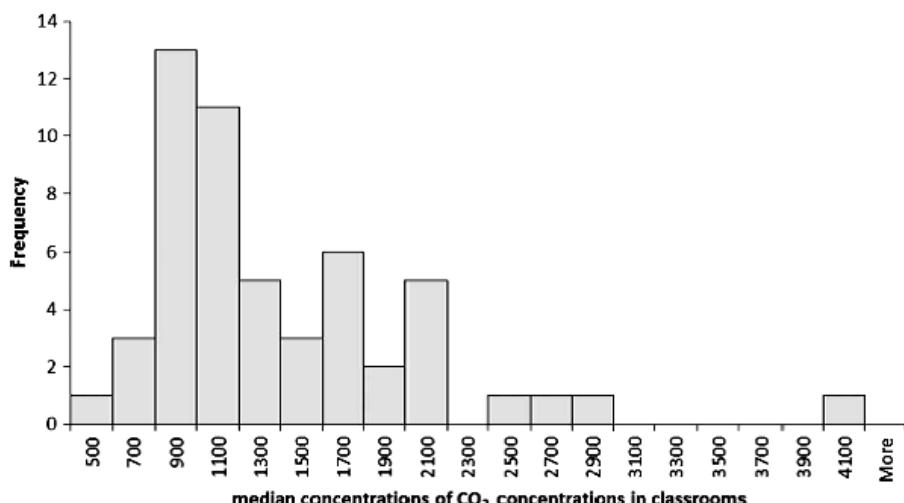
- ▶ l'humidité relative est inférieure à 30 % ;
- ▶ l'humidité relative est supérieure à 70 %.

De faibles niveaux d'humidité (inférieur à 30 %) donnent lieu à certains problèmes : augmentation de l'électricité statique, gêne et irritation accrue à la fumée de tabac, augmentation de la concentration en poussières dans l'air, etc.

De hauts niveaux d'humidité (au-delà de 70 %) donnent lieu à une croissance microbienne importante et à des condensations sur les surfaces froides.[30]

### II.2.1.3 Qualité de l'air intérieur :

De nombreux polluants de l'air présents à l'intérieur de nos bâtiments peuvent avoir des effets sur notre santé. Ils peuvent provenir de sources extérieures, mais aussi de nos activités tabagisme, appareils à combustion, ménage, cuisine, bricolage, etc. Les matériaux de construction, mobiliers, produits de décoration et micro-organismes peuvent également émettre des polluants toxiques volatils. Domicile, lieu de travail, école ou moyens de transport, nous passons en moyenne 85 % de notre temps dans des espaces clos. La qualité de l'air intérieur (QAI) est donc une préoccupation de santé publique, qui est notamment prise en compte dans le 4e plan national santé environnement.



**Figure II-2 :** Distribution des concentrations médianes de CO<sub>2</sub> .[37]

### II.2.1.4 Vitesse de l'air :

La vitesse de l'air joue un grand rôle dans les échanges convectifs et évaporatoires, elle intervient dans la sensation de confort thermique de l'occupant dès qu'elle est supérieure à 0,2 m/s<sup>11</sup>. Toutefois, à l'intérieur des bâtiments, ces vitesses demeurent limitées, ne dépassant pas généralement cette vitesse, sauf en cas de mauvaise conception du bâtiment ou du système d'aération. Elle peut, en revanche, être

tenue pour responsable de l'apparition d'inconforts locaux, liés à la présence de courants d'air froids ou chauds localisés. [28] . (Tableau II-3).

**Tableau II-1 : Exigences de confort thermique pour différents types de lieux .[27]**

Type de bâtiment/lieu	catégorie	Température opérative (°C)		Vitesse moyenne max de l'air (m/s)		
		Eté (saison de refroidissement de l'ambiance)	Hiver (saison de chauffage de l'ambiance)	Eté (saison de refroidissement de l'ambiance)	Hiver (saison de chauffage de l'ambiance)	
Bureau individuel ,,espace ouvert,,	A	24,5 ± 1,0	22,0 ± 1,0	0,12	0,10	
Salle de conférence auditorium	B	24,5 ± 1,5	22,0 ± 2,0	0,19	0,16	
Restaurant Salle de classe	C	24,5 ± 2,5	22,0 ± 3,0	0,24	0,21	
Catégorie	Différence verticale de température (°C)	Plage de température du sol (°C)	Asymétrie de rayonnement de température (°C)			
			Plafond chaud	Mur froid	Plafond chaud	Mur froid
A	<2	19-29	<5	<10	<14	<23
B	<3	19-29	<5	<10	<14	<23
C	<4	17-31	<5	<13	<18	<35

## II.2.2 Réglementations internationales :

Depuis la première crise pétrolière de 1973 provoquée par l'OPEP10, qui a décidé de réduire considérablement la production en raison de la politique occidentale à l'égard des pays arabes, de nombreuses mesures volontaristes et réglementaires ont été prises par les pays victimes visant à réduire la facture énergétique liée au secteur du bâtiment

Ce dernier est encadré par une réglementation thermique permettant de spécifier les caractéristiques thermiques des bâtiments neufs et fixer leurs quantités maximales d'énergie à consommer pour le chauffage, le refroidissement, la ventilation, l'éclairage et la production de l'eau chaude sanitaire (ECS). De plus, les priorités environnementales comme les émissions de GES ainsi que les énergies grises qui sont devenues tout aussi importantes.

#### **I.2.2.1 Norme ASHRAE (USA) :**

La réglementation nationale de maîtrise de l'énergie dans les bâtiments, «IECC, International Energy Conservation Code » porte principalement sur les performances. L'objectif de la réglementation thermique américaine est de réglementer la conception de l'enveloppe des bâtiments afin que ceux-ci disposent d'une résistance thermique suffisante et d'une faible perméabilité à l'air. La réglementation étudiée ne donne aucune norme spécifique ayant trait au confort thermique, celui-ci est traité dans d'autres normes. Le confort intérieur et le confort hygrométrique sont traités en détail dans (ASHRAE 1997)

La réglementation américaine de la maîtrise de l'énergie permet le calcul des performances thermiques à l'aide de logiciel avancé. Cette méthode permet de concevoir un bâtiment d'une manière optimale. Les normes autorisent également l'utilisation de calculs simplifiés pour ce qui est des exigences maximales de la transmission surfacique des différentes parois ainsi que des solutions de type standard.

La norme prend en compte les climats d'hiver et d'été, et en régions chaudes, les normes d'isolation thermique ne sont pas aussi exigeantes mais spécifient l'utilisation de protection solaire des baies. Par contre, elle ne prévoit pas de protection solaire des façades

Indépendamment des méthodes spécifiées, les calculs autorisés prennent en compte l'inertie thermique des murs extérieurs. Les calculs informatisés autorisent l'utilisation du chauffage passif provenant de l'énergie solaire ainsi que du refroidissement réalisé par une ventilation nocturne [31]

#### **I.3.2.2 Norme RT 2012 (France) :**

Les normes françaises pour ce qui est de l'isolation thermique et le chauffage des logements se trouvent rassemblées dans le « Règlement thermique 1988 des logements neufs » qui comprend entre autre l'Arrêté du 5 avril 1988. Entré en vigueur en 1989, ce document règle la consommation d'énergie et

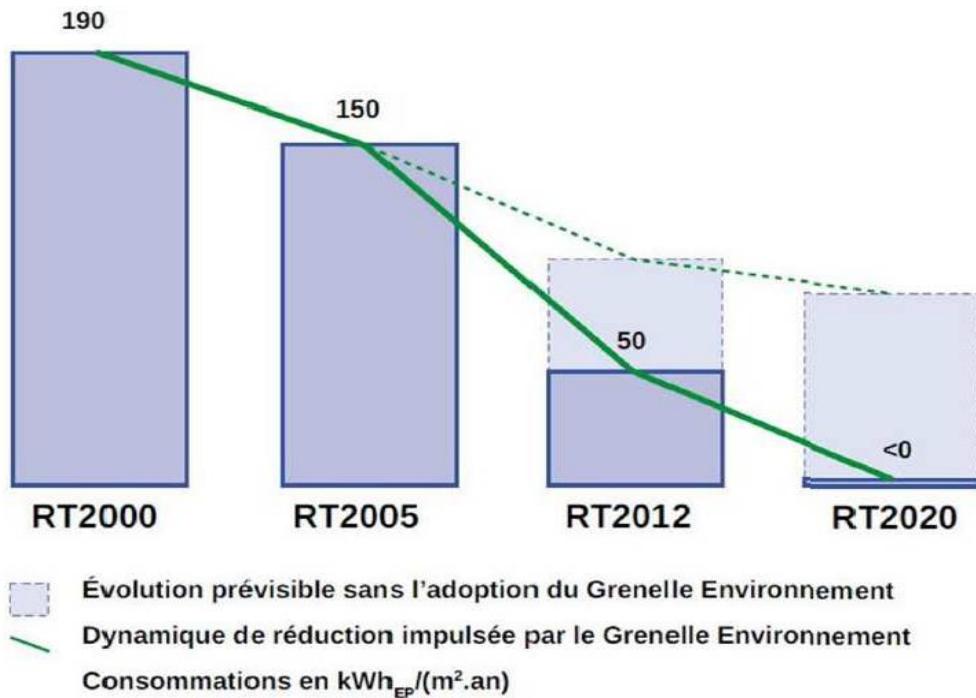
l'installation des équipements de chauffage dans un logement. Cet arrêté est complété par un certain nombre de règles de calcul décrivant en détails la manière de calculer les différents paramètres.

La consommation d'énergie relative au chauffage des nouvelles habitations était en 1988 inférieure de 42% par rapport à la consommation moyenne enregistrée en 1974. Ce qui caractérise les normes françaises est que depuis 1974, aucune exigence n'a été formulée concernant la transmission thermique (Coefficient K) des parois, les normes se concentrant sur les performances thermiques de l'ensemble du bâtiment. Les normes indiquant des débits d'air maximum et minimum permettent entre autre de compenser une perméabilité trop importante en prévoyant une isolation et vice versa. Et, dans le cas où l'on ne désire pas effectuer des calculs trop compliqués, on peut toujours utiliser des solutions type approuvées. Les exigences d'isolation thermique sont plus sévères pour les habitations utilisant le chauffage électrique comparées à celles utilisant un autre type de chauffage.

A noter que les normes françaises ont été revues en 2000 où une nouvelle réglementation RT 2000 a été adoptée et appliquée à partir de juin 2001. La RT 2000 a permis le passage d'une approche française à une approche européenne et s'appuie largement sur des méthodes de calcul et des caractéristiques définies dans les normes européennes. Un nouveau renforcement des exigences au niveau de la performance énergétique des bâtiments, la prise en compte de la climatisation et de l'éclairage ainsi qu'un franc coup de pouce donné à la conception bioclimatique et aux énergies renouvelables sont quelques-uns des thèmes forts de la nouvelle réglementation thermique : la RT 2005.

La RT 2005 se fixe comme principaux objectifs une amélioration de la performance énergétique des bâtiments neufs d'au moins 15 % et la limitation du recours à la climatisation. Mais ce n'est qu'une étape intermédiaire car le but à ne pas perdre de vue est une diminution de 40 % de la consommation énergétique des bâtiments en 2020.

La RT 2012, suite au Grenelle Environnement, devient la référence. Elle vise à diviser par trois la consommation énergétique des bâtiments neufs, la RT 2012 a été publiée le 27 octobre 2010 [31]



**Figure II-3 :** Evolution des exigences réglementaire de consommation énergétique des bâtiments neufs [32]

### II.2.3 Réglementation thermique Algérienne :

La mise en application de la loi 9.09 relative à la maîtrise de l'énergie dans le secteur du bâtiment s'est concrétisée par la promulgation le 24 avril 2000 d'un décret exécutif n°2000-90 portant réglementation thermique dans les bâtiments neufs.

Celle-ci a pour objectif l'introduction de l'efficacité énergétique dans les bâtiments neufs à usage d'habitation et autres et dans les parties de constructions réalisées comme extension des bâtiments existants.

#### II.2.3.1. Documents techniques réglementaires (DTR) :

En Algérie, la réglementation thermique de 1997 des bâtiments à usage d'habitation a été conçue pour réduire la consommation de chauffage de l'ordre de 25%. Une réflexion est engagée actuellement pour porter ce niveau d'économie à plus de 40%. Pour ce faire, des simulations numériques ont été menées

sur des logements types. Il ressort de l'étude qu'en agissant sur la seule limitation des déperditions thermiques par transmission, il est possible d'atteindre ce nouvel objectif tout en réduisant substantiellement la charge de climatisation d'été. Une nouvelle réglementation thermique pourrait s'articuler autour des deux principes suivants : réservier la réglementation de 1997 à l'habitat individuel, définir de nouveaux coefficients réglementaires plus contraignants pour l'habitat en immeuble collectif. [33]

Les règles de calcul des déperditions calorifiques, DTR C 3 2 et DTR C3-4 définissent les performances thermiques minima mais comprennent aussi que des conventions de calcul pour le dimensionnement des installations de chauffage et de climatisation. La réglementation algérienne s'inspire en grande partie de la réglementation française, par contre les méthodes de calcul utilisées sont plus simples, elle autorise, tout du moins dans certaines limites, le calcul informatisé des besoins de chauffage et de climatisation. Ceci est un point positif puisque cela permet de profiter de l'inertie thermique d'un bâtiment; un facteur très important étant donné le type de climat et de constructions existantes diffère en Algérie. Une réglementation prenant en compte le confort thermique est prise en considération surtout durant les périodes chaudes. Une telle réglementation est d'une importance capitale étant donné le problème du confort en période d'été et de la consommation d'énergie due à la climatisation utilisée dans de nombreuses régions d'Algérie [31].

L'élaboration du DTR C3-31 "Ventilation Naturelle - Locaux à usage d'habitation" répond au souci de l'efficacité énergétique, objet des préoccupations contenues dans la loi 99-09 du 28 juillet 1999 relative à la maîtrise de l'énergie. Ce DTR permet de définir les principes généraux qui réglementent la conception des installations de ventilation naturelle et de fournir les méthodes de calcul nécessaires pour les dimensionner. Néanmoins, le présent DTR ne traite pas des conduits de fumée d'évacuation des produits de combustion des appareils à gaz, ni des systèmes de désenfumage (évacuation des fumées en cas d'incendie). [34]

Tableau II .2 : Comparaison entre les différents règles du calcul (DTR)

	Algérie	U.S.A	FRANCE	G.B
Isolation thermique	Valeur max de l'ensemble de l'enveloppe	Valeur max de l'ensemble de l'enveloppe ou valeur max de chaque paroi	Valeur max de l'ensemble de l'enveloppe ou solution technique approuvées	Valeur max de l'ensemble de l'enveloppe ou valeurs max de chaque paroi
Inertie thermique	N'est pas prise en compte	Une forte isolation thermique permet de réduire la consommation	Possible de la prendre en compte	Ce n'est pas pris en compte
Protection solaire	Pas d'exigence	Une exigence existe pour les zones climatiques chaudes	Pas d'exigence	Pas d'exigence
Apport solaire	Ne sont pas pris en compte	Possible de les prendre en compte	Possible de les prendre en compte	Possible de les prendre en compte
Apport interne	Ne sont pas pris en compte	Possible de les prendre en compte	Possible de les prendre en compte	Possible de les prendre en compte
Calcul informatisé	Possible	Possible	Possible	Possible

### II.3. Climat :

Le climat est la distribution statistique de l'état de l'atmosphère terrestre dans une région donnée et pendant une période donnée. L'étude du climat est la climatologie. Cela diffère de la météorologie, qui étudie le temps local à court terme et spécifique. Le climat est caractérisé par des mesures statistiques annuelles et mensuelles de données atmosphériques régionales telles que la température, la pression, les précipitations, les heures d'ensoleillement, l'humidité et la vitesse du vent. Leur retour et les phénomènes anormaux sont également pris en considération. Ces analyses permettent de classer les zones climatiques des différentes régions du monde selon leurs principales caractéristiques. Le climat a beaucoup changé dans l'histoire de la terre sous l'influence de divers phénomènes astronomiques et géologiques, mais récemment il a beaucoup changé en raison de l'influence des activités humaines (réchauffement climatique).

### **II.3.1. Facteurs climatiques utiles :**

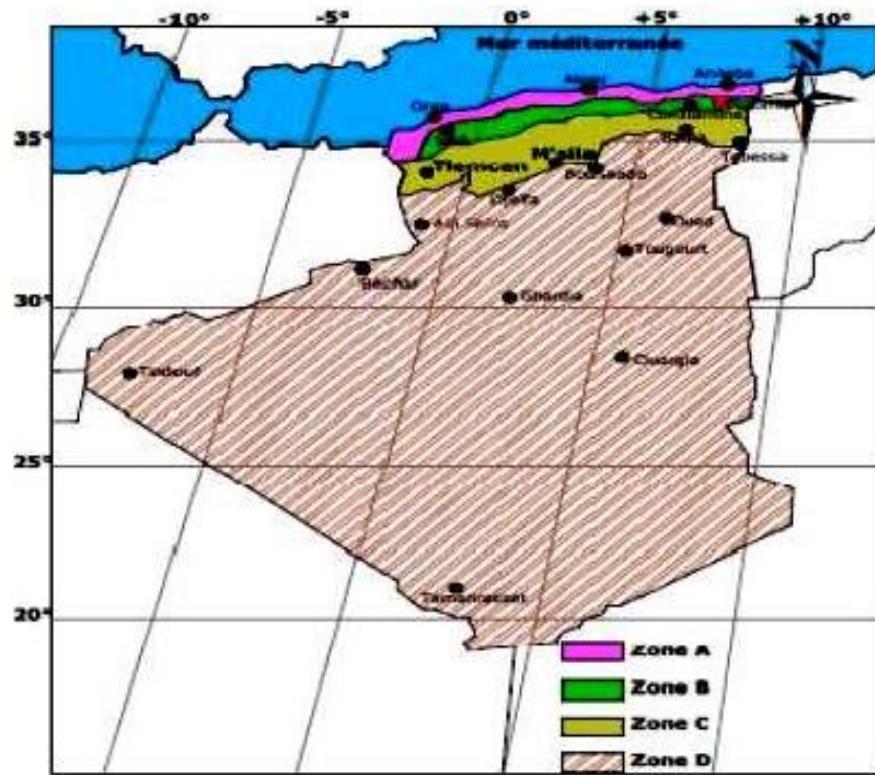
Principaux facteurs climatiques à prendre en compte dans la conception et la planification urbaines générales Voici quelques éléments qui affectent la conception et le confort humain d'un bâtiment particulier :

- Soleil (rayonnement)
- Température
- Humidité 0
- Vent
- Précipitations (pluie, neige).

### **II.3.2. Zone climatique en Algérie :**

L'Algérie occupe une vaste étendue territoriale. Plus de 4/5 de sa superficie est désertique, d'où une large variété géographique et climatique allant du littoral au désert .la classification climatique en Algérie permet de distinguer quatre zones principales :

- Zone A: littoral marin
- Zone B: arrière littoral montagne
- Zone C : hauts -plateaux (semi-aride)
- Zone D: présaharien et saharien (aride) [15]
- L'énergie, climat et le confort thermique



**Figure II.4 :** classification du climat en Algérie [15]

### II.3.2.Climat de la wilaya de Saïda :

La wilaya de Saïda occupe une position centrale dans l'Ouest de l'Algérie, elle est limitée

- au Nord, par la wilaya de Mascara,
- au Sud, par la wilaya d'El Bayadh,
- à l'Ouest, par la wilaya de Sidi Bel Abbès,
- à l'Est, par la wilaya de Tiaret.

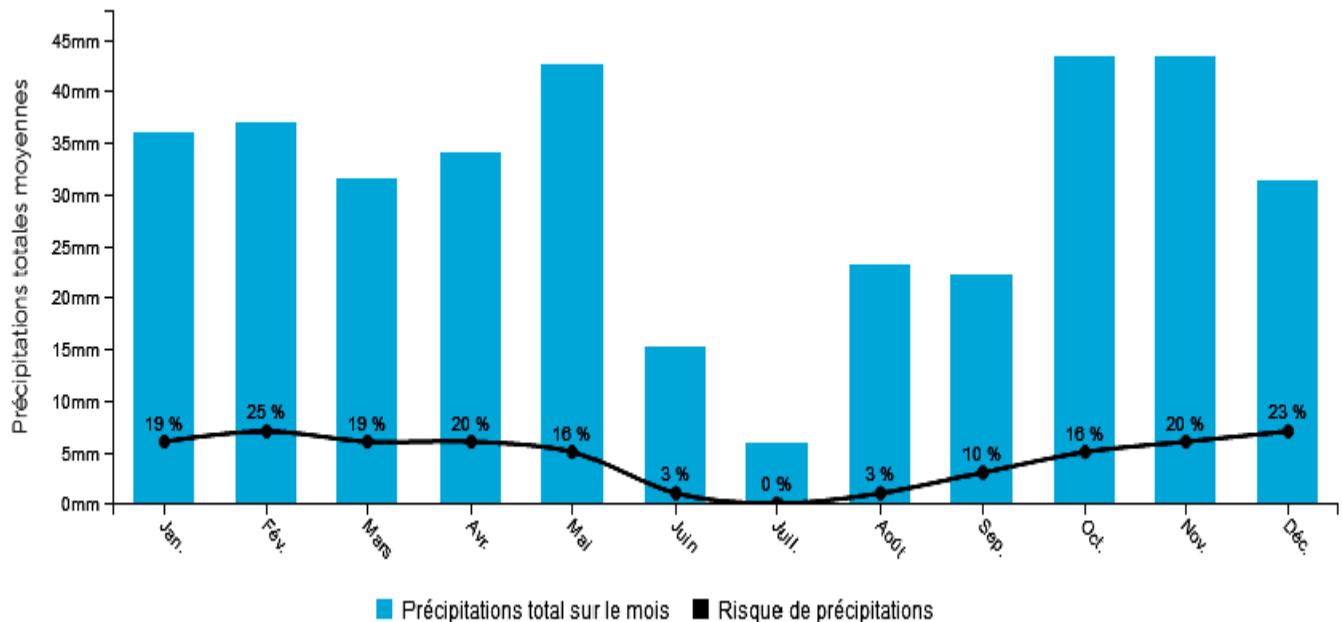
Saïda est le chef-lieu d'une wilaya de 330 641 habitants (Recensement Général de la Population et de l'Habitat, RGPH 2008) composée de 16 communes regroupées en 06 daïras et d'une superficie de 6 631 Km2. Elle est surnommée la ville des eaux, à cause de ses sources.

La wilaya de Saïda possède un climat tempéré méditerranéen à été chaud et sec, la température moyenne à Saïda est de 16.7°C et les précipitations sont en moyenne de 365.4mm.

À titre de comparaison à [Alger](#), la température moyenne annuelle est de 19.7°C et les précipitations sont en moyenne de 672.3mm.

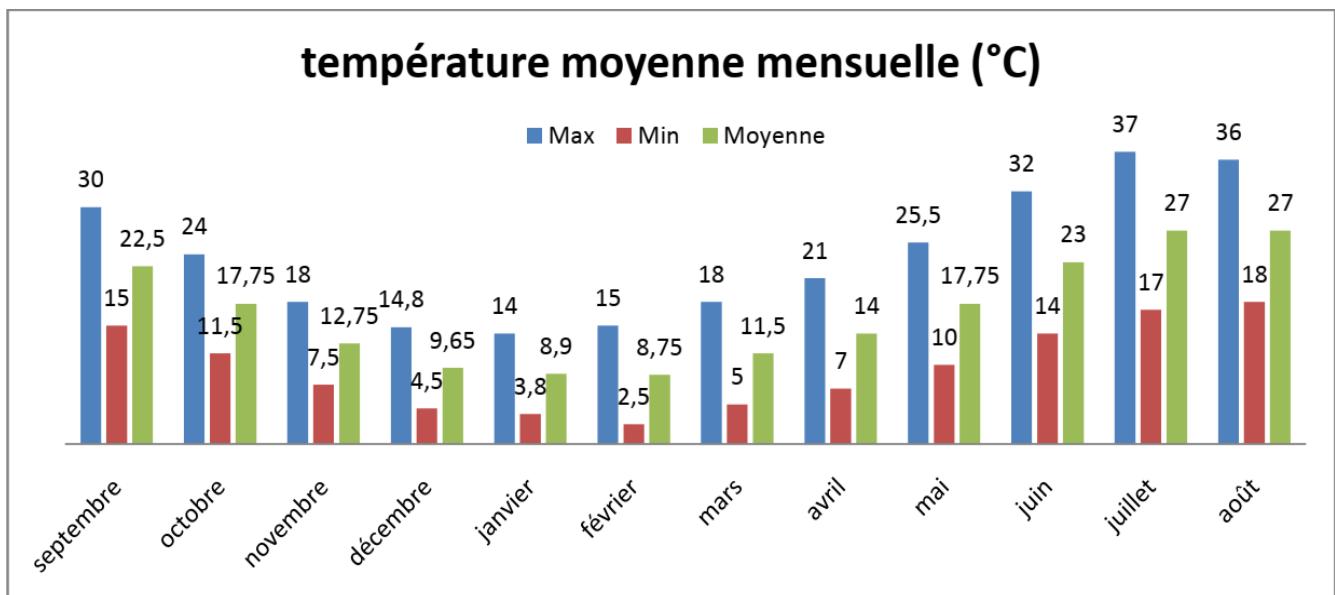
[27]

la répartition mensuelle de la pluviométrie montre que les mois les plus humides, en hiver et au printemps, renferment plus de 70 % du total interannuel avec un maximum au mois de Novembre et Janvier (43.3 et 43.2 mm), et que les mois secs, moins de 30%, se situent en été avec des précipitations non significatives (figure II.5) .



**Figure II.5:** Précipitations moyennes mensuelles [27]

Le régime thermique de la région est caractérisé par des températures élevées en été et relativement basses en hiver. Les températures les plus élevées sont enregistrées durant les mois de Juillet et Août, où elles atteignent un maximum de 35.7 °C en moyenne, ce qui correspond à une forte évaporation. Les basses températures se manifestent au mois de février avec une température moyenne de 9.1°C et une minimale moyenne de 2.9 °C.



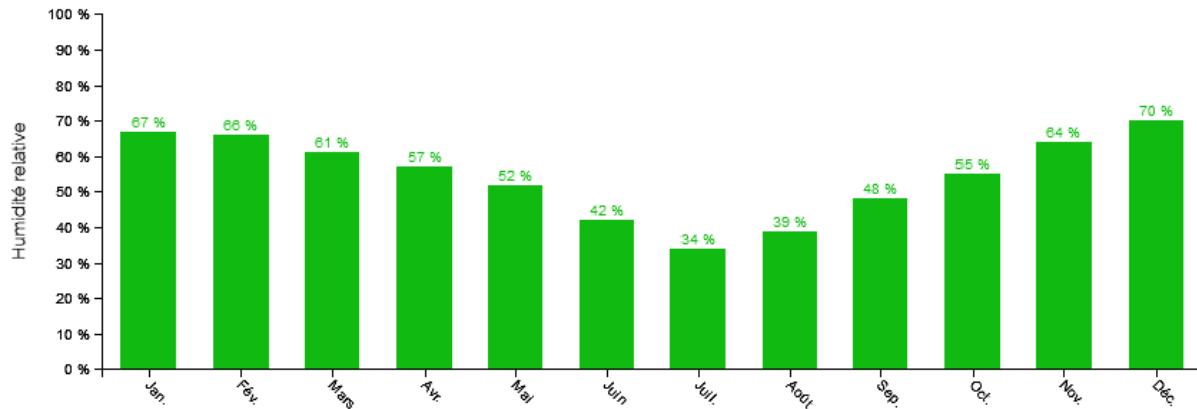
**Figure II.6 :** Régime saisonnier de la zone d'étude (1980 - 2005).[27]

Cette figure représente les variations mensuelles moyennes de la température. Elle montre une décroissance des températures entre le mois de Septembre jusqu'à Janvier, suivie d'une croissance jusqu'au mois d'Août.

On peut distinguer deux grandes périodes :

- . Période froide allant du mois du novembre jusqu'au mois de mars est caractérisé par un minimum absolu de température de 2.5°C, au mois de février.
- . Périodes chaudes avec un maximum absolu correspondant à la période allant du mois de Juillet jusqu'au mois d'Août.

Le record de chaleur est de 44°C enregistré le samedi 7 juillet 2012 et le record de froid de -11°C enregistré le mardi 28 décembre 2004.



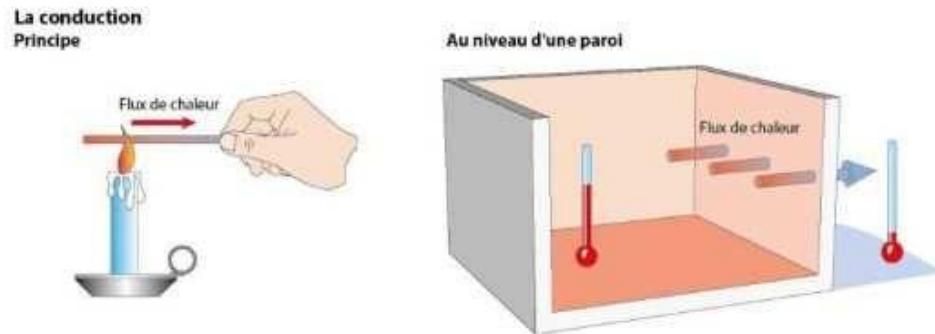
**Figure II.7:** Taux d'humidité relative et inconfort par rapport à la température[27]

## II.4 Mode de transfert de chaleur :

Dans le domaine de bâtiment, les échanges thermiques de la chaleur se font principalement selon 3 modes de transmission : la conduction « majoritaire », la convention et le rayonnement

### 1 La conduction

Il s'agit du transfert de chaleur dans un milieu opaque sans transfert de masse. Effet de la différence de température. Diffusion de chaleur par conduction interne La vibration de la matière se produit par deux mécanismes différents : la transmission par les vibrations atomiques. ou transfert de molécules et d'électrons libres[16]

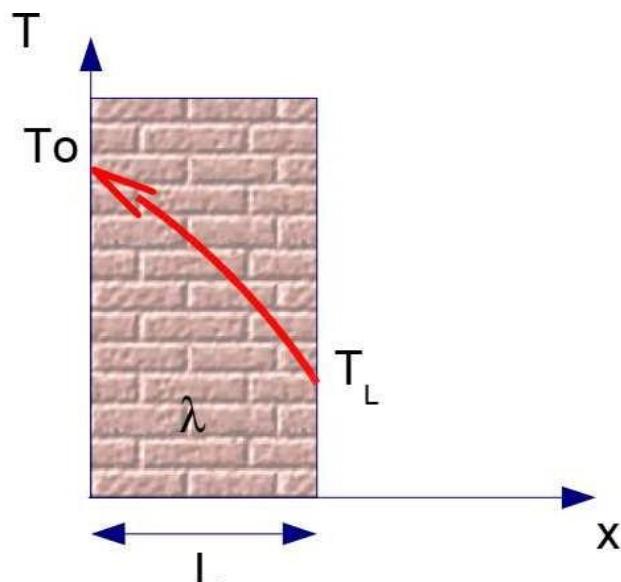


**Figure: II.8 :** Transfert de chaleur par conduction[16]

La conductivité thermique dépend de:

- La nature chimique du matériau
- La nature de la phase considérée (solide, liquide, gazeuse)
- La température
- L'orientation des fibres ou cristaux dans les corps anisotropes (bois, plastiques laminés, etc.)

Unités :  $\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$



**FigureII .9:** Conduction dans un mur de conductivité  $\lambda$  et épaisseur  $L$  en régime permanent.

$$\bar{Q} = -\lambda A \frac{dT}{dx} \rightarrow \frac{\bar{Q}}{A} dx = -\lambda dT \quad (\text{II ; 4})$$

$$\frac{\bar{Q}}{A} \int_0^L dx = - \int_{T_0}^{T_L} 1 dT \quad (\text{II ; 5})$$

Avec :

$\bar{Q}$  : Flux de chaleur transmis par conduction (W)

$\lambda$  : Conductivité thermique du milieu ( $\text{W m}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ )

$x$  : Variable d'espace dans la direction du flux (m)

$A$  : Aire de la section de passage du flux de chaleur ( $\text{m}^2$ )

$\frac{dT}{dx}$  Le gradient de température au point  $x$  considéré, c'est à dire la variation de la température par unité de longueur dans la direction  $x$

$$\text{Si } 1 \neq f(T) \Rightarrow \frac{\bar{Q}}{A} L = (T_0 - T_L) 1 \quad (\text{II ; 6})$$

$$\bar{Q} = \frac{\Delta T}{\frac{L}{A_1}} = \frac{\Delta T}{R_1} \quad \text{avec} \quad R_1 \equiv \frac{L}{A_1} \quad (\text{II ; 7})$$

- Résistance thermique:  $R_\lambda$
- Conductance thermique:  $K_\lambda = 1/R_\lambda$

Conductance thermique spécifique (ou par unité de surface):

$$k_> = K_>/A$$

Résistance thermique spécifique (ou par unité de surface) :

$$r_1 = \frac{1}{K_1} = A R_1 \quad (\text{II ; 8})$$

$$\bar{Q} = \frac{\Delta T}{R_1} = K_1 \Delta T \quad \text{OU} \quad q = K_1 \Delta T = \frac{\Delta T}{R_1} \quad (\text{II ; 9})$$

## 2. La convection

Les phénomènes de convection sont toujours impliqués dans le transfert de chaleur. Les fluides se déplacent par rapport aux éléments solides. Lorsqu'un courant électrique est généré dans le liquide En raison des différences de densité simplement dues aux gradients de température, La convection peut être naturelle ou libre. D'autre part, si le mouvement du fluide est pompé ou B. Ventilateur, le processus est appelé convection forcée[16]

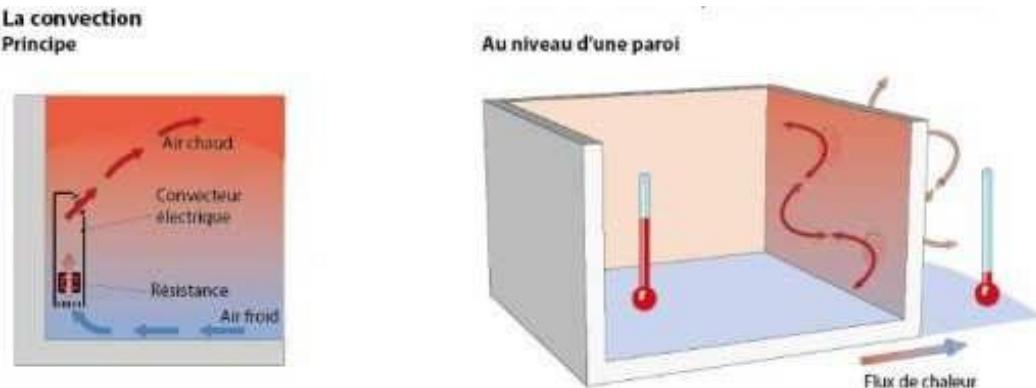


Figure: II.10: Transfert de chaleur par convection[16]

On distingue deux types de convection:

- **Convection forcée** : le mouvement du fluide est dû à l'action d'une pompe.
- **Convection naturelle** (ou libre) : le mouvement du fluide est créé par des différences de densité, elles-mêmes dues à des différences de température existant dans le fluide.

## LOI DE NEWTON

$$\bar{Q} = \alpha A (T_s - T_\infty) \quad (\text{II ; 10})$$

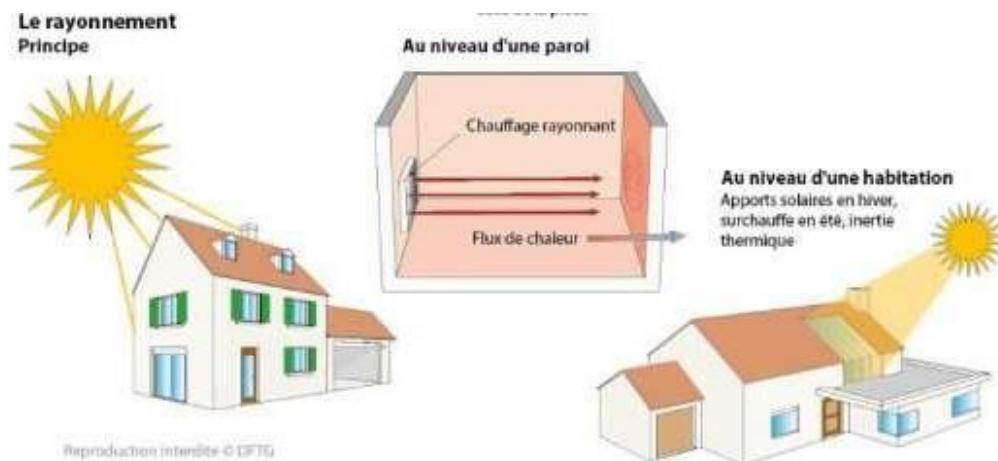
$\alpha$  : le coefficient d'échange convectif (  $\text{W m}^{-2} \text{K}^{-1}$  )

•  $T_s$  : la température de la surface considérée

•  $T_\infty$  : la température du fluide « au large » (suffisamment loin de la surface)

### 3. Le rayonnement

Dans le transfert de chaleur radiatif, le transfert de chaleur est Oscillations électromagnétiques entre deux surfaces (même dans le vide). sans se contacter Se propageant en ligne droite sans support en raison du déplacement des ondes dans l'espace objet



**Figure II.11:** Transfert de chaleur par rayonnement[16]

## II.5. DEPERDITIONS THERMIQUES

La perte de chaleur est la perte de chaleur subie par l'enveloppe du bâtiment. Ces déperditions sont des caractéristiques de la construction, des matériaux et des propriétés environnementales. Bâtiments (climat, effets de masque, orientation, etc.). Ces pertes sont Bâtiments non isolés ou mal isolés.

Déperdition de chaleur possible pour certificat de construction :

- Par le toit face à l'extérieur,
- À travers le mur,
- Par les étages inférieurs,
- Par les portes et les fenêtres,
- En raison des échanges d'air et des fuites,
- Au niveau des ponts thermiques

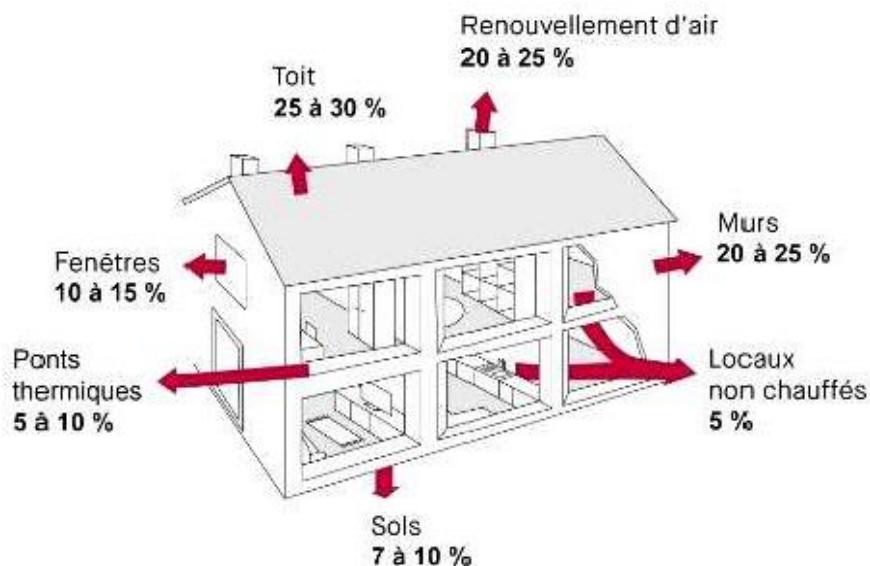


Figure: II.12:Répartition en % des déperditions pour une maison [18]

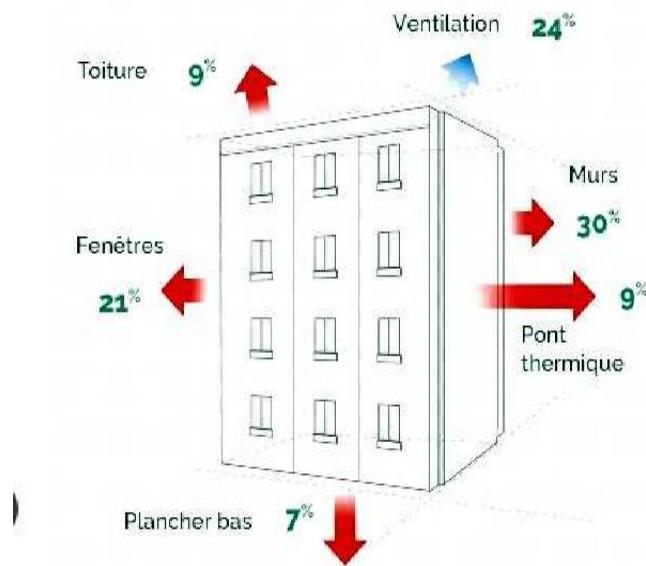


Figure: II.13 :Répartition en % des déperditions pour un immeuble[18]

#### II.5.1. EXPRESSION GENERALE DES DEPERDITIONS:

- a. **Déperditions totales d'un logement:** pour un logement, contenant plusieurs volumes thermiques, sont données par :

$$D = Z D_i \quad [\text{W}/^\circ\text{C}] \quad (\text{II.11})$$

- déperditions totales D

où  $D_i$  (en  $\text{W}/^\circ\text{C}$ ) représente les déperditions totales du volume i. [26]

- b. **Déperditions totales d'un volume:**

Les déperditions totales

$$D_i = (DT)_i + (DR)_i \quad [\text{W}/^\circ\text{C}] \quad (\text{II.12})$$

- $(DT)_i$  (en  $\text{W}/^\circ\text{C}$ ) représente les déperditions par transmission du volume i
- $(DR)_i$  (en  $\text{W}/^\circ\text{C}$ ) représente les déperditions par renouvellement d'air du volume i. [26]

- c. **Déperditions par transmission d'un volume:**

- Les déperditions par transmission  $(DT)_i$  d'un volume i sont données par :

$$(DT)_i = (Ds)_i + (Dli)_i + (Dsol)_i + (Dlnc)_i \quad [\text{W}/^\circ\text{C}] \quad (\text{II.13})$$

**AVEC :**

- $(D_s)_i$  (en  $W/^\circ C$ ) représente les déperditions surfaciques à travers les parties courantes des parois en contact avec l'extérieur
- $(D_{li})_i$  (en  $W/^\circ C$ ) représente les déperditions à travers les liaisons
- $(D_{sol})_i$  (en  $W/^\circ C$ ) représente les déperditions à travers les parois en contact avec le sol
- $(D_{lnc})_i$  (en  $W/^\circ C$ ) représente les déperditions à travers les parois en contact avec les locaux non chauffés [26]

**d. Déperditions par renouvellement d'air d'un volume :**

Les déperditions par renouvellement d'air d'un volume  $i$  ( $DR)_i$  sont données par :

$$(DR)_i = (DR_v)_i + (DR_s)_i \quad [W/^\circ C] \quad (\text{II.14})$$

- $(DR_v)_i$  (en  $W/^\circ C$ ) représente les déperditions dues au fonctionnement normal des dispositifs de ventilation
- $(DR_s)_i$  (en  $W/^\circ C$ ) représente les déperditions supplémentaires dues au vent [26]

**II.5.2. Relation entre les déperditions du logement et les déperditions des volumes :**

- 1) Les déperditions par transmission  $DT$  (en  $W/^\circ C$ ) du logement sont égales à la somme des déperditions par transmission des différents volumes  $i$ , soit[26]

$$DT = \sum (DT)_i \quad [W/^\circ C] \quad (\text{II.15})$$

- Les déperditions par transmission  $DT$
- 2) Les déperditions par renouvellement d'air  $DR$  (en  $W/^\circ C$ ) du logement sont égales à la somme des déperditions par renouvellement d'air des différents volumes  $i$ , soit[26]

$$DR = \sum (DR)_i \quad [W/^\circ C] \quad (\text{II.16})$$

- Les déperditions par renouvellement d'air  $DR$

### II.5.3. Les apports d'énergie dans les bâtiments : [19]

#### 1) Les apports intérieurs:

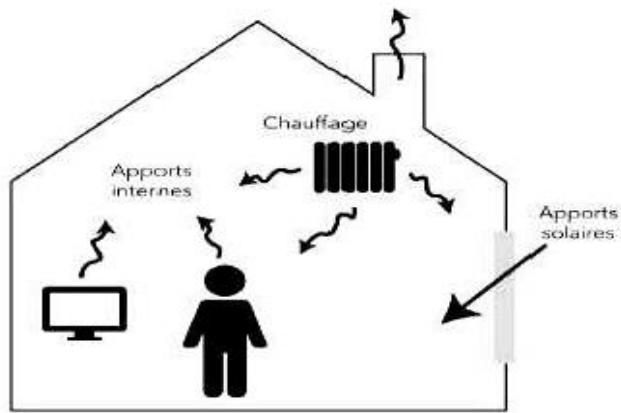
Le chauffage est une source de gain interne qui nécessite une attention particulière Efficacité énergétique du système de chauffage.

Les sources comprennent la respiration humaine et les radiations, les appareils électroménagers et le multimédia consommation d'énergie possible

#### 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 :

- a) **Les apports solaires directs** : C'est l'insolation provenant de l'eau, fenêtre ou fenêtre. Celles-ci représentent une charge calorifique très élevée : 1,5 Terminologie de la chaleur du bâtiment  $m^2$  de surface du soleil, équivalent à un radiateur. Pour se prémunir contre ces risques, La seule solution (crème solaire).
- b) **Les apports solaires indirects** : Ils correspondent à l'apport solaire indirect Rayonnement qui pénètre dans des structures telles que les murs extérieurs logement (notamment pont thermique)



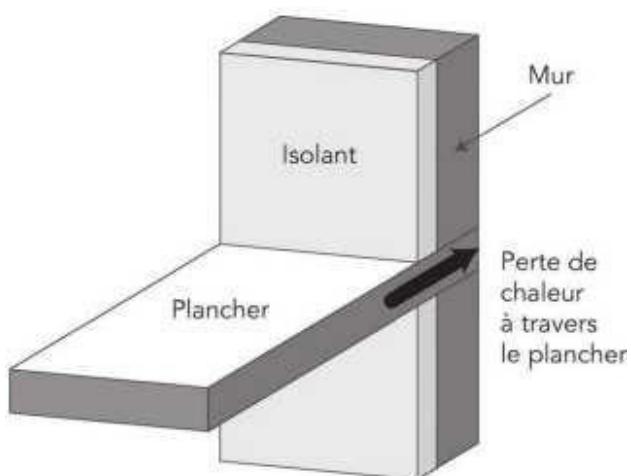
**Figure : II.14:**Apports d'énergie dans les bâtiments[19]

## II.6. Les Ponts thermiques :

Les ponts thermiques sont formés par des discontinuités dans la couche isolante. c'est tout l'espace Faible résistance à la chaleur. Des lignes de champ magnétique se forment à proximité des ponts thermiques Serrer. Les isothermes se déforment avec l'augmentation de la distance. la ligne d'écoulement reste toujours perpendiculaire à l'isotherme. Ces ponts provoquent non seulement une perte de chaleur inutile, mais ils peuvent également causer des dommages. Moisissure, taches de poussière.

Composants de l'enveloppe isolée (murs, plafond, sol et fenêtres et portes) doivent entourer complètement le volume chauffé. pièce non chauffée Il peut être inclus dans la quantité de chauffage. La véranda et le porche doivent être couverts

Les ponts thermiques entraînent une perte de chaleur supplémentaire par rapport à Pertes à travers les murs des bâtiments. Ponts thermiques dans les bâtiments non isolés Étant donné que la perte totale est faible (généralement moins de 15 %), Les murs sont très hauts. En revanche, si le mur est fortement isolé, Les pertes des ponts thermiques deviennent de plus en plus importantes. plus de 30%. mais la perte Très faible dans l'ensemble. Le pont thermique[20]

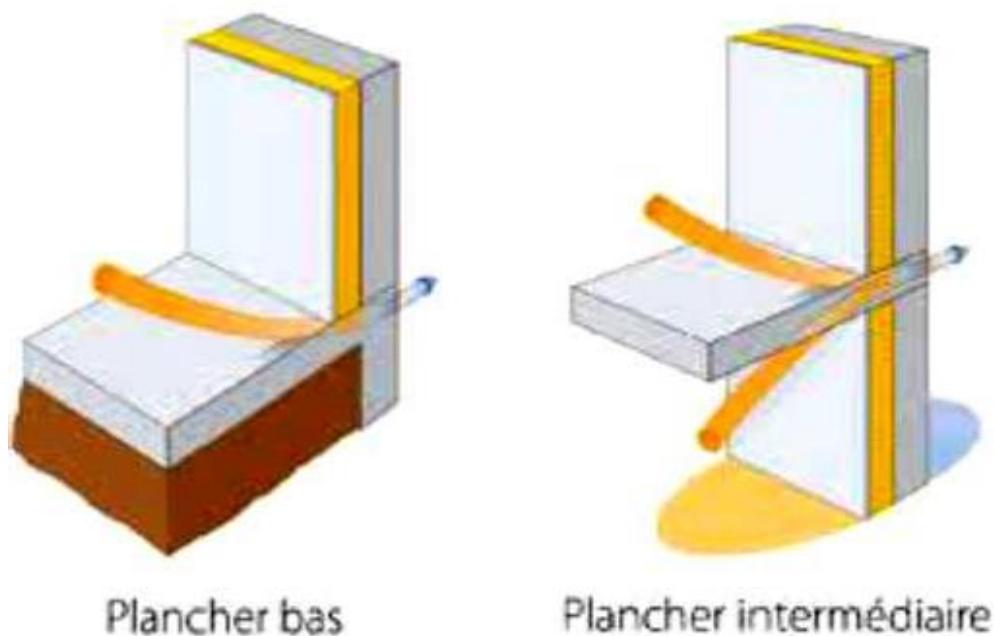


**Figure II.15:** Perte de chaleur à travers un pont thermique[25]

## II.6.1 Types de ponts thermiques

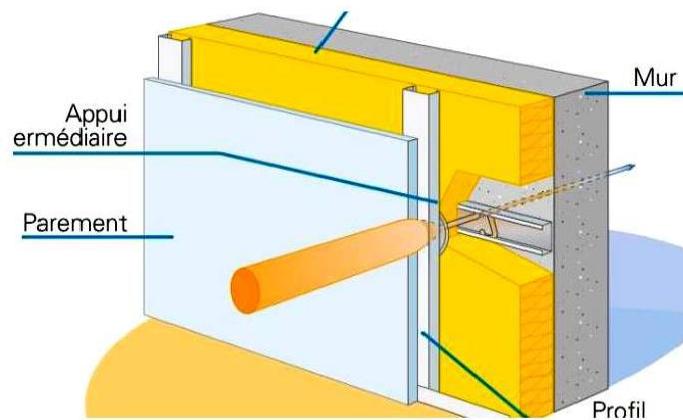
Une distinction est faite entre les ponts thermiques géométriques tels que les angles et les coins et les ponts thermiques. Un matériau thermique dans lequel le matériau thermiquement conducteur pénètre dans la couche isolante. Les ponts thermiques sont également classés en ponts linéaires à longueur fixe et en ponts thermiques. Points où subsistent localement des coupures dans la couche isolante. Courbure de la couche L'isolation ou l'encastrement forme un pont thermique géométrique. doit suivre l'isotherme La courbure du mur et les lignes de courant perpendiculaires à celui-ci se contractent vers l'intérieur Courbure Il existe deux grands types de ponts thermiques.

- ✓ **Ponts thermiques des liaisons:** ils se trouvent à la jonction de deux parois de l'enveloppe du bâtiment (mur toiture ou mur fenêtre), ou bien au niveau des changements de plan (vertical / horizontal)



**Figure II.16:**Ponts thermiques de liaisons[21]

- ✓ **Ponts thermiques intégrés ou ponctuels:** Le mur est composé de plusieurs Composants assemblés par collage, vissage ou assemblage mécanique. leur cas Structure incorrecte. Ces assemblages (charpentes métalliques, supports, etc.) Nous avons intégré autant de petits ponts thermiques que possible dans le système. je reçois ce problème Même en utilisant des isolants[21]



Appui métallique

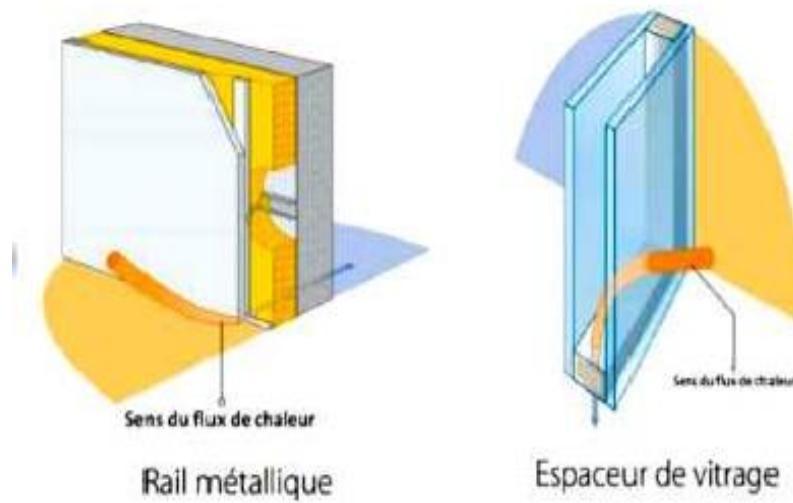


Figure II.17:Ponts thermiques intégrés[21]

## II.6.2 Traitement d'un pont thermique:

Les ponts thermiques ne sont pas une fatalité et il est possible de les combattre pour éliminer ou au moins limiter au maximum leurs effets. Les solutions pour lutter contre les ponts thermiques sont les suivantes :

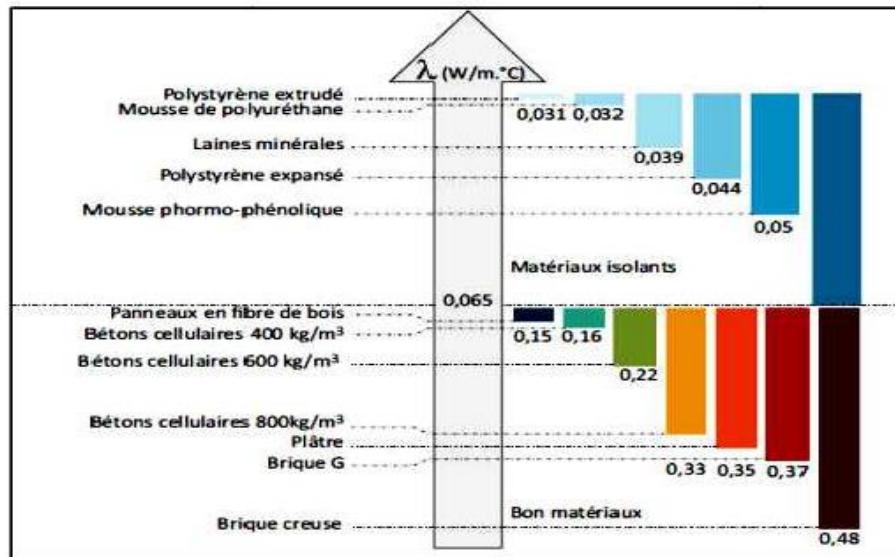
- ✓ **les efforts à la conception** : en privilégiant une conception empêchant les ponts thermiques structurels, on peut éliminer une bonne partie des déperditions sur ce poste ;
- ✓ **le choix des matériaux et le recours à Isolation répartie** : les matériaux à isolation répartie sont des matériaux qui remplissent à la fois la fonction de structure porteuse et d'isolation. Par commodité, les structures à ossature bois sont également considérée comme des matériaux à isolation répartie. En effet, ce mode constructif permet de s'affranchir des ponts thermiques structurels et parfois, si cela est suffisamment réfléchi, des ponts thermiques intégrés ;
- ✓ **Tisolation par l'extérieur** : elle permet de minimiser les ponts thermiques (surtout en collectif ou sur les maisons à étage) pour les refends et les planchers intermédiaires. De plus ce procédé permet de conserver l'inertie ;
- ✓ **Tutilisation de rupture de ponts thermiques** : en assurant la continuité verticale de l'isolation au niveau des liaisons entre dalles, refends ou balcons et la façade ils permettent d'éliminer une grande partie des déperditions sur ces jonctions. En rénovation, le mur de refend a été désolidarisé du mur extérieur et la nouvelle jointure est réalisée avec de la brique alvéolaire volcanique isolante. [25]

## II.7. Conductivité thermique :

La conductivité thermique(note  $\lambda$ ) correspond à la capacité d'un matériau à conduire la chaleur. Elle représente la quantité de chaleur transférée par unité de surface et par unité de temps, sous un gradient de température [23], son unité est **[W /m . C°]**.

$$1 = q \frac{e}{\Delta T} \quad (\text{II.18})$$

- La conductivité thermique(note  $\lambda$ )



**Figure II.18 :** Conductivités thermiques de quelques matériaux [20]

Une conductivité thermique plus faible réduit la quantité de chaleur s'échappant à travers une seule paroi . La différence de température à travers la paroi diminue et diminue à mesure que l'épaisseur de la paroi augmente. le mur monte. Dans le secteur du bâtiment, les moyens de limiter les déperditions de chaleur sont : Valeur de conductivité thermique et optimisation de l'épaisseur de paroi.

## II.8. Résistance thermique R :

Un autre indicateur est La résistance thermique (notée R) correspond a la capacité d'un matériau à résister au froid et à la chaleur. Elle est déterm née en divisant l'épaisseur du matériau (e) par la conductivité thermique de ce dernier(λ) [23],

$$R = \frac{e}{\lambda} \quad (m^2 \cdot \frac{K}{W}) \quad (\text{II.19})$$

- La résistance thermique (notée R)

## II.9. Inertie thermique :

On a l'habitude de présenter l'inertie thermique d'un corps comme étant sa capacité à emmagasiner (stoker) de la chaleur pour la restituer ensuite progressivement. Plus un matériau est lourd et compact, plus il a une inertie thermique importante. Ainsi, une maison en parpaing a une inertie thermique importante alors qu'une maison à ossature à bois n'en a quasiment aucune. Toute paroi va amortir et déphasier le flux de chaleur induit par les sollicitations extérieures (température, ensoleillement). L'amortissement et le déphasage sont d'autant plus marqués que la masse surfacique de la paroi est importante (forte inertie thermique).

Si l'inertie d'une construction est faible, la température intérieure va suivre de près les variations de la température extérieure. Conséquences : la température intérieure en été risque d'être élevée pendant la journée ; en hiver, la température intérieure risque d'être basse la nuit. Au contraire, si l'inertie est importante, elle peut être utile en été : la température intérieure va rester à une température plus fraîche que celle de l'extérieur en journée.

Mais attention, la température intérieure va être à une température plus élevée que celle de l'extérieur la nuit. L'effet d'inertie peut être détruit par des revêtements muraux ou de sol (moquette, plafond acoustique, isolation placée côté intérieur, etc.). [24]

## II.10. Conclusion

Par conséquent, la perte de chaleur ou la perte de chaleur qui se produit dans le logement est plus grande. Une mauvaise isolation en est souvent la cause. Impact sur la consommation d'énergie. Beaucoup plus important que les performances du chauffage. Donc, Trouver et traiter la cause est important.

Par conséquent, nous avons identifié les points faibles de l'appartement afin de savoir quel type de travaux effectuer. Atteindre pour optimiser sa qualité thermique. Nous avons compilé une liste des causes de perte de chaleur dans votre maison. Parmi ces sources figurent Plus important encore, j'ai mentionné les toits, les murs, la régénération de l'air, les vitrages et les sols. Sol et ponts thermiques.



## **CHAPITRE III**

**Présentation du logiciel et du projet et  
Résultats du logiciel**

### III.1: Présentation du logiciel.

#### III.1.1 Introduction :

l'équipe du CDER (Centre de Développement des Energies Renouvelables) a développé une application baptisée RETA - Règlementation Thermique Algérienne. L'application est un logiciel libre d'accès qui se présente sous forme d'interface graphique accessible via l'adresse web (<http://reta.cder.dz>). L'application, qui se veut être un outil d'aide pour les intervenants dans le domaine de la construction, présente à l'utilisateur une interface ergonomique et facile d'utilisation lui permettant de décrire les différents composants d'un bâtiment et d'effectuer les calculs thermiques nécessaires afin de vérifier la conformité du projet vis-à-vis de la réglementation thermique Algérienne (DTR C3-2 et DTR C3-4). Comme tout logiciel, l'application RETA sert à éviter à l'utilisateur un calcul fastidieux pouvant engendrer à la fois des erreurs de calcul et une perte de temps.

Les nouveaux bâtiments doivent vérifier les éléments suivants :

##### 1) Vérification hivernale (DTR C3-2)

Ce DTR concerne la période d'hiver. Il stipule que les déperditions calorifiques par transmission à travers les parois calculées pour la période d'hiver doivent être inférieures à une valeur de référence [44] . **DT≤1.05Dréf**

##### 2) Vérification des données (DTR C3-4)

Ce deuxième DTR est réservé à la période d'été et mentionne que les apports de chaleurs à travers les parois (opaques et vitrées) calculés à 15h du mois de juillet (considéré comme le mois le plus chaud de l'année) doivent être inférieurs à une limite appelée « Apport de Référence » [44] .

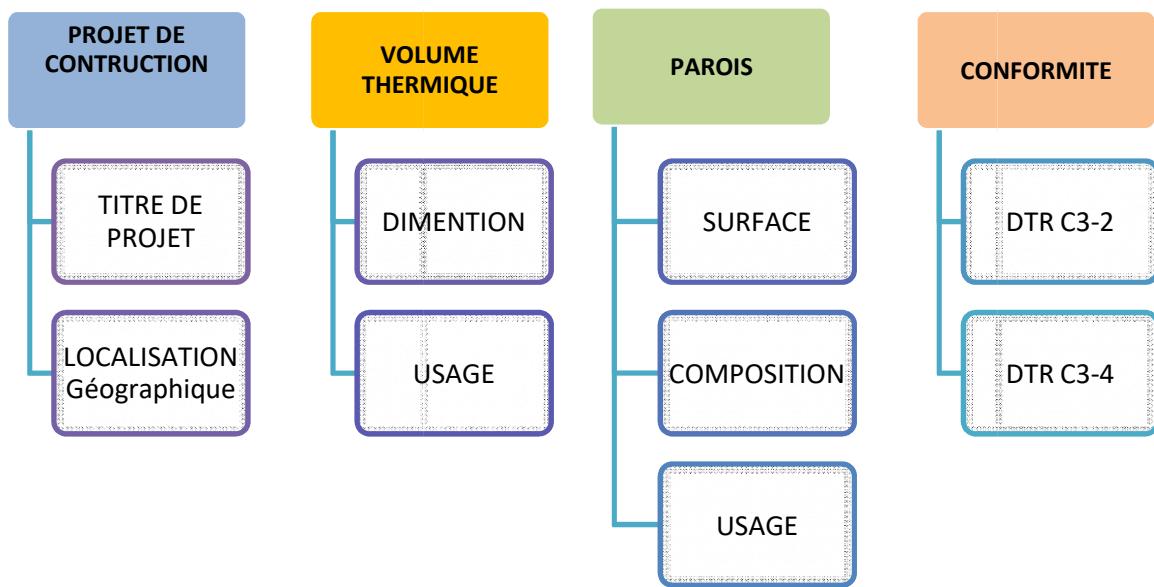
**APO (15 h) + AV (15 h) ≤ 1.05 .Aréf**

#### 4.1.2 Structure et principe de calcul :

Structures de données utilisées pour décrire et stocker des données L'application CT BAT est très simple. Ceci s'inspire de la distribution hiérarchique naturelle. Suivre la division des unités et des composantes décrites dans la description du projet de construction. Documents DTR C3-2 et C3-4. Le diagramme ci-dessus montre la structure de base et de base de . Configuration des données dans l'application CT BAT

#### III.1.2.Application RETA :

Expérience professionnelle acquise dans le cadre du premier projet, l'équipement du CDER a Développement d'une application baptisée RETA - Réglementation Thermique Algérienne. L'application est un logiciel libre d'accès qui se présente sous forme d'interface graphique accessible via l'adresse web (<http://reta.cder.dz>). L'application, c'est un outil d'aide pour les intervenants dans le domaine de la construction, présente à l'utilisateur une interface ergonomique et facile d'utilisation lui permettant de décrire les différents composants d'un bâtiment et d'effectuer les calculs thermiques nécessaires afin de vérifier la conformité du Projet vis-à-vis de la réglementation thermique algérienne (DTR C3-2 et DTR C3-4).



### III.1.3 Écran d'accueil

L'écran d'accueil de l'application présente 4 panneaux :

- Panneau de présentation brève de l'objectif de l'application.
- Panneau des partenaires officiels ayant concouru et participé à l'élaboration de l'application
- Panneau de démarrage pour créer ou ouvrir un projet de construction.
- Panneau d'aide pour consulter la documentation officielle composée des DTR.C3-2 et DTR C3-4



Figure III .1 : Ecran d'accueil [11]

### III.1.4 Créer un projet :

Un projet représente le concept de base sur laquelle toutes les informations sont enregistrées. Explications et tous les calculs liés aux inspections réglementaires pour un bâtiment particulier. Cette application vous permet de créer et de gérer divers projets ou modifier un projet.

Figure III.2 : Créer un projet (données techniques) [11]

**Modifier projet**

Données techniques	Description	
Titre du projet	Appartement1 <input checked="" type="checkbox"/>	
Site d'implantation	Altitude (m)	Latitude en °
Zones urbaines ; zones industrielles ; forêts ; <input checked="" type="checkbox"/>	868 <input checked="" type="checkbox"/>	34 <input checked="" type="checkbox"/>
Classe de rugosité : Classe IV / Coef. de limpidité de l'atmosphère : 0,870		
Wilaya : 20 – Saida <input checked="" type="checkbox"/>	Zones Climatiques Eté : C/ Hiver : B	
Groupes de communes :		
Sélectionner, parmi ces groupes la commune d'implantation du projet Groupe 1: Maamora, Sidi Ahmed, Ain Skhouna <input checked="" type="checkbox"/> Groupe 2:Hounet, Ouled Brahim, Sidi Boubeker, Ain Soltane, Tircine, Sidi Amar, Ouled Khaled, Youb, Doui Thabet, El Hassasna, Saida, Ain		
<input type="button" value="Modifier"/>		<input type="button" value="Annuler"/>

**Figure III.3:** Créer un projet (description) [11]

### III.1.5 Enveloppe :

D'après le DTR L'enveloppe ou le volume thermique est définie comme suit dans le Chapitre 2 (§1.2 à la page 14) :

*« Un volume thermique est un volume d'air supposé homogène en température, susceptible d'être chauffé par un corps de chauffe dimensionné à cet effet ».[26].*

### III.1.6 Panneau enveloppes :

L'écran projet dispose d'un panneau consacré à la gestion des enveloppes, il permet de :

- Créer une nouvelle enveloppe
- Charger une enveloppe existante
- Modifier l'enveloppe en cours
- Supprimer l'enveloppe en cours

### III.1.7 Charger une enveloppe :

Pour charger une enveloppe déjà créée et travailler sur ses éléments, il suffit de la sélectionner depuis la liste déroulante présente au centre du panneau « Enveloppes ».

L'application va charger les données relatives à l'enveloppe aussi que l'ensemble de ses composantes (parois, portes, ...).

Le panneau affiche alors un ensemble de 5 nouvelles actions contextuelles :

- Dupliquer

- Modifier
- Supprimer
- Chauffage
- Renouvellement d'air

**Nouvelle enveloppe**

**Général**

Nom de l'enveloppe	Saisissez le titre ...	⚠	Surface des planchers intermédiaires (m <sup>2</sup> )	Superficie en m <sup>2</sup>	⚠
Volume brut (m <sup>3</sup> )	Volume brut en m <sup>3</sup>	⚠	Volume d'air net (m <sup>3</sup> )	Volume net en m <sup>3</sup>	⚠

**Calcul Hiver**

Type de l'enveloppe	Choisissez une valeur :	⚠
---------------------	-------------------------	---

**Calcul été**

Usage de l'enveloppe	Choisissez une valeur :	⚠	Temps de fonctionnement (climatisation)	Choisissez une valeur :	⚠
Conditions internes	Choisissez une valeur :	⚠	<input type="checkbox"/> Gains latents importants		

**Ajouter** **Annuler**

**Figure III.4:** Écran enveloppe chargée. [11]

### III.1.8 Les parois

Pour créer une paroi ou bien une nouvelle paroi il faut d'abord entrer (nom de la paroi , surface , orientation ....)

**Nouvelle paroi**

Nom de la paroi	Surface (m <sup>2</sup> )	Inclinaison
Saisissez le nom de la paroi ...	Saisissez la surface de la paroi ...	Choisissez une valeur :
Orientation	Type	Contact
Choisissez une valeur :	Choisissez une valeur :	Choisissez une valeur :

**Ajouter** **Annuler**

**Figure III.5 :** crée une nouvelle paroi [11]

## ▪ Liste des parois

L'écran du projet affiche un grand écran ou les composants le plus riches et le plus complexe à décrire, cet espace de travail est organisée en deux Panneaux : le panneau de liste des parois et le panneau de configuration et de synthèse d'une paroi

Aucun projet sélectionné

Enveloppes

Parois

Afficher toutes les parois

+ Ajouter une Paroi

Mur-N

Mur-O

Mur-S

Mur-E

plancher-2

Fenêtre-N

Fenêtre-S-1

Fenêtre-S-2

Porte-balcon-N

Outils

Projet

Aide

Menu Paroi

Mur-N

Détails Composition

Caractéristiques générales de la paroi

Description Surface Epaisseur Résistance

Verticale / Opaque / Extérieur / Orientation : N (180°) La paroi est à l'ombre 8,0000 m<sup>2</sup> 0,3400 m 0,6584 (m<sup>2</sup> °C)/W

Calculs Hiver (DTR C-3.2)

Rés. sup. K Coef. C DT DTréf

0,1700 (m<sup>2</sup> °C)/W 1,2057 W/m<sup>2</sup> °C 1,0000 W/m<sup>2</sup> °C 11,5746 W/°C 8,0000 W/°C

Calculs Eté (DTR C-3.4)

Rés. sup. K Coef. C ΔTsréf ΔTes ΔTem CΔTe

0,1400 (m<sup>2</sup> °C)/W 1,2509 W/m<sup>2</sup> °C 1,0000 W/m<sup>2</sup> °C 2,5100 °C 4,4000 °C 4,4000 °C -1,0500 °C

APO APOréf

40,2299 W 20,0800 W

Figure III.6: Écran liste des parois [11]

## ▪ Panneau paroi

Le panneau paroi est le plus grand dans l'écran projet. Il représente l'espace de travail sur les parois. Il inclut une barre de titre qui affiche le nom de la paroi ainsi que 2 boutons de manipulation pour la modification et la suppression de la paroi.

Il abrite aussi plusieurs onglets qui incluent plusieurs panneaux afin de regrouper les données et les synthèses dans des sous-ensembles homogènes aspects descriptifs (compositions rayonnement....).[20]



Figure III.7: Écran panneau synthèse et manipulation des données d'une paroi [11]

#### ▪ Paroi vitrée

Les différents aspects de la paroi vitrée peuvent être décrits dans l'onglet « **composition** »

Il s'agit de :

- Composition
- Protection Hiver
- Protection Été
- Surfaces vitrées et ensoleillées

#### Composition :

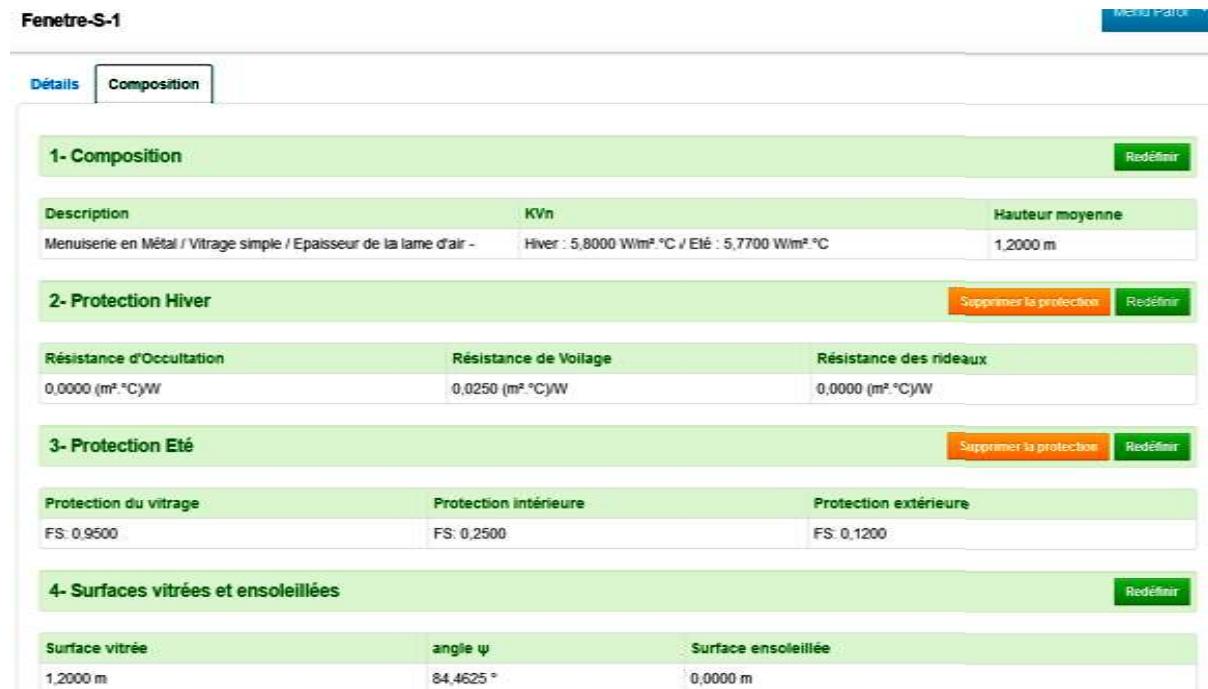


Figure III.8 : Écran onglet composition d'une paroi vitrée [11]

L'application demande une description de la composition de la paroi vitrée avant de définir les paramètres supplémentaires.

Pour définir la composition de la paroi vitrée, il suffit de cliquer sur le bouton "Définir".

Une nouvelle fenêtre apparaîtra avec deux blocs différents.

Dans le premier bloc, vous devez saisir la surface vitrée et la hauteur moyenne de la paroi vitrée par rapport au sol.

#### ▪ Protection Hiver

Il faut ensuite définir la protection de la paroi vitrée suivant les définitions du DTR C3-2 le second bloc intitulé « Protection Hiver ». il faut **Cliquez** sur le bouton « Définir » dans la barre de titre du bloc.



**Figure III .9:** Écran protection de la paroi vitrée en hiver[11]

#### ▪ Protection Été

La protection été est basée sur la protection de vitrages utilisé et des matériaux de protection supplémentaires (rideaux, etc ...).

Pour définir la protection été de la paroi vitrée, il suffit de cliquer sur le bouton « Définir » du bloc « Protection Été ».

Une nouvelle fenêtre apparaîtra avec deux blocs de définition différents: Bloc Vitrage permettant de désigner la nature exacte du vitrage utilisé et d'en déduire la protection associée Bloc Protection permettant de expliquer en fonction du vitrage sélectionné les protections adéquates.

**Note :**

*Les champs présentés pour la définition varient selon la composition de la paroi vitrée : vitrage simple, double ou fenêtre double.12*

### Définir la protection du vitrage en été



Figure III.10: Écran protection été pour un vitrage simple [11]

### Définir la protection du vitrage en été



Figure III.11 : protection été pour un vitrage double. [11]



**Figure III.12 :** Écran protection été pour une fenêtre double. [11]

Lorsque les données de la protection sont définies, le bloc « Protection été » affiche une synthèse de tous les facteurs solaires calculés à la place de l’ recommandation affiché lors de la création de la paroi.

### III.1.9 Composition de la porte

Dans la nouvelle fenêtre qui apparaîtra, vous devrez spécifier le type, la nature et la composition de la porte et saisissez la hauteur moyenne par rapport au sol.

Si la porte a des seuils et des joints d’étanchéité, il fut cocher la case isolation afin que les calcule des échanges thermiques dus à l’infiltration d’air soient correct.



**Figure III.13:** Écran définition de la composition d'une porte [11]

L'onglet « Composition » affiche une synthèse des calculs effectués une fois toutes les données de composition et d'absorption ont été définies

Composition	K Hiver	K été
Porte en métal - Avec vitrage simple	5,80 W/m <sup>2</sup> .°C	5,77 W/m <sup>2</sup> .°C

**Figure III .14 :** Écran onglet de composition d'une porte avec synthèse complète des calculs.[11]

### III.1.10 Renouvellement d'air :

Les calculs de renouvellement et de remplacement par circulation d'air sont proportionnels au volume et non pas le mur. Pour définir les paramètres et les données du volume ou de l'enveloppe en cour.

Deux scénarios différents sont possibles selon l'utilisation du volume thermique ou de l'enveloppe.

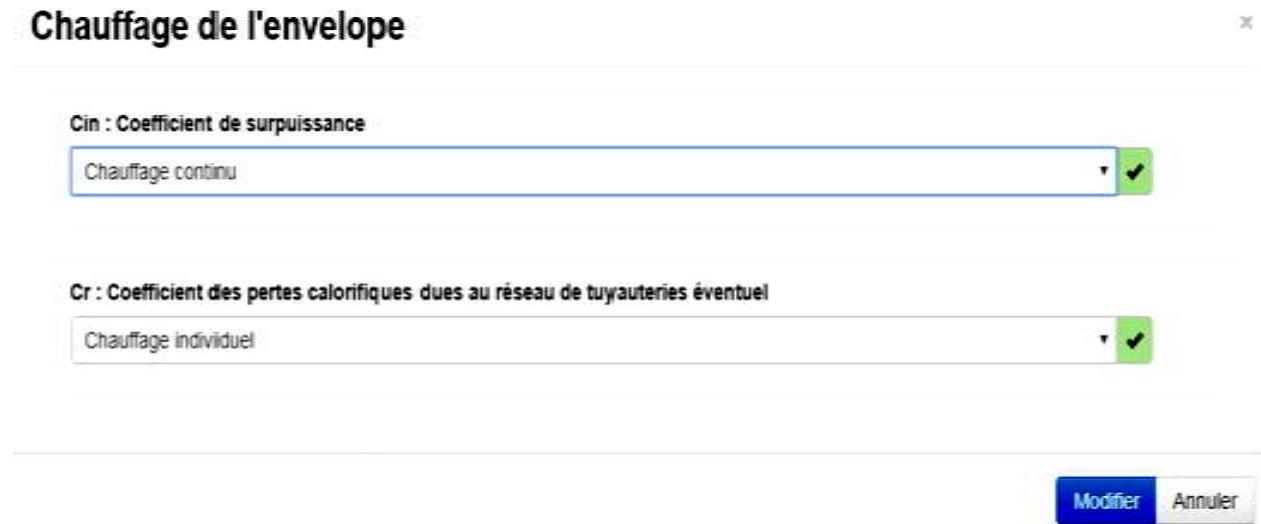
### III.1.11 Enveloppe à usage d'habitation :

Pour une enveloppe à usage d'habitation, il suffit de motionnée les données suivants : le volume. de l'enveloppe et le nombre de chambres (réparties par types).

### III.1.12 Chauffage :

Les paramètres Cin (coefficient de surpuissance) et Cr (coefficient des pertes calorifiques dues au réseau de tuyauterie éventuel) permet de calculer la puissance nécessaire pour chauffer l'enveloppe sélectionnée.

On Clique sur le bouton « Chauffage» pour définir les paramètres. Dans le panneau «enveloppe ».



**Figure III.15:** Écran chauffage de l'enveloppe. [11]

### III.1.13 Calcul :

Les calculs unitaires pour les parois et les autres composants sont effectués au fur et à mesure des changements apportés. Pour additionner les déperditions, les pertes et les apports et afin de vérifier la conformité réglementaire il suffit de cliquer sur le bouton « Calculer » dans la barre de « projet ».

Appartement3						
Vérification réglementaire						
Conformité DTR		Échanges thermiques par transmission				
Enveloppe	D = $\sum DT$	$\Sigma Dréf$	Vérification C-3.2	$A = \sum APO + \sum AV$	$Aréf = \sum APOréf + \sum AVréf$	Vérification C-3.4
F3-3	368,15	416,50	0,88 <span style="color: green;">✓ Conforme</span>	4 567,64	3 515,47	1,30 <span style="color: red;">✗ Non conforme</span>

**Figure III.16 :** Écran synthèse des calculs et vérification réglementaire du projet [11]

L’application lance les calculs de globale. La fenêtre présente 3 onglets :

- Synthèse : avec les sommes des déperditions, des déperditions de référence, des apports et des apports de référence ainsi que les résultats des vérification DTR C3-2 et no vérifie C3-4.
- Échanges thermiques par transmission : pour détailler les sommes des déperditions et des apports, incluant les valeurs non prises en compte pour la vérification comme les apports des parois non aériennes.

- Renouvellement et infiltration d'air : pour détailler les sommes des débits et des échanges thermiques dues au renouvellement et à l'infiltration d'air.
- Dimensionnement : pour afficher la puissance nécessaire pour chauffer l'enveloppe

## II.2 Présentation du projet :

### II.2.1 Introduction :

Dans ce projet en va étudier un appartement dan un bâtiment collective

### II.2.2 Présentation du bloc :

Dans le cadre de ce projet, nous allons étudier un bloc construit en 2012. Cette bâtiment à usage d'habitation, et qui est composée d'un RDC plus un quatre étage avec une terrasse inaccessible (niveaux 15 .64 ). Chaque étage contient trois logements F3, dont chaque logement est constitué de deux chambre, séjour , cuisine , et W.C, S.D.B, plus d'un hall.

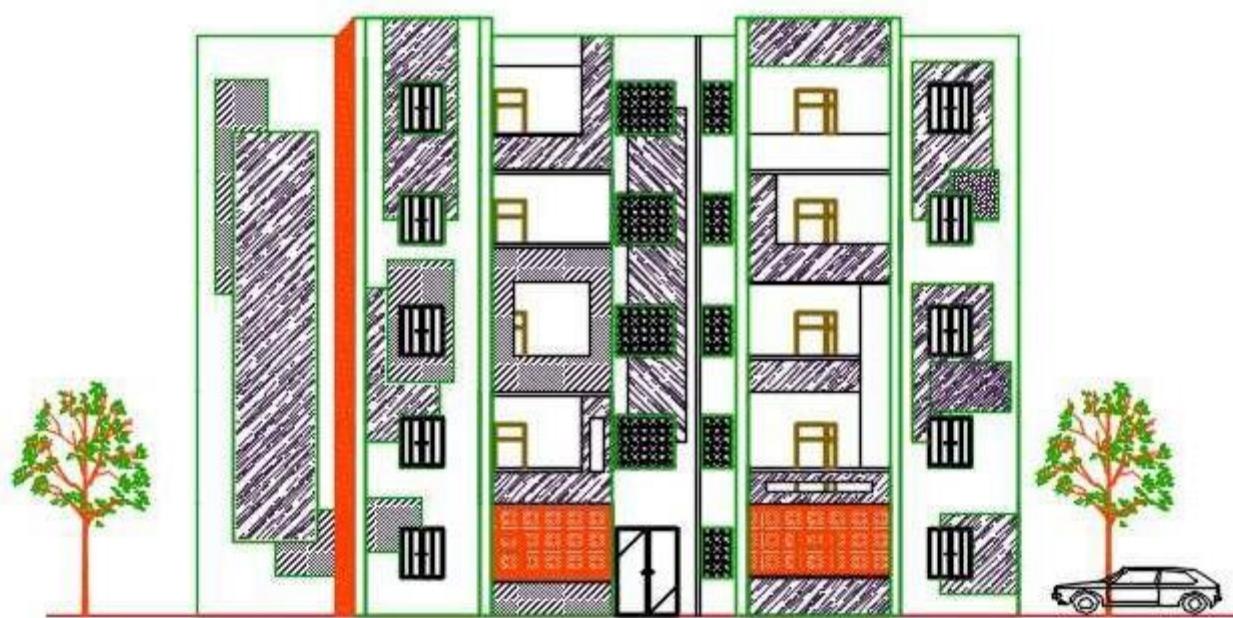
#### a) – Implantation:

Cette bâtiment est implantée dans la wilaya de Saida classé comme Zone climatique B et de groupe de communes SIDI AHMAD, selon le document technique réglementaire (D.T.R.C 3-2).

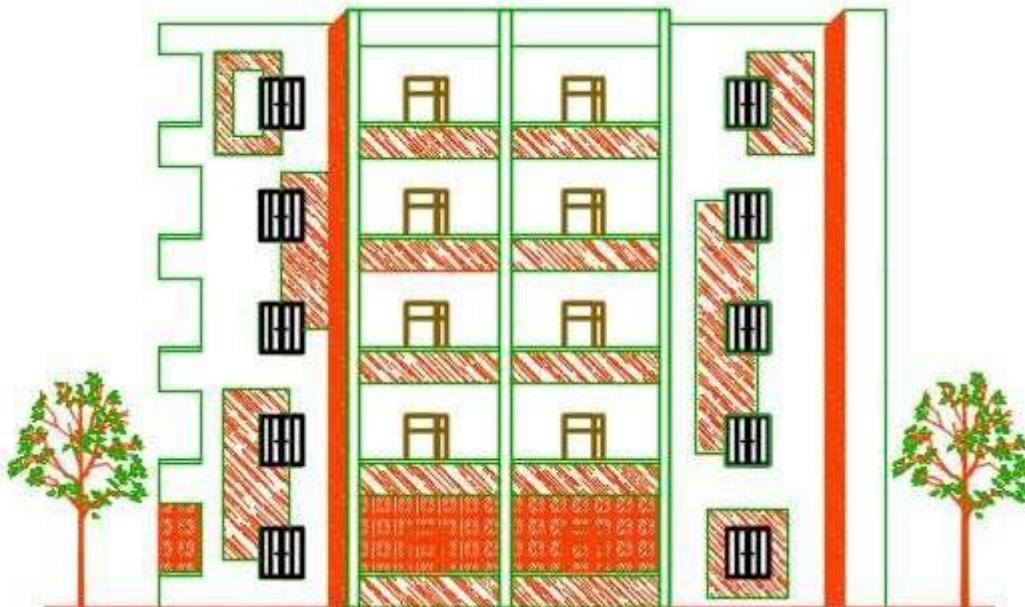


Figure III.17: Plan de situation

## ARCHITECTURE



**Figure III.18** :façade principale de bloc



**Figure III.19** :façade postérieur de bloc

**b) -Les Caractéristiques géométriques : (du bloc)**

- ✓ Une hauteur totale de 15.64 m
- ✓ Une hauteur de RDC 3.2
- ✓ Une hauteur de 1er étage 3.06
- ✓ Une longueur de 22.50 m

- ✓ Une largeur de 19.85 m
- ✓ La superficie est de 446.625 m<sup>2</sup>

➤ **Les Caractéristiques géométriques :** (du maison étudier )

- ✓ Une hauteur de étage courant 3.06 m
- ✓ Une longueur de 9.10 m
- ✓ Une largeur de 13.60 m
- ✓ La superficie est est de 70 m<sup>2</sup>

○ **Plan de RDC:**

RDC signifie Rez-de-Chaussée . En France le RDC est le niveau zéro d'un immeuble, c'est-à-dire l'étage au niveau du sol

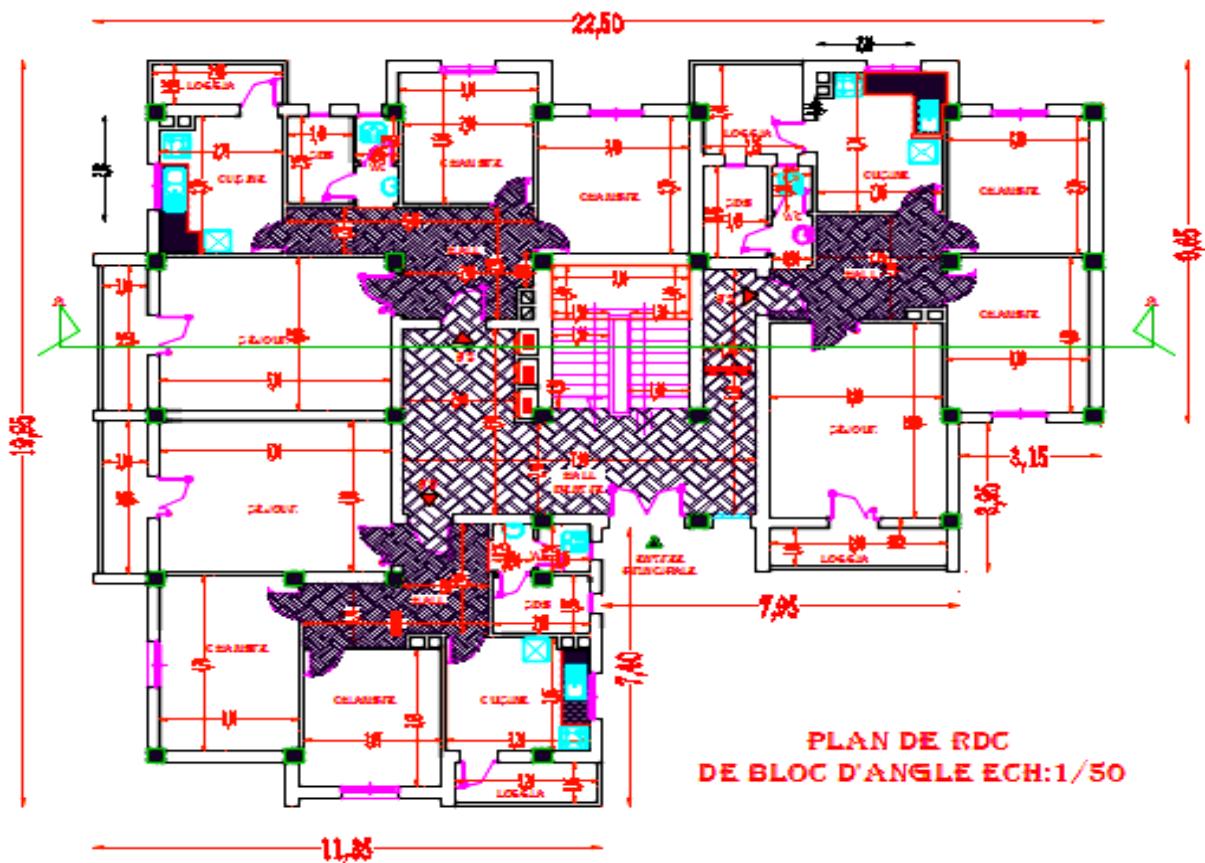
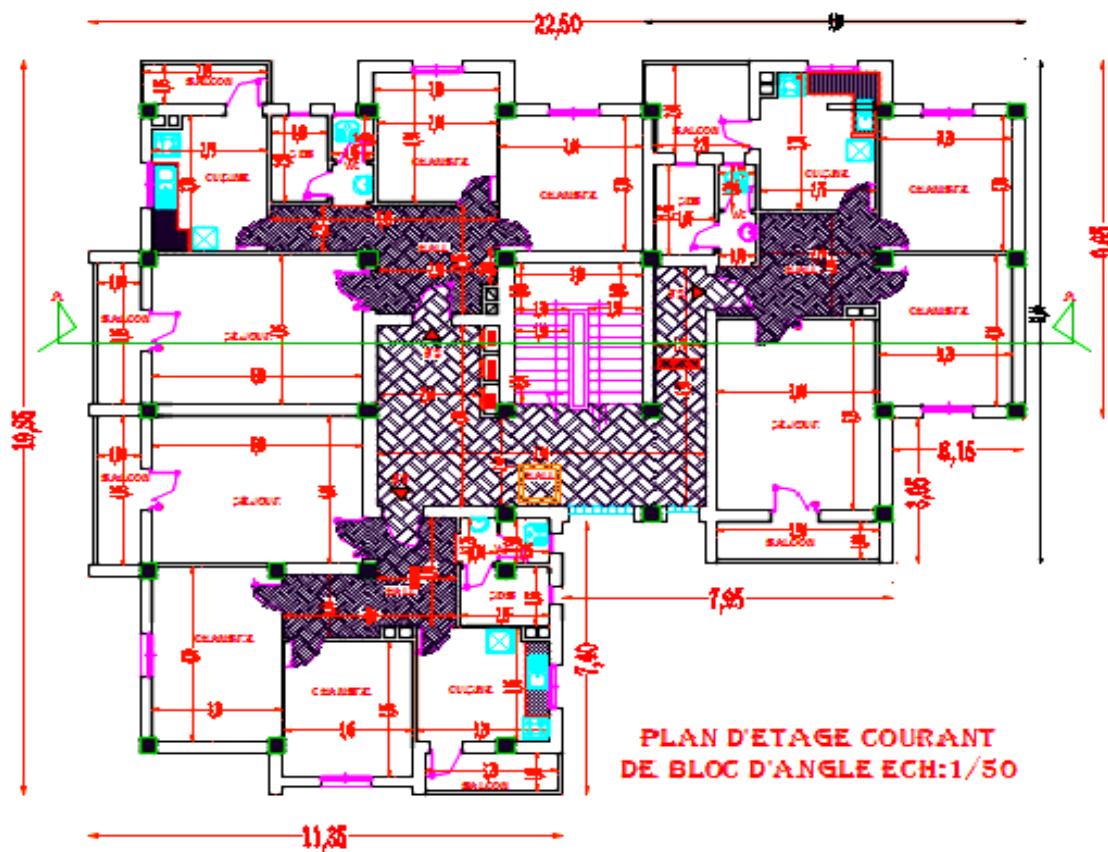


Figure III.20 : Plan de RDC

- **étage courant:**

plan qui se répète sur plusieurs niveaux dans un immeuble (par opposition au rez-de-chaussée, à l'entresol et aux étages supérieurs à usage technique ou de moindre gabarit)



**Figure III.21** : Plan de étage courant

### III.3 Réglementation et outil de calcul utilisé :

Dans notre projet, nous avons utilisé le Document Technique Réglementaire (DTR C3-2) pour nos calculs. DTRC3-4 pour les dimensions et les calculs de perte de chaleur et de chauffage Apport de chaleur et dimensions du système de climatisation. pour améliorer l'équilibre thermique Dans ma maison ancienne et moderne, j'utilisais le logiciel CT BAT. Son objectif principal est cette application Valider la conformité de la conception aux normes algériennes listées dans les deux DTR.

### III.4 Les étapes de calcul d'un bilan thermique des bâtiments :

1. Calcul de la résistance thermique et le coefficient K
2. Déperdition thermique et les apports calorifiques de chaque mur
3. Afficher les profils de température en été et en hiver
4. Déperdition thermique et les apports calorifiques totaux de paroi
5. Vérification de déperdition calorifique total / déperdition de référence
6. Dimensionner le chauffage et la climatisation

#### III.4.1 Calcul de la résistance thermique et le coefficient K de RDC :

- a. Les murs
  - ✓ Les compositions de l'extérieure vers l'intérieure
  - ✓ Les coefficients
- b. Les planchés
  - ✓ Les compositions de l'extérieure vers l'intérieure
  - ✓ Les coefficients
- c. Porte nord principale
- ✓ Composition et coefficients k
  - d. Fenêtre nord
- ✓ Composition
- ✓ Coefficient K :
- ✓ Apports thermiques par ensoleillement
  - e. Fenêtre est
- ✓ Composition
- ✓ Coefficient K :
- ✓ Apports thermiques par ensoleillement

#### III.4.2. Calculs des déperditions calorifiques et des apports calorifiques de la maison :

- a. Pour les murs
- b. Pour les fenêtres
- c. Pour la porte
- d. Pour plancher:

Les caractéristiques physiques des matériaux de constructions utilisés, les caractéristiques thermiques et les résistances de toutes les couches des différents éléments (planchers, parois, portes et fenêtres)

- ✓ Profil de température de mur nord
- ✓ Profil de température de l'intérieure vers l'extérieure

#### **III.4.3. Calcul des déperditions thermiques totales et de références de RDC :**

- ✓ Synthèse des échanges thermiques en hiver
- ✓ Renouvellement et infiltration d'air en hiver
- ✓ Vérifications réglementaires
- ✓ Puissance de chauffage

#### **IV.4.4 Calcul des apports calorifiques totaux et de références de RDC :**

- ✓ Synthèse des échanges thermiques en été
- ✓ Renouvellement et infiltration d'air en été
- ✓ Vérification réglementaire
- ✓ Puissance de climatisation

#### **III.4.5 Calcul de la résistance thermique et le coefficient K de 1er étage**

- Les murs: Les compositions de l'extérieure vers l'intérieure, Les coefficients

#### **III.4.6. Calculs des déperditions calorifiques et des apports calorifiques de la maison ancien (étage couran) :**

#### **III.4.7 Calcul des déperditions thermiques totales et de références de 1er étage :**

- ✓ Synthèse des échanges thermiques en hiver
- ✓ Renouvellement et infiltration d'air en hiver
- ✓ Vérifications réglementaires
- ✓ Puissance de chauffage

#### **III.4.8. Calcul des apports calorifiques totaux et de références de 1er étage.**

- ✓ Synthèse des échanges thermiques en été
- ✓ Renouvellement et infiltration d'air en été
- ✓ Vérification réglementaire
- ✓ Puissance de climatisation

- ✓ La somme de déperditions du la maison ancien (R+1)
- ✓ Bilan thermique et puissance du chauffage de la maison ancienne

### III.5. Calcul de la résistance thermique et le coefficient K de maison moderne

- Les murs
  - ✓ Les compositions de l'extérieure vers l'intérieure
  - ✓ Les coefficients
  - ✓ Plancher haut
  - ✓ Les coefficients
  - Fenêtre nord
- Fenêtre1,composition, Coefficient K , Apports thermiques par ensoleillement

### III.6. CONCLUSION :

En calculant le bilan thermique, vous pouvez savoir exactement combien d'énergie est impliquée. Nécessaire pour chauffer et refroidir la pièce. La précision de ce calcul est Non seulement il y a des coûts d'installation, mais il y a aussi des coûts d'exploitation. De nombreux facteurs sont pris en compte dans ce calcul, nous devons donc connaître les types. exposition, surfaces murales, parois vitrées, plafonds, sols, ces éléments Multiplier par un facteur variable selon l'altitude, l'ensoleillement et la localisation Géographiquement. D'autres facteurs doivent également être pris en compte. B. Renouvellement naturel ou mécanique de l'air, Il comprend divers ponts thermiques ainsi que des apports qui donnent du poids à des calculs comme l'éclairage. Emploi humain, appareils électroménagers. etc.



**Discussion et présentation des  
solutions.**

## IV.1. Introduction:

L'enveloppe d'un bâtiment peut être une limite, une frontière séparant des milieux différents. - pour le thermicien, c'est une zone de transition entre le volume ambiant intérieur et un environnement extérieur.

- pour l'architecte, c'est une surface de contact entre le bâtiment et la ville.
- pour l'ingénieur, c'est le point de liaison entre des composants passifs et des systèmes actifs.
- pour l'occupant enfin, ces parois qui l'entourent sont des éléments de confort thermique et visuel et constituent un facteur d'esthétique de son bâtiment.

Au global, l'enveloppe du bâtiment est donc un lieu de jonction entre des facteurs multiples, concernant de nombreux intervenants à l'acte de construire. Leur objectif commun est de parvenir à optimiser l'ensemble des fonctions qu'elle a à assurer ».

L'élément principale de l'enveloppe ciblé est le parois principales, composés de murs et fenêtres.

Dans les résultats suivant on présente l'échanges thermiques par transmission de l'enveloppe du bâtiment, essentiellement les parois principales, dans le cas sans confortement et les cas de confortement par des matériaux d'isolation différentes.

## IV.2. Etude paramétrique:

### IV.2.1. Cas n°01:Appartement sans Confortement

Le premier cas représente une enveloppe sans confortement, où les parois sont sans aucun confortement par un matériau d'isolation , la composition du mur est présenté dans le tableau IV.1 , ci après.

Tableau IV.1: Composition des parois sans confortement cas n°01

Matériaux de l'extérieur vers l'intérieur	Ep (m)	Rés. R (m <sup>2</sup> C°)/w	M.Sur.P	Cond. Λ (W/m C°)
0-Mortier de ciment	0,020	0,0143	44,0000	1,4000
1-Brique creuse	0,150	0,3125	135,0000	0,4800
2-Lame de l'air pour mur de 5 à 7mm	0,050	0,1100	0,0000	0,0000
3-Brique creuse	0,100	0,2083	90,0000	0,4800
4-Mortier de ciment	0,020	0,0143	44,0000	1,4000
<b>TOTAL</b>	<b>0,3400</b>	<b>0,6594</b>	<b>313,0000</b>	

Les résultats des échanges thermiques par transmission, pour un appartement sans confortement est présenté dans le tableau IV.2 comme suit:

Tableau IV.2 : Echanges thermiques par transmission cas n°01

Enveloppe	D=ΣDT	ΣDréf	Vérification C-3.2	A=ΣAPO+ΣAV	Aréf=ΣAPOréf+ΣAVréf	Vérification C-3.4
F3-1	338,20	410,06	0,82	5612,20	3451,25	1,63

Les résultats suivant le DTR C-3.2 hiver sont vérifié, mais les résultats suivant le DTR C-3-4 été n sont pas vérifiés.

La figure ci-dessous présente l'échange thermique dans le mur, et à travers ces différentes compositions, pendant la période hivernale et la période d'été suivant la température extérieure.

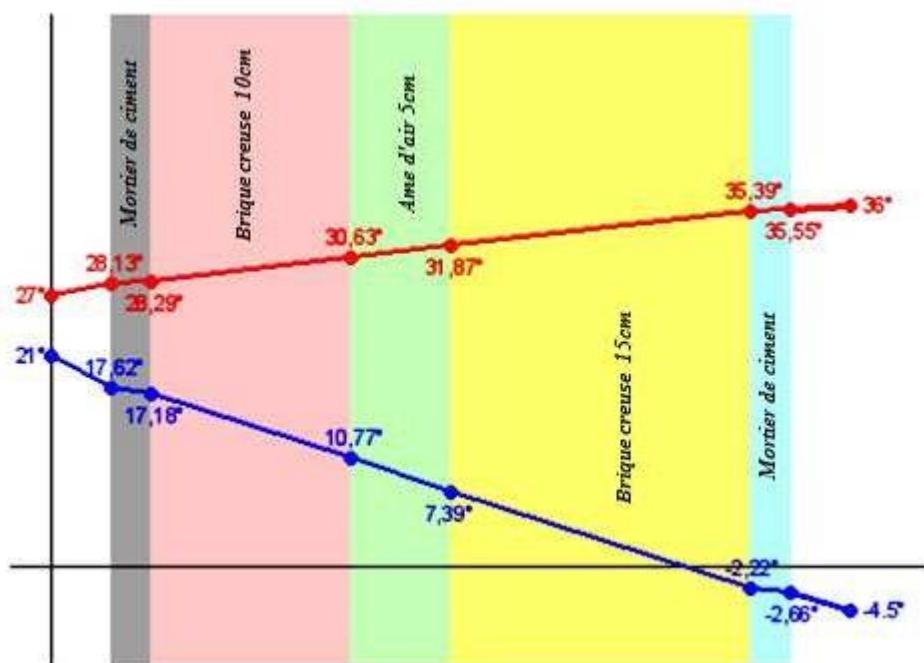


Figure IV-1: Profile de température de l'intérieur vers l'extérieur cas n°01

#### IV.2.2. Cas n°02:Appartement avec Confortement

Le confortement proposé est réalisé à l'aide de plaque en polystyrène expansé. Il est principalement utilisé lorsqu'on dispose de peu de place (fort pouvoir isolant), ou pour l'isolation extérieure des murs (résistance aux intempéries) et des planchers (résistance à la compression).

Les parois sont renforcé par le remplacement de l'âme d'aire entre les deux parois en brique par une plaque de polystyrène expansé d'épaisseur de 5 cm.

Tableaux IV-3: Composition des parois avec confortement au moyen de polystyrène cas n°02.

Matériaux de l'extérieur vers l'intérieur	Ep (m)	Rés. R (m <sup>2</sup> C°)/w	M.Sur.P	Cond. Λ (W/m C°)
0-Mortier de ciment	0,020m	0,0143	44,0000	1,4000
1-Brique creuse	0,150m	0,3125	135,0000	0,4800
2-Polystyrène expansé	0,050m	1,3158	1,0000	0,0380
3-Brique creuse	0,100m	0,2083	90,0000	0,4800
4-Mortier de ciment	0,020m	0,0143	44,0000	1,4000
<b>TOTAL</b>	0,3400m	1,8652	314,0000	

Les résultats des échanges thermiques montrent qu'il y a une petite amélioration dans les apports calorifiques, lorsque on place une plaque de polystyrène expansé dans l'âme d'air. En plus les déperditions calorifiques restent acceptables.

Tableau IV.4 : Echanges thermiques par transmission cas n°02

Enveloppe	D=ΣDT	ΣDréf	Vérification C-3.2	A=ΣAPO+ΣAV	Aréf=ΣAPOréf+ΣAVréf	Vérification C-3.4
F3-2	403,41	416,50	0,97	4856,89	3514,26	1,38

Dans la figure IV.2, on constatent une amélioration dans la température interne du volume de l'enveloppe, soit une diminution en terme de déperditions et apports calorifiques .

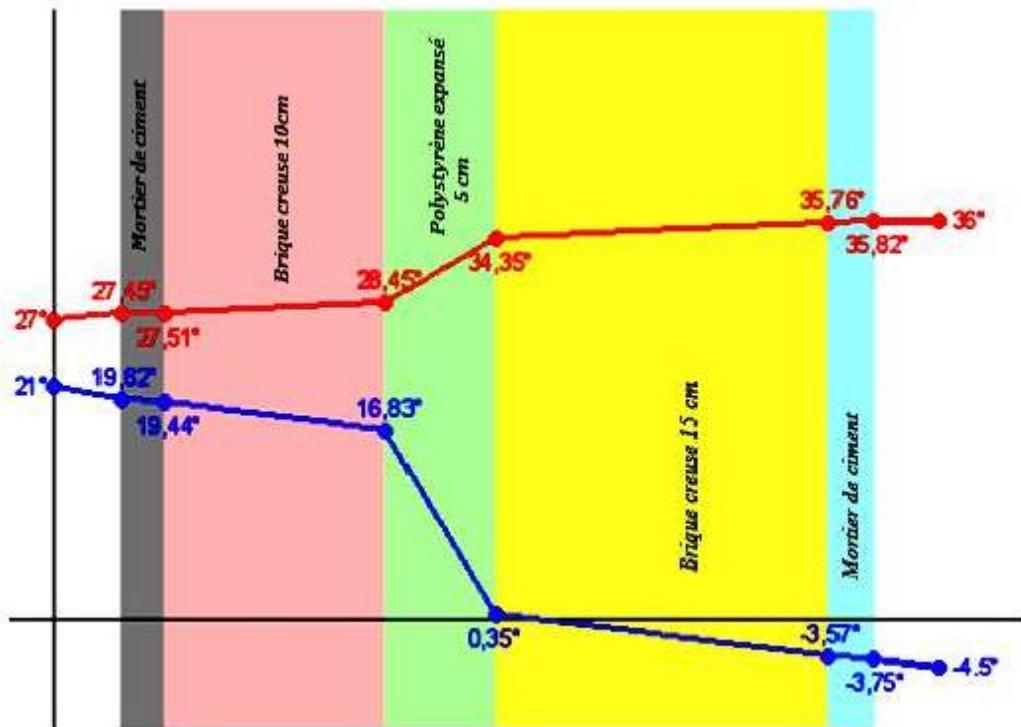


Figure IV-2: Profile de température de l'intérieur vers l'extérieur cas n°02

#### IV.2.3. Cas n°03:Appartement avec Confortement

Les parois sont renforcé par addition de plaque en polystyrène expansé d'épaisseur de 10 cm à l'extérieur entre l'enduit en ciment et la parois en brique 15 cm. Avec le remplacement de l'âme d'aire entre les deux parois en brique par une plaque de polystyrène expansé d'épaisseur de 5 cm.

Tableaux IV-5: Composition des parois avec confortement au moyen de polystyrène cas n°03

Matériaux de l'extérieur vers l'intérieur	Ep (m)	Rés. R ( $m^2\text{C}^\circ$ )/w	M.Sur.P	Cond. $\Lambda$ (W/m $\text{C}^\circ$ )
0-Mortier de ciment	0,020	0,0143	44,0000	1,4000
1-Polystyrène expansé	0,100	2,6316	2,0000	0,0380
2-Brique creuse	0,150	0,3125	135,0000	0,4800
3-Polystyrène expansé	0,050	1,3158	1,0000	0,0380
4-Brique creuse	0,100	0,2083	90,0000	0,4800
5-Mortier de ciment	0,020	0,0143	44,0000	1,4000
<b>TOTAL</b>	<b>0,4400</b>	<b>4,4968</b>	<b>316,0000</b>	

Après l'ajout du polystyrène expansé d'une épaisseur de 10 cm à la face extérieure des parois, en plus du polystyrène de milieu de 5 cm. On constatent une réduction des apports et déperditions calorifique.

Tableau IV.6 : Echanges thermiques par transmission cas n°03

Enveloppe	D=ΣDT	ΣDréf	Vérification C-3.2	A=ΣAPO+ΣAV	Aréf=ΣAPOréf+ΣAVréf	Vérification C-3.4
F3-3	375,82	416,50	0,90	4577,60	3515,47	1,30

L'amélioration de la température à la face intérieure du parois est bien remarquer par rapport au cas n°02.

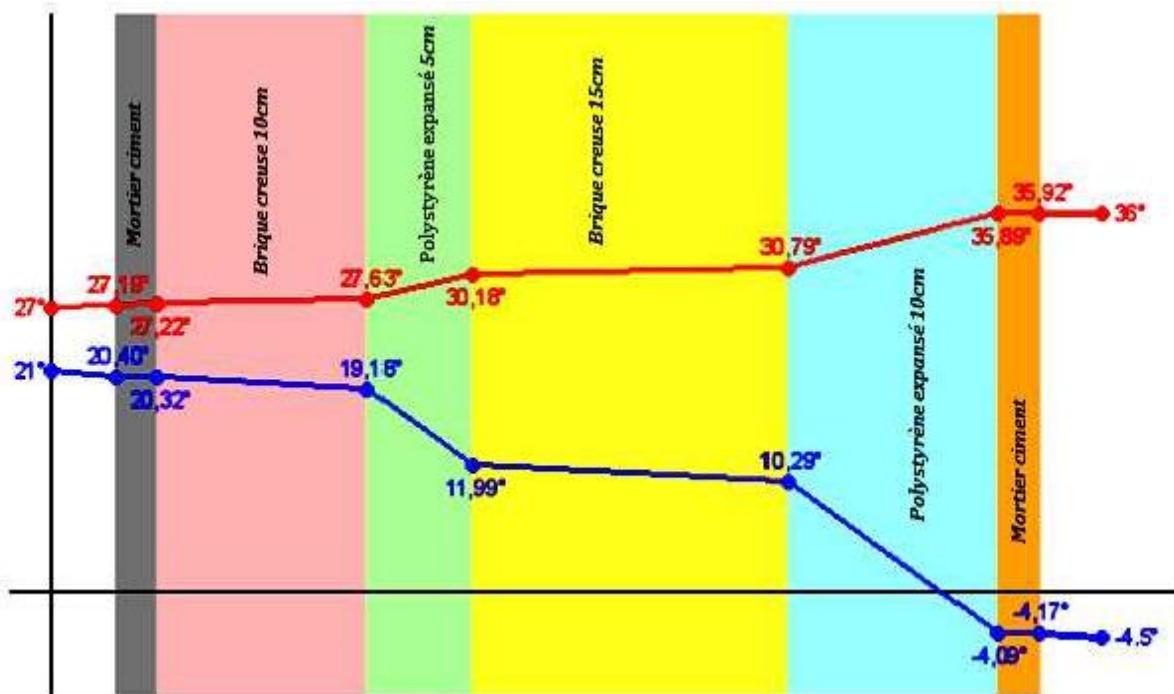


Figure IV-3: Profile de température de l'intérieur vers l'extérieur cas n°03

#### IV.2.4. Cas n°04:Appartement avec Confortement

Le mur extérieur est renforcé par addition de plaque en polystyrène expansé d'épaisseur de 10 cm à l'extérieur entre l'enduit en ciment et la parois en brique 15 cm, et la paroi en brique 10 cm à l'intérieur. Avec le remplacement de l'âme d'aire entre les deux parois en brique par une plaque de polystyrène expansé d'épaisseur de 5 cm.

Tableaux IV-7: Composition des parois avec confortement au moyen de polystyrène cas n°04

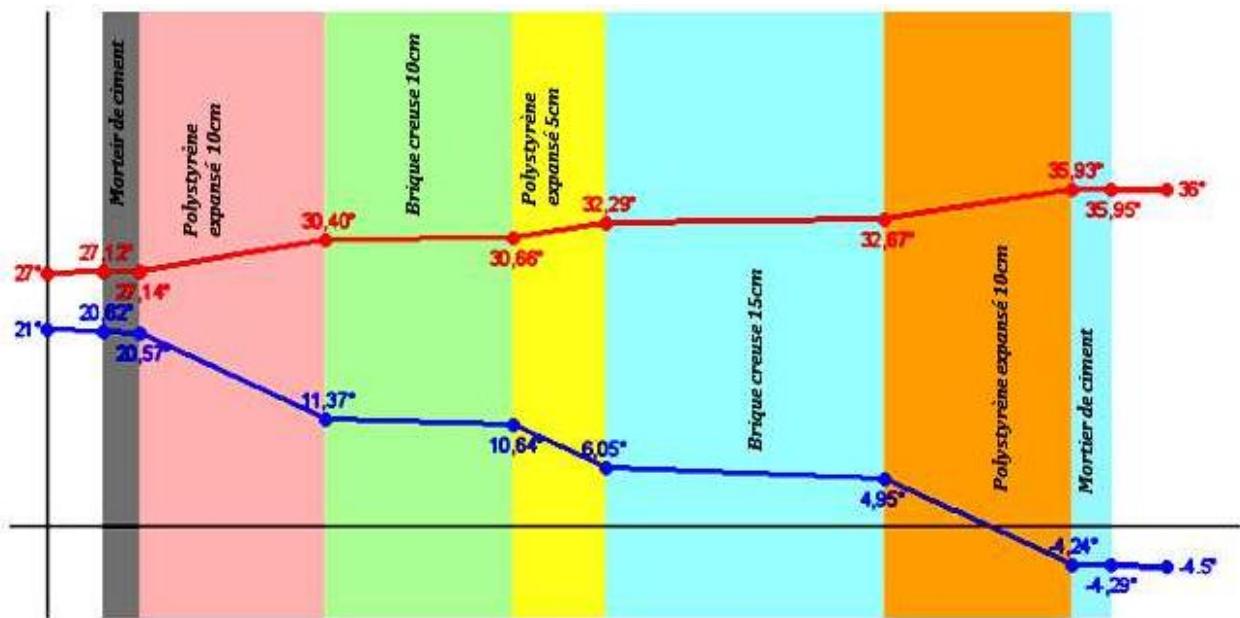
Matériaux de l'extérieur vers l'intérieur	Ep (m)	Rés. R (m <sup>2</sup> °C)/W	M.Sur.P	Cond. Λ (W/m °C)
0-Mortier de ciment	0,020	0,0143	44,0000	1,4000
1-Polystyrène expansé	0,100	2,6316	2,0000	0,0380
2-Brique creuse	0,150	0,3125	135,0000	0,4800
3-Polystyrène expansé	0,050	1,3158	1,0000	0,0380
4-Brique creuse	0,100	0,2083	90,0000	0,4800
5-Polystyrène expansé	0,100	2,6316	2,0000	0,0380
6-Mortier de ciment	0,020	0,0143	44,0000	1,4000
<b>TOTAL</b>	<b>0,5400</b>	<b>7,1284</b>	<b>318,0000</b>	

L'addition d'un confortement en polystyrène expansé à la face interne améliore les déperditions calorifique par rapport au troisième cas.

Tableau IV.8 : Echanges thermiques par transmission cas n°04

Enveloppe	D=ΣDT	ΣDréf	Vérification C-3.2	A=ΣAPO+ΣAV	Aréf=ΣAPOréf+ΣAVréf	Vérification C-3.4
F3-4	368,12	416,50	0,88	4567,36	3515,47	1,30

La figure IV.4 illustre un rapprochement dans la température de la face interne des parois à la température de l'enveloppe, pour la saison de l'été et hiver.



**Figure IV-4:** Profile de température de l'intérieur vers l'extérieur cas n°04

#### IV.2.5. Cas n°05:Appartement avec Confortement

Les parois sont renforcé par addition de plaque en polystyrène expansé d'épaisseur de 10 cm à l'extérieur entre l'enduit en ciment et la parois en brique 15 cm, et la paroi en brique 10 cm à l'intérieur. Avec une l'âme d'aire entre les deux parois en brique.

Tableaux IV-9: Composition des parois avec confortement au moyen de polystyrène cas n°05

Matériaux de l'extérieur vers l'intérieur	Ep (m)	Rés. R (m <sup>2</sup> C°)/w	M.Sur.P	Cond. Λ (W/m C°)
0- Mortier de ciment	0,020	0,0143	44,0000	1,4000
1-Polystyrène expansé	0,100	2,6316	2,0000	0,0380
2-Brique creuse	0,150	0,3125	135,0000	0,4800
3-Lame d'air pour mur de 5 à 7 mm	0,050	0,1100	0,0000	0,0000
4-Brique creuse	0,100	0,2083	90,0000	0,4800
5-Polystyrène expansé	0,100	2,6316	2,0000	0,0380
6-Mortier de ciment	0,020	0,0143	44,0000	1,4000
<b>TOTAL</b>	0,5400	5,9229	317,0000	

Dans le cas n°05, on a ôté le polystyrène expansé de 5 cm en les deux parois de brique, comme indiqué dans 1 cas n°04. Pour cette raison on remarque une légère augmentation (non significative) dans les déperditions et les apports calorifiques, voir tableau IV.8 et figure IV.5.

Tableau IV.10 : Echanges thermiques par transmission cas n°05

Enveloppe	D=ΣDT	ΣDréf	Vérification C-3.2	A=ΣAPO+ΣAV	Aréf=ΣAPOréf+ΣAVréf	Vérification C-3.4
F3-5	370,82	416,50	0,89	4591,03	3515,47	1,31

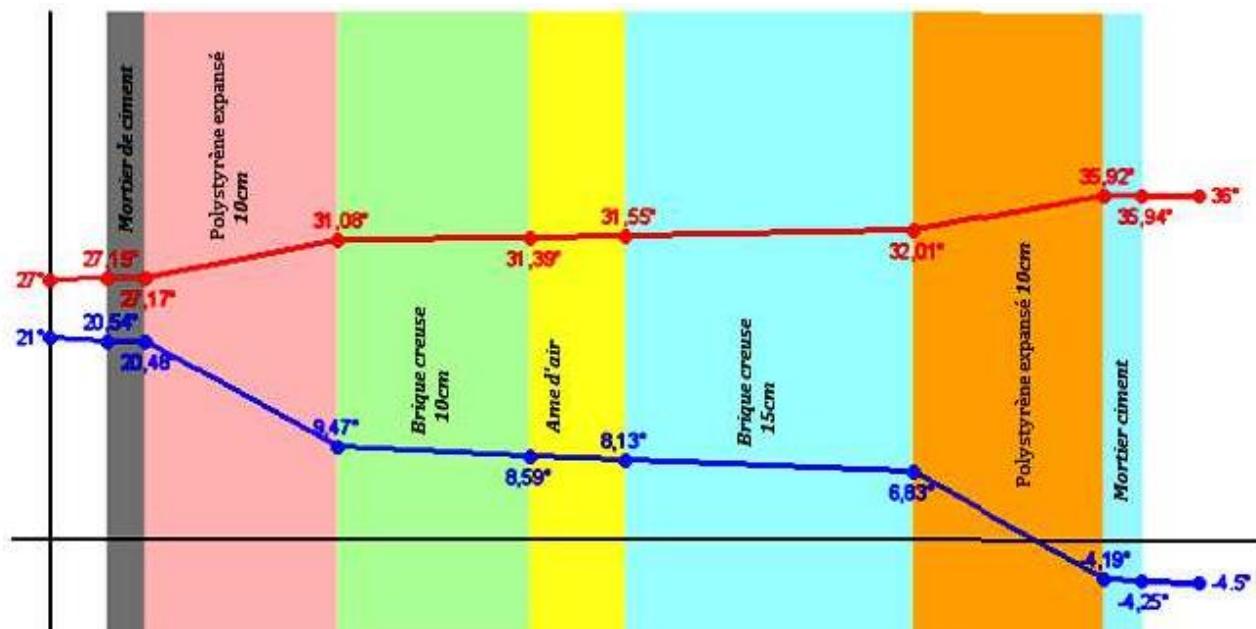


Figure IV-5: Profile de température de l'intérieur vers l'extérieur cas n°05

#### IV.2.6. Cas n°06:Appartement avec Confortement

Dans ce cas, le confortement est réalisé par de la mousse en polyuréthane .Ce matériau peut prendre la forme d'une mousse à injecter directement sur un support. Elle se présente sous forme liquide dans un fût et gonfle après sa projection.

Le polyuréthane nécessite peu d'espace pour obtenir de bonnes performances d'isolation en hiver.

Les mur extérieur sont renforcé par addition de mousse polyuréthane d'épaisseur 10 cm à l'extérieur entre l'enduit en ciment et la parois en brique 15 cm, et la paroi en brique 10 cm à l'intérieur. Avec une l'âme d'aire entre les deux parois en brique.

Tableaux IV.11: Composition des parois avec confortement au moyen de polystyrène cas n°06

Matériaux de l'extérieur vers l'intérieur	Ep (m)	Rés. R (m <sup>2</sup> C°)/w	M.Sur.P	Cond. Λ (W/m C°)
0-Mortier de ciment	0,020	0,0143	44,0000	1,4000
1-Mousse polyuréthane	0,100	3,2258	3,0000	0,0310
2-Brique creuse	0,150	0,3125	135,0000	0,4800
3-Lame d'air pour mur de 5 à 7 m	0,050	0,1100	0,0000	0,0000
4-Brique creuse	0,100	0,2083	90,0000	0,4800
5-Mousse de polyuréthane	0,100	3,2258	3,0000	0,0310
6-Mortier de ciment	0,020	0,0143	44,0000	1,4000
<b>TOTAL</b>	<b>0,5400</b>	<b>7,1110</b>	<b>319,0000</b>	

L'utilisation de la mousse polyuréthane comme matériau d'isolation a donné des résultats plus fiables par rapport au polystyrène expansé, que ce soit apports calorifique en été ou déperditions calorifique en hiver. voir tableau IV.11 et figure IV.6 ci dessous.

Tableau IV.11 : Echanges thermiques par transmission

Enveloppe	D=ΣDT	ΣDréf	Vérification C-3.2	A=ΣAPO+ΣAV	Aréf=ΣAPOréf+ΣAVréf	Vérification C-3.4
F3-6	368,15	416,50	0,80	4567,64	3515,47	1,30

Les températures enregistrées à la face intérieure de la parois en été et hiver, sont proches au recommandation des DTR c3.2 et DTR c3.4.

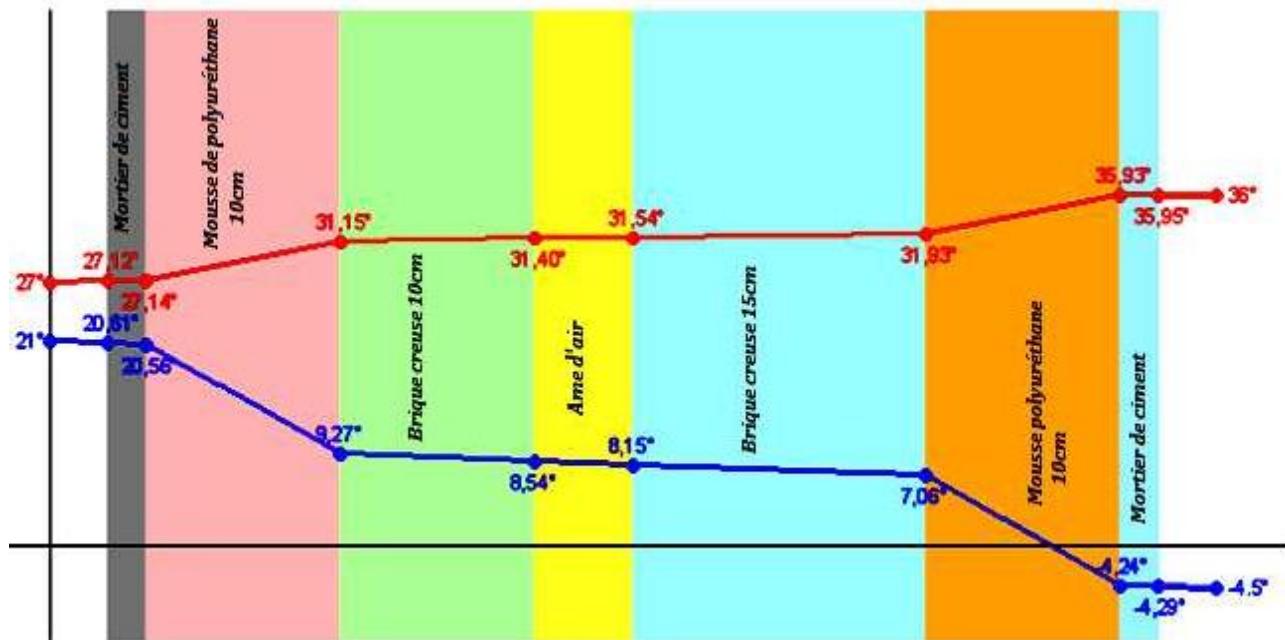


Figure IV-6: Profile de température de l'intérieur vers l'extérieur cas n°06

#### IV.3. Récapitulation des résultats:

Tableau IV.12 : Récapitulation des échanges thermiques par transmission .

Enveloppe	$D=\Sigma DT$	$\Sigma Dréf$	Vérification C-3.2	$A=\Sigma APO+\Sigma AAV$	$A_{réf}=\Sigma APO_{réf}+\Sigma AAV_{réf}$	Vérification C-3.4
cas-1	338,20	410,06	0,82	5612,20	3451,25	1,63
cas-2	403,41	416,50	0,97	4856,89	3514,26	1,38
cas-3	375,82	416,50	0,90	4577,60	3515,47	1,30
cas-4	368,12	416,50	0,88	4567,36	3515,47	1,30
cas-5	370,82	416,50	0,89	4591,03	3515,47	1,31
cas-6	368,15	416,50	0,80	4567,64	3515,47	1,30

Le confortement de l'enveloppe du bâtiment améliore les déperditions et les apports calorifiques des logements, ce qui rend le milieu interne plus confortable.

**IV.4. Conclusion:**

Les déperditions calorifique en hiver et les apports calorifique en été , c'est un facteur essentiel dans la vérification de la fiabilité thermique des bâtiments collectifs et habitats individuels. Pour assurer milieu interne agréable exige l'utilisation des matériaux d'isolation, afin de réduire de la consommation des énergies.



## *Conclusion Générale*

## Conclusion Générale

La performance énergétique des bâtiments est devenue une préoccupation majeure dans le monde entier en raison des impacts environnementaux et économiques de la consommation d'énergie. Les réglementations thermiques ont été mises en place pour encourager la construction de bâtiments plus économies en énergie, et les propriétaires de bâtiments cherchent de plus en plus à améliorer la performance énergétique de leurs bâtiments existants.

Les matériaux d'isolation thermique sont importants pour garder une maison chaude en hiver et fraîche en été. Les matériaux couramment utilisés comprennent la laine de verre, la laine de roche, le polystyrène expansé et le polyuréthane.

Les réglementations thermiques sont importantes pour réduire la consommation d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre des bâtiments. Les normes thermiques sont conçues pour encourager la construction de bâtiments plus économies en énergie, mais il est également important de considérer les pratiques de construction économies en énergie pour les bâtiments existants. La thermique de bâtiment est importante pour concevoir des bâtiments économies en énergie et confortables pour les occupants. Les propriétés thermiques des matériaux de construction, des systèmes de chauffage et de refroidissement, de la ventilation et de l'isolation thermique sont essentielles pour maintenir une température confortable dans les bâtiments tout en minimisant la consommation d'énergie.

La déperdition de chaleur en hiver et le gain de chaleur en été sont des facteurs importants lors de la vérification de la fiabilité thermique des bâtiments communaux et des maisons privées. Pour assurer un environnement intérieur confortable, il est nécessaire d'utiliser des matériaux d'isolation pour réduire la consommation d'énergie.

Enfin, pour un meilleur confort dans les nouveaux bâtiments il exigé dans l'étude et réalisation de prendre en compte la réglementation thermique on considération, afin de réduire la consommation d'énergie à moyen et long terme.

## **Bibliographies**

- [1] WBCSD « Efficacité Energétique Dans Les Bâtiments», Publication Du World Business Council For Sustainable Development (WBCSD) N° Avril 2009.
- [2] Bilans Energétiques Rédigés Par Le Ministère De L'Energie Et Des Mines.
- [3] <Https://Www.Sefe-Energy.Fr/Gazmagazine/2022/08/Le-Mix-Energetique-Mondial-En-2022/>
- [4] La Direction Principale Sonalgaz De La Wilaya De Saida
- [5] Direction De L'environnement,
- [6] <Www.Habitatpresto.Com/Mag/Renovation/Classe-Energi>
- [7] <Https://Www.Oze-Energies.Com/Audit-Energetique/Performance-Energetique-Des-Batiments>
- [8] <Https://Www.Connaissancedesenergies.Org/Fiche-Pedagogique/Efficacite-Energetique-Et-Batiments>
- [9] Michel Branchu, Christophe Branchu. Isolation Thermique Et Acoustique, Eyrolles, Paris 2012.
- [10] Mémoire Zaim Mounia , Kadri Asma , Année 2018, Bilan Thermique De Construction : Etude D'un Cas Et Présentation De Solutions

[11] PDF\_Guide\_Isolation\_Thermique.Pdf

[12]. (Mefti Et Al., 2002)

[13]. (Fekraoui Et Abouriche, 1995) Et (B) Carte De Répartition Du Gradient Géothermique En Algérie (Gouareh Et Al., 2015)

**[14]** (B.E.N):*Bilan Energétique National (2011-2021), Ministère De L'énergie Et Des Mines, République Algérienne Démocratique Et Populaire.*

[15] Astrid Denker, Dr S.M K El Hassar, Saad Baradiy.2014. Guide Pour La Construction Eco-Energetique En Algerie

[16] Cloned, J. « Les Materiaux Isolantes Thermiques Pour Le Batiment », Centre D'Animation Regional En Materiaux Avance, Mai 2010

[18]Chahwane, Layal, 2011. Valorisation De L'inertie Thermique Pour La Performance Energetique Des Batiments [En Ligne] These De Doctorat. Genie Civil Et Sciences De L'habitat. Grenoble. Université De Grenoble.

[19]Jdidi, M.Et Benjeddou, O. Lathermique Du Batiments Du Confort Thermique Au Choix Des Equipements De Chauffage Et De Climatisation.5 Rue Laromiguere ,75005 Paris : Dunod, 2016. ISBN 978\_2\_10\_074481\_7.

[20]Astrid Denker, Dr S.M K El Hassar, Saad Baradiy.2014. Guide Pour La Construction Eco-Energetique En Algerie.

[21]Les Essentiels De L'habitat (Page Consultee Le 09/07/2016). Site De Saint-Gobain, [En Ligne]

[22]Paul De Haut. Chauffage, Isolation Et Ventilation Ecologiques. Edition Eyrolles. Paris. 2007. ISBN 978-2-212-12105-6.

[23]Hollaert, Laurie « Analyse De La Rentabilite Financiere Et Des Avantages Lies A L'isolation Thermique : Etude De Cas Adaptes Au Modele Belge » Memoire De Master, Universite Libre De Bruxelles 2014.

[24]Denker, A., S. El Hassar Et S. Baradiy. Guide Pour Une Construction **ÉCOENERGETIQUE EN ALGERIE**

[25] *Malek Jedidi Omrane Benjeddou . LIVRE EN THERMIQUE DU BATIMENT 2016 « Du Confort Thermique Au Choix Des Equipements De Chauffage Et De Climatisation » [Www.Dunod.Com](http://Www.Dunod.Com)*

[26] *Document Technique Réglementaire ( D.T.R. C 3-2 ) Réglementation Thermique Des Bâtiments D'habitation Règles De Calcul Des Déperditions Calorifiques Fascicule1 , MINISTAIR DE L'HABITAT*

[27] <Https://Planificateur.A-Contresens.Net/Afrique/Algerie/Wilaya-Saida/Saida/2482572.Html>

[28] *Mémoir De MAZARI Mohammed, Année2012, Etude Et Evaluation Du Confort Thermique*

*Des Bâtiments A Caractère Public : Cas Du Département d'Architecture De Tamda (Tizi-Ouzou)*

[29] [Http://Rdoc.Univ-Sba.Dz/Bitstream/123456789/2467/1/D3C\\_GM LEKHAL Mohammedcherif.Pdf](Http://Rdoc.Univ-Sba.Dz/Bitstream/123456789/2467/1/D3C_GM LEKHAL Mohammedcherif.Pdf)

[30] <Https://Www.Dunod.Com/Sciences-Techniques/Thermique-Du-Batiment-Du-Confort-Thermique- Au-Choix-Equipements-Chauffage>

[31] *M FOURA SMIR « Simulation Des Paramètres Du Confort Thermique D'hiver En Algérie»Mémoire De Doctoral Université De MENTOURI CONSTANTINE 2007-2008*

[32 ] *Agence De l'Environnement Et De La Maîtrise De l'Energie « Réglementation Thermique 2012 : Un Saut Energétique Pour Les Bâtiments Neufs» ADEME EDITION Avril2011)P%*

[33] *SIDI MOHAMED KARIM & ALL, « Réglementation Thermique Algérienne Des Bâtiments Contribution A La Définition De Nouveaux Coefficients Réglementaires, » Revue Française De Génie Civil (Rev. Fr. Génie Civ.) ISSN 1279-5119 - Source : 2002, Vol. 6, No4, Pp. 661-681 [21 Pages (S) (Article).*

[34] <Http://Www.Cnerib.Edu.Dz/Publication.Htm>

[35] *Mémoir De Kouidri Imen, Année2016/2017, Le Confort Thermique Et L'efficacité Energétique Dans Un Maison Construite En*

---

**Bibliographies**

---

*Matériaux De Terre BTS*

*[37] Frédéry Lavoye, Françoise Thellier.2019. Le Confort Thermique Dans Les*

*[38] <Https://Www.Ecologie.Gouv.Fr/Qualite-Lair-Interieur>*

*[39]O.N.U: Programme Des Nations Unies Pour L'environnement, 2020. RAPPORT SUR LASITUATION MONDIALE DES BÂTIMENTS ET DE LA CONSTRUCTION EN 2020*

*[41]DRC: Monographie De La Région De Saida,2016, Ministère De Commerce*

*[42]Application RETA, Réglementation Thermique Algérienne – Manuel utilisation,CDER*