



Université Saad Dahlab, Blida-1
Faculté de Technologie
Département des Énergies Renouvelables

Par : Rim SLIMANE ZITOUNE
Douaa MAZOUZA

Mémoire du
Projet Fin d'étude en Énergies Renouvelables

Thème :
La conformité des bâtiments à la réglementation
algérienne en hiver et en été

Soutenu devant le jury composé par :

Monsieur	Professeur	USDB	Président
Monsieur Lotfi DERRADJI	Dr	USDB	Encadreur
Monsieur	Examineur

Octobre 2022

Résumé en arabe

ويشكل قطاع البناء والتشييد عنصراً فاعلاً رئيسياً في مكافحة تغير المناخ. وقد زاد استهلاك الطاقة في المباني زيادة سريعة في السنوات الأخيرة. وللحد من ذلك، وضعت الجزائر برنامجاً وطنياً لكفاءة استخدام الطاقة بموجب هذه المذكرة، يمكن أن يؤدي تنفيذ التدابير المناسبة لتحقيق الكفاءة في استخدام الطاقة إلى الحد من استهلاك الطاقة وحماية البيئة، مع ضمان امتثال المباني للوائح الجزائرية في فصلي الشتاء والصيف (الطابق الأخير) يجري بناؤها في F3 وشقة من طراز R+9 وفي تقييم الراحة الحرارية والطاقية، وهي كتلة من طراز المقترحة: CNERIB سيدي أبداله، الجزائر العاصمة، وقد حاولنا دراسة مدى تعقيد الراحة الحرارية وتقييم أثر التجديدات نوعان من العزل الحراري الخارجي (عزل الحشايا)، ومتطلبات التدفئة الداخلية (بوليستيرين) ومتطلبات جدار التدفئة. وقد أجريت هذه الدراسة في مركز البحوث التابع للمركز الوطني للبحوث المتعلقة بتغير المناخ باستخدام نظام (LOGORT) وتطبيق DTR.

ويستند أحد جوانب عملنا إلى الدراسة التقنية - الاقتصادية، مع مراعاة النفقات الناجمة عن التكلفة الحقيقية في الجزائر. لمختلف أنواع التجديدات المقترحة.

الكلمات الرئيسية: الكفاءة في استخدام الطاقة، واستهلاك الطاقة، وتجديد الطاقة، وأداء الطاقة، والدراسة التقنية - الاقتصادية، DTR.

Résumé en français

Le secteur des bâtiments et de la construction est un acteur clé dans la lutte contre le changement climatique. La consommation d'énergie des bâtiments a augmenté rapidement ces dernières années. Pour réduire cela, l'Algérie a élaboré un programme national d'efficacité énergétique.

Dans le cadre de ce mémoire, la mise en place de mesures d'efficacité énergétique appropriées peuvent réduire cette consommation d'énergie et protéger l'environnement, tout en assurant la conformité du bâtiment à la réglementation algérienne en hiver et en été.

Par une évaluation du point de vue confort thermique et énergétique, un Bloc R+9 et un appartement F3 (dernier étage) qui sont au cours de construction situé à sidi abdallâh, Alger, pris comme cas d'étude, nous avons essayé d'étudier la complexité du confort thermique et évaluer l'impact des rénovations proposées : les deux types d'isolation thermique extérieure (mortier isolant), intérieure (polystyrène) et le double vitrage dans les fenêtres, sur les besoins énergétiques en chauffage et en climatisation de ce bâtiment. Cette étude a été faite au sein du centre de recherche « CNERIB » à l'aide de DTR et l'application LOGORT

Un des aspects de notre travail est basé sur l'étude technico-économique en tenant compte les dépenses dues au coût réel en Algérie des différents types de rénovation proposée.

Mots clés

Efficacité énergétique, consommation d'énergie, rénovation énergétique, performances énergétiques et étude technico-économique, DTR, la réglementation algérienne

Abstract

The building and construction sector is a key player in the fight against climate change. Energy consumption in buildings has increased rapidly in recent years. To reduce this, Algeria has developed a national energy efficiency program.

As part of this brief, the implementation of appropriate energy efficiency measures can reduce this energy consumption and protect the environment, while ensuring that the building complies with the Algerian regulations in winter and summer.

By an evaluation from the point of view of thermal and energy comfort, a 9 Storey-building and a 3 roomed apartment (top floor) which are during construction, located in Sidi Abdallah, Algiers, taken as a case study, we tried to study the complexity of thermal comfort and evaluate the impact of the proposed renovations: the two types of thermal insulation; external (insulating mortar), internal (polystyrene) and double glazing in the windows, on the heating and cooling energy requirements of this building. This study was conducted within the research center “CNERIB” using DTR and the LOGORT application.

One aspect of our work is based on the technical-economic study considering the expenses due to the real cost in Algeria of the different types of renovation proposed.

Keywords

energy efficiency, energy consumption, energy renovation, energy performances and technical-economic study, DTR, The Algerian regulations

Dédicace 1

A mon père pour m'avoir enseigné le chemin du labeur et de la vérité. Qu'Allah t'accorde une longue vie et une santé de fer avant que tu sois récompensé pour tous les sacrifices que tu as toujours consentis pour nous.

A ma mère qui n'a cessé de nourrir l'ambition de me conduire au succès. Reçois ma profonde gratitude. Daigne Allah t'accorde une longue vie pour que bénéficie de tes efforts.

A mes frères, que ce travail soit pour vous un exemple à suivre et vous incite à mieux faire.

A mes oncles et mes tantes, pour le soutien et les conseils que vous ne cessez de m'apporter. Que ce travail soit l'expression de ma reconnaissance.

A tous mes amis, en témoignage de ma reconnaissance.

A tous ceux qui de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail.

Rim SLIMANE.Z

Dédicace 2

A mes parents :

Vous m'avez toujours encouragé dans mes études et mes objectifs. Il m'est difficile d'écrire en ces quelques lignes la reconnaissance et l'amour que je vous porte. Je ne saurai jamais assez vous remercier.

Vous été mes yeux et mon âme.

A ma Sœur AYA :

Par ta présence et tes mots, tu as toujours su m'encourager. Ton tempérament de gagnante m'a constamment poussé à faire mieux.

A ma famille :

Mes frères Adel Ishak et Abd el Nour, à ma grand-mère mimi, mes tantes Amina et Faiza et mon cher oncle Seddik

Muhamed et ma cousine Riheb, pour leur soutien inconditionnel.

A tous ce qui nous ont quittés :

A mon grand-père « BABA SIDOU », tu aurais été si content de voir ton « ingénieure » soutenir son master 2. Qu'Allah et fasse miséricorde et te laisse en paix.

Douaa MAZOUZA

Remerciements

Avant tout, nous remercions ALLAH de nous avoir donné la volonté et la patience qui nous ont permis de continuer le parcours scolaire de master malgré toutes les difficultés.

Ce travail de mémoire a été effectué au sein de l'Université Saad DAHLAB Blida1 dans le cadre de la préparation du mémoire de fin d'études en énergies renouvelables et habitat bioclimatique, sous la direction du docteur L. DERRADJI.

Aussi un grand remerciement à nos chers parents.

Nous remercions notre encadreur Dr. DERRADJI Lotfi pour son conseil inestimable et sa précieuse assistance et pour son encadrement.

Nous remercions tous les membres du jury d'examiner ce travail et de l'évaluer.

Enfin, nous remercions également, toute personne qui a participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Nomenclature - Symboles-Acronymes

Notations

Iso : isolation

SV : simple vitrage

DV : double vitrage

Poly : polystyrène

DE : Dernier étage

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE	15
I. CHAPITRE 1 : NOTIONS SUR LA THERMIQUE DE BATIMENT	18
I.1 Introduction :.....	18
I.2 Mode de transfert de chaleur	18
I.2.1 La conduction	18
I.2.2 La convection	19
I.2.3 Le rayonnement	19
I.3 Déperditions thermiques.....	20
I.4 Les apports d'énergie dans les bâtiments :	21
I.4.1 Les apports intérieurs :	21
I.4.2 Les apports extérieurs :.....	21
I.5 Les Ponts thermiques	22
I.5.1 Types des ponts thermiques.....	23
I.6 Déperditions thermiques à travers les ouvertures.....	25
I.6.1 Définitions	25
I.6.2 Les fenêtres.....	25
I.7 Résistance thermique R	31
I.8 Inertie thermique :	31
I.9 Conclusion.....	32
II. CHAPITRE2 : L'ENERGIE ET LE BATIMENT	33
II.1 Introduction :	33
II.2 Efficacité énergétique :	33
II.2.1 L'efficacité énergétique passive :	33
II.2.2 L'efficacité énergétique active :	34
II.3 La transformation du consommateur en consomm-acteur :.....	34
II.4 Énergie :.....	35
II.4.1 Les énergies fossiles :	35
II.4.2 Les énergies renouvelables :	35
II.4.2.1 Les différents types d'ENR utilisée dans les bâtiments :	35
II.5 Consommation d'énergie :	35
II.5.1 La consommation finale mondiale.....	36
II.5.2 Consommation d'énergie en Algérie	36
II.5.3 Consommation par secteur d'activité	37
II.5.4 Consommation énergétique des logements anciens et récents.....	37
II.6 Le climat et le confort thermique	38

II.6.1	Le climat.....	38
II.6.1.1	Les éléments du climat	39
II.6.1.1.1	Le rayonnement solaire	39
II.6.1.1.2	La température.....	39
II.6.1.1.3	L'humidité.....	39
II.6.1.1.4	Les précipitations.....	39
II.6.1.1.5	Les vents.....	39
II.6.2	Le confort thermique	39
II.6.3	Confort thermique dans l'habitat	39
II.6.4	Facteurs influant sur le confort thermique	40
II.6.5	Facteurs liés aux conditions climatiques	40
II.6.5.1	La température de l'air	40
II.6.5.2	L'humidité de l'air	40
II.6.5.3	Le vent	40
II.6.5.4	L'ensoleillement	40
II.6.6	Les stratégies du confort.....	41
2.1.1	Les différents types de confort.....	41
II.6.7	L'isolation thermique :	41
II.6.8	Matériau isolant	41
II.7	Système d'isolation thermique.....	41
II.8	Les Propriétés et performances d'un matériau isolant.....	42
II.8.1	Propriétés thermiques	42
II.8.2	Propriétés techniques.....	42
II.8.3	Propriétés environnementales	42
II.8.4	Propriétés économiques.....	42
II.9	Les avantages de l'isolation thermique	42
II.9.1	Avantage économique	43
II.9.2	Avantage environnemental	43
II.9.3	Réduire le niveau de bruit.....	43
II.10	Intégrité structurale d'un bâtiment.....	43
II.10.1	Protection contre le feu	43
II.10.2	Les différentes méthodes d'isolation.....	43
II.10.2.1	L'isolation par l'extérieur	43
II.10.2.2	L'isolation par l'intérieur.....	43
II.10.2.3	L'isolation sans éléments rapportés	44
II.11	Les matériaux isolants les plus utilisés en Algérie :	44
II.11.1	Le polystyrène expansé	44
III.	CHAPITRE 3 : CALCUL REGLEMENTAIRE DES DEPERDITIONS	
	THERMIQUES ET LES APPORTS CALORIFIQUES :.....	45
III.1	Partie 1 : Le DTR.....	45
III.1.1	Introduction.....	45
III.1.2	Déperditions calorifiques « Fascicule 1 » DTR C3-2.....	45
III.1.2.1	Les objectifs sont :	45
III.1.2.2	Bases de calcul.....	45
III.1.2.3	Expressions générales des déperditions	46
III.1.2.4	Vérification et déperditions de référence	46
III.1.2.5	Déperditions surfaciques par transmission à travers les parois	47

III.1.2.6	Déperditions à travers les ponts thermiques.....	47
III.1.2.6.1	Le coefficient de transmission linéique de la liaison kl :(de notre cas d'étude)	47
III.1.2.7	Déperditions à travers les parois en contact avec des locaux non-chauffés	50
III.1.2.8	Déperditions par renouvellement d'air	51
III.1.3	Apports calorifiques « Fascicule 1 » DTR C3-4	52
III.1.3.1	Méthode de calcul des apports thermiques estivaux	52
III.1.3.2	Apports à travers les parois.....	52
III.1.3.3	Les apports à travers les parois intérieures :	53
III.2	Partie 2 : Présentation de l'application et du projet, la discussion des résultats de l'étude :.....	56
III.2.1	Présentation de cas d'étude :	56
III.2.1.1	Présentation des caractéristiques climatique :	57
III.2.1.2	Description du logement :	58
III.2.1.3	Composition des parois du logement :	61
III.2.1.4	L'étude de la conformité du logement en été :	61
III.2.1.5	A la recherche de la propre définition d'une orientation :	61
III.2.1.5.1	Résultats de l'application :.....	62
III.2.1.5.2	Les Résultats de l'application Avant rénovation :	62
III.2.1.5.3	Les résultats de l'application du logement avec différentes épaisseurs d'isolation :	63
III.2.1.5.4	Les résultats de l'application du logement sans isolation avec double vitrage :	67
III.2.1.5.5	Interprétations et discussion des résultats :	69
III.2.1.6	L'étude de la conformité du logement en hiver :	70
III.2.1.6.1	Le bilan thermique du logement avant rénovation	70
III.2.1.6.2	Le bilan thermique du logement sans isolation avec double vitrage :	71
III.2.1.6.3	Le bilan thermique du logement avec différentes épaisseurs d'isolation :	72
III.2.1.6.4	La comparaison des résultats des différents types de rénovation et leur effet sur l'appartement F3 : : 76	
III.2.1.6.5	76
III.2.1.6.6	Interprétations et discussion des résultats :	77
III.2.2	Conclusion	78
IV.	CHAPITRE4 : ÉTUDE TECHNICO-ECONOMIQUE.....	79
IV.1	Introduction :	79
IV.2	Économie d'énergie de chauffage et de climatisation.....	79
IV.3	Calcul des surcoûts :	79
IV.4	Calcul du temps d'amortissement :	81
IV.4.1	Évaluation de la rentabilité de l'installation de l'isolation thermique :.....	82
IV.4.1.1	Économies d'énergie de chauffage.....	82
IV.4.1.2	Économies d'énergie de climatisation :	83
IV.4.1.3	Estimation des temps de retour (amortissement) de chauffage et climatisation :	84
IV.5	Conclusion :	84
	CONCLUSION GENERALE	85
V.	BIBLIOGRAPHIE.....	86

Liste des figures

FIGURE I-1 : TRANSFERT DE CHALEUR PAR CONDUCTION (2)	18
FIGURE I-2 : TRANSFERT DE CHALEUR PAR CONVECTION (2).....	19
FIGURE I-3 : TRANSFERT DE CHALEUR PAR RAYONNEMENT (2).....	20
FIGURE I-4 : LE FLUX DE CHALEUR DISSIPÉ À TRAVERS UNE PAROI (5)	20
FIGURE I-5 REPARTITION EN % DES DEPERDITIONS POUR UNE MAISON ET UN IMMEUBLE (6).....	21
FIGURE I-6 : APPORTS D'ÉNERGIE DANS LES BATIMENTS (7).....	22
FIGURE I-7 : PONT THERMIQUE D'UN PLANCHER (8).....	23
FIGURE I-8 : PONTS THERMIQUES DE LIAISONS (9).....	24
FIGURE I-9 : PONTS THERMIQUES INTEGRES (9).....	24
FIGURE I-10 : FACTEUR D'ÉMISSION ϵ DES VITRAGES (9).....	26
FIGURE I-11 : FACTEUR SOLAIRE G DES VITRAGES (9).....	26
FIGURE I-12 : TRANSMISSION LUMINEUSE TL DES VITRAGES (9).....	27
FIGURE I-13 : COEFFICIENT DE TRANSMISSION THERMIQUE DE VITRAGE (9).....	27
FIGURE I-14 : EXEMPLE DE U _g POUR DIFFERENTS TYPES DE VITRAGES (9).....	28
FIGURE I-15 : COEFFICIENT D'UNE FENETRE À DOUBLE VITRAGE (9).....	28
FIGURE I-16 : COEFFICIENT D'UNE FENETRE + FERMETURE EXTERIEURE (9).....	28
FIGURE I-17 : PRINCIPAUX COEFFICIENTS QUI PERMETTENT DE CARACTÉRISER LES PERFORMANCES THERMIQUES D'UNE PAROI VITRÉE ET SA FERMETURE (9)	29
FIGURE I-18 : PRINCIPE DE LA VENTILATION NATURELLE (10).....	29
FIGURE I-19 : REPARTITION EN % DES INFILTRATIONS D'AIR DANS UNE MAISON INDIVIDUELLE [ADEME]	30
FIGURE I-20 : CONDUCTIVITÉS THERMIQUES DE QUELQUES MATÉRIAUX (8)	31
FIGURE II-1: LES TROIS APPROCHES L'EFFICACITÉ ÉNERGETIQUE (14).....	34
FIGURE II-2: CONSOMMATION FINALE D'ÉNERGIE MONDIALE (16).....	36
FIGURE II-3: GRAPHE DE LA STRUCTURE DE CONSOMMATION ÉNERGETIQUE FINALE NATIONAL (16).....	37
FIGURE II-4: GRAPHE DE LA STRUCTURE DE CONSOMMATION ÉNERGETIQUE PAR SECTEUR D'ACTIVITÉ (16).....	37
FIGURE II-5: CONSOMMATION ÉNERGETIQUE SELON LA DATE DE CONSTRUCTION ET LES CHOIX ÉCOLOGIQUES (18) ...	38
FIGURE II-6: LA STRATÉGIE DU CONFORT.	41
FIGURE II-7 : LA POSE DES PANNEAUX EN POLYSTYRÈNE (29)	44
FIGURE III-1 : LA TEMPÉRATURE ANNUELLE À SIDI ABDALLAH.....	57
FIGURE III-2: LA TEMPÉRATURE JOURNALIÈRE À SIDI ABDALLAH.....	57
FIGURE III-3 : : L'ENSOLEILLEMENT ANNUEL À SIDI ABDALLAH.....	58
FIGURE III-4 : LE RAYONNEMENT ANNUEL À SIDI ABDALLAH.....	58
FIGURE III-5: PLAN INTÉRIEUR RDC DU BLOC R+9.	59
FIGURE III-6: PLAN INTÉRIEUR DE L'APARTEMENT F3.	60
FIGURE III-7: LA PUISSANCE DE CLIMATISATION DE L'APARTEMENTS F3 DE DERNIER ÉTAGE EN FONCTION DE L'ORIENTATION AVEC LES APPORTS DE RÉFÉRENCE	62
FIGURE III-8: LA PUISSANCE DE LA CLIMATISATION DE BLOC R+9 AVANT RÉNOVATION EN FONCTION DE L'ORIENTATION AVEC LES APPORTS DE RÉFÉRENCE.	63
FIGURE III-9: LA PUISSANCE L'APARTEMENT F3 DE DERNIER ÉTAGE AVEC LE POLYSTYRÈNE.	63
FIGURE III-10 : LA PUISSANCE DE L'APARTEMENT F3 DE DERNIER ÉTAGE AVEC LE MORTIER ISOLANT.	64
FIGURE III-11 : LA COMPARAISON DE L'INFLUENCE DE CHAQUE ISOLANT SUR LA PUISSANCE DU BLOC R+9.	65
FIGURE III-12 : LA PUISSANCE DU BLOC R+9 AVEC LE POLYSTYRÈNE.	65
FIGURE III-13: LA PUISSANCE DU BLOC R+9 AVEC LE MORTIER ISOLANT.	66

FIGURE III-14 : LA COMPARAISON DE L'INFLUENCE DE CHAQUE ISOLANT SUR LA PUISSANCE DU BLOC R+9	67
FIGURE III-15 : LA COMPARAISON ENTRE L'INFLUENCE DE CHAQUE TYPE DE VITRAGE.	67
FIGURE III-16 : LA COMPARAISON ENTRE LES TYPES DE RENOVATIONS DE DERNIER ETAGE	68
FIGURE III-17 : LA COMPARAISON ENTRE L'INFLUENCE DE CHAQUE TYPE DE VITRAGE.....	68
FIGURE III-18 : : LA COMPARAISON ENTRE LES TYPES DE RENOVATION DU BLOC R+9.....	69
FIGURE III-19 : LA VERIFICATION REGLEMENTAIRE DU BLOC R+9 DV SANS ISOLATION	71
FIGURE III-20 : LA VERIFICATION REGLEMENTAIRE DE L'APPARTEMENT F3 DV SANS ISOLATION.....	72
FIGURE III-21 : LA VERIFICATION REGLEMENTAIRE DU BLOC R+9 EN FONCTION DES DIFFERENTES EPAISSEURS DE POLYSTYRENE	73
FIGURE III-22 : LA PUISSANCE DE L'APPARTEMENT F3 EN FONCTION DES DIFFERENTES EPAISSEURS DE POLYSTYRENE	73
FIGURE III-23 :LA VERIFICATION REGLEMENTAIRE DE L'APPARTEMENT F3 EN FONCTION DES DIFFERENTES EPAISSEURS DE POLYSTYRENE	74
FIGURE III-24 : LA VERIFICATION REGLEMENTAIRE DU BLOC R+9 EN FONCTION DES DIFFERENTES EPAISSEURS DE MORTIER ISOLANT	74
FIGURE III-25: LA PUISSANCE DE L'APPARTEMENT F3 EN FONCTION DES DIFFERENTES EPAISSEURS DE MORTIER ISOLANT	75
FIGURE III-26 : LA VERIFICATION REGLEMENTAIRE DE L'APPARTEMENT F3 EN FONCTION DES DIFFERENTES EPAISSEURS DE MORTIER ISOLANT	75
FIGURE III-27 : LA PUISSANCE DE CHAUFFAGE Q NECESSAIRE POUR L'APPARTEMENT F3 AVEC LES DIFFERENT TYPE DE RENOVATION.....	76
FIGURE III-28 : LE POURCENTAGE DE L'EFFET DES DIFFERENTS TYPES DE RENOVATION SUR LA REDUCTION DE LA PUISSANCE DE CHAUFFAGE Q NECESSAIRE POUR L'APPARTEMENT F3	76
FIGURE IV-1 : LA DIFFERENCE DES PRIX ENTRE LES DIFFERENTS TYPES DE RENOVATION SUR F3	80
FIGURE IV-2 : LE BUDGET DE RENOVATION PAR RAPPORT AU PRIX INITIAL DE L'APPARTEMENT.....	81
FIGURE IV-3 : L'ECONOMIE DE CHAUFFAGE (L'ECO-CHAUFFAGE) DE L'APPARTEMENT F3 EN DA/ANS	82
FIGURE IV-4 : ÉCONOMIES D'ENERGIE DE CLIMATISATION F3 EN DA/ANS.....	83

Liste des tableaux

TABLEAU II-1: CONSOMMATION ENERGETIQUE FINALE NATIONAL (17)	36
TABLEAU III-1: COMPOSITION DES PAROIS DU LOGEMENT	61
TABLEAU III-2: LA PUISSANCE DE LA CLIMATISATION F3 DERNIER ETAGE AVANT RENOVATION.	62
TABLEAU III-3: LA PUISSANCE DE CLIMATISATION DE BLOC R+9 AVANT RENOVATION.	62
TABLEAU III-4: LA PUISSANCE L'APPARTEMENT DE DERNIER ETAGE AVEC LE POLYSTYRENE.	63
TABLEAU III-5 : LA PUISSANCE DE L'APPARTEMENT F3 DE DERNIER ETAGE AVEC LE MORTIER ISOLANT.....	64
TABLEAU III-6 : LA COMPARAISON DE L'INFLUENCE DE CHAQUE ISOLANT SUR LA PUISSANCE DU BLOC R+9.	64
TABLEAU III-7 : LA PUISSANCE DU BLOC R+9 AVEC LE POLYSTYRENE.....	65
TABLEAU III-8 : LA PUISSANCE DU BLOC R+9 AVEC LE MORTIER ISOLANT.....	66
TABLEAU III-9 : LA COMPARAISON DE L'INFLUENCE DE CHAQUE ISOLANT SUR LA PUISSANCE DU BLOC R+9.	66
TABLEAU III-10 : LA COMPARAISON ENTRE L'INFLUENCE DE CHAQUE TYPE DE VITRAGE.....	67
TABLEAU III-11 : LA COMPARAISON ENTRE LES TYPES DE RENOVATIONS F3 (DE).....	67
TABLEAU III-12 : LA COMPARAISON ENTRE L'INFLUENCE DE CHAQUE TYPE DE VITRAGE	68
TABLEAU III-13: LA COMPARAISON ENTRE LES TYPES DE RENOVATION DU BLOC R+9	69
TABLEAU III-14 : LES DEPERDITIONS THERMIQUES DU BLOC R+9 AVANT RENOVATION.....	71
TABLEAU III-15 : LES DEPERDITIONS THERMIQUES DE L'APPARTEMENT F3 AVANT RENOVATION	71
TABLEAU III-16: LE BILAN THERMIQUE DU BLOC R+9 AVEC DOUBLE VITRAGE SANS ISOLATION.....	71
TABLEAU III-17 : LE BILAN THERMIQUE DE L'APPARTEMENT F3 + DOUBLE VITRAGE SANS ISOLATION.....	72
TABLEAU III-18 : LE BILAN THERMIQUE DU BLOC R+9 AVEC DIFFERENTES EPAISSEURS DE POLYSTYRENE.....	72
TABLEAU III-19: LE BILAN THERMIQUE DE L'APPARTEMENT F3 AVEC DIFFERENTES EPAISSEURS DE POLYSTYRENE....	73
TABLEAU III-20 : LE BILAN THERMIQUE DU BLOC R+9 AVEC DIFFERENTES EPAISSEURS DE MORTIER ISOLANT	74
TABLEAU III-21 : LE BILAN THERMIQUE DE L'APPARTEMENT F3 AVEC DIFFERENTES EPAISSEURS DE MORTIER ISOLANT	75
TABLEAU III-22 : LA PUISSANCE DE CHAUFFAGE Q NECESSAIRE POUR L'APPARTEMENT F3 AVEC LES DIFFERENTS TYPES DE RENOVATION	76
TABLEAU IV-1 : ETUDE DE BUDGET DE RENOVATION ENERGETIQUE F3, F4 ET LE BLOC R+9	80
TABLEAU IV-2 : L'ECONOMIE DE CHAUFFAGE (L'ECO-CHAUFFAGE) DE L'APPARTEMENT F3	82
TABLEAU IV-3 : ÉCONOMIES D'ENERGIE DE CLIMATISATION F3.....	83
TABLEAU IV-4 : LA COMPARAISON ENTRE L'ECONOMIE ET LE TEMPS D'AMORTISSEMENT DE CHAUFFAGE ET CLIMATISATION.....	84

Introduction générale

L'importance des enjeux liés au secteur du logement ainsi que celui de l'environnement et leurs poids dans le développement des sociétés comptent parmi les multiples raisons d'ordres scientifique et personnel qui nous ont motivés à l'étude du confort thermique dans les logements.

Après l'indépendance, l'Algérie a lancé de nombreux programmes ambitieux pour la réalisation des logements collectifs. Face à une demande importante, l'Algérie a eu recours à la standardisation des constructions, largement reproduites sur tout le territoire national, les typologies issues de cette stratégie ont négligé l'aspect qualitatif qui répond aux besoins réels des occupants de chaque région.

Le secteur résidentiel en Algérie est à l'origine de 35% de la consommation énergétique finale nationale. L'évolution de sa consommation en énergie est en progression continue, du fait même du rythme de croissance du parc de logements et des taux d'équipement des ménages notamment en appareils électrodomestiques et en équipements de chauffage et de climatisation.

Le climat constitue un des facteurs indéniable et inéluctable dans l'étude de la réhabilitation thermique du bâtiment, car il existe une approche de conception thermique appropriée pour chaque type de climat. Par conséquent, il est nécessaire de classer le projet d'étude dans un type climatique distingué et approprié à la région. Toutefois, le climat de l'Algérie est de type méditerranéen (continental, maritime et montagneux) au Nord du pays (cas de notre étude est situé à Sidi Abdellah, Alger), sec et chaud (désertique) dans le sud.

Au même titre que les types de logement émerge et devienne des modèles dominants, nous observons un décalage entre conception et usage, quand ce dernier arrive à s'exprimer, les occupants cherchent à adapter l'espace en fonction de leurs besoins et de compléter le produit logement pour en faire leur habitat.

Des modifications apportées aux logements sont fréquentes dans pratiquement toutes les villes du pays. La tendance est à la hausse et s'est généralisée sur tous les segments du logement, aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur.

Le présent travail de recherche se penche sur la problématique de la qualité conceptuelle, le confort thermique et la conformité des bâtiments à la réglementation thermique algérienne en hiver et en été, afin de donner un aperçu sur les interventions des occupants et du comportement thermique avant et après les modifications apportées au logement.

La consommation d'énergie peut être considérablement réduite par l'adoption des stratégies d'efficacité d'énergie dans le bâtiment et cela en proposant des composants de l'enveloppe plus efficace des améliorations respectives d'une énergie du point de vue de l'efficacité.

Dans ce sens notre travail s'inscrira afin de toucher ce point sensible, notre projet est réparti en quatre chapitres :

Chapitre I : Notions sur la thermique de bâtiment

Chapitre II : l'Energie et le bâtiment

Chapitre III : Calcul réglementaire des déperditions thermiques et les apports calorifiques

Chapitre IV : l'étude technico-économique

- **Problématique :**

Pour pallier le retard en termes de réalisation et de développement urbain, l'Algérie s'est lancée dans un programme de réalisation intense de logements collectifs, en faisant appel aux compétences nationales et internationales dans le secteur de l'habitat, en termes de structure, rigidité et résistance elle a largement répondu aux normes. Mais nous constatons malheureusement une défaillance au niveau de la conception et le confort thermique, créant ainsi un déséquilibre entre l'élément construit et le bien-être et le confort de l'occupant.

Notre travail s'inscrit dans une optique globale de recherche sur l'amélioration de l'aspect quantitatif, notamment le confort thermique dans les logements collectifs. A travers cette recherche nous allons essayer de répondre aux questions suivantes :

-Quelles sont les caractéristiques des logements collectifs en Algérie, est ce qu'ils sont conformes à la réglementation thermique algérienne en hiver et en été et pour quels raisons les habitants transforment leurs logements ?

-Quel est la stratégie à adopter, les dispositifs architecturaux à utiliser afin d'assurer le confort thermique et amélioré l'efficacité énergétique ?

- **Objectif**

Le présent travail s'inscrit dans une optique globale d'étude sur la conception du logement collectif en Algérie et les besoins qualitatif des ambiances thermiques.

L'objectif est d'analyser le confort thermique avant et après les modifications, les dispositifs architecturaux à utiliser pour assurer un niveau de confort thermique acceptable. Ceci en étudiant l'influence de l'enveloppe du bâtiment sur les ambiances intérieures afin d'apporter des solutions et de réduire les besoins en chauffage et climatisation.

- **Structure du travail**

Afin de répondre aux objectifs, l'étude est structurée en quatre chapitres :

a) Le chapitre introductif : comporte la problématique, les objectifs et la structure du travail.

b) Un cadre théorique : Consiste en la compréhension des différents concepts et notions clé liée à notre recherche, elle découle d'une recherche bibliographique et documentaire ayant pour objectifs de cerner et de comprendre tous les éléments théoriques de base en rapport avec le sujet de recherche. Il sera objet d'aborder la conception des logements en Algérie ainsi que la notion du confort thermique et ses méthodes d'évaluation.

c) Un cadre expérimental En s'appuyant sur l'ensemble des informations récoltées, nous consacrons la troisième partie à une enquête effectuée sur terrain et à évaluer expérimentalement le confort thermique d'un bloc R+9. Cette partie est basée sur l'analyse du confort thermique avant et après les modifications avec l'utilisation du DTR C 3-2 et C 3-4

d) La dernière étape du travail comprend l'étude technico-économique de ce projet et la rentabilité des modifications apportée à ce projet afin d'améliorer son confort thermique tout en gardant l'efficacité énergétique par rapport à l'aspect économique de la construction.

I. Chapitre 1 : Notions sur la thermique de bâtiment

I.1 Introduction :

Dans ce chapitre, nous allons parler des déperditions thermiques, ponts thermiques. Par la suite, nous aborderons quelques rappels sur les différents modes de transfert de chaleur par conduction, convection et rayonnement rencontrés généralement dans le bâtiment.

I.2 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 convection** et **le rayonnement**.

I.2.1 La conduction

C'est le transfert de chaleur au sein d'un milieu opaque, sans déplacement de matière, sous l'influence d'une différence de température. La propagation de la chaleur par conduction à l'intérieur d'un corps s'effectue selon deux mécanismes distincts : une transmission par les vibrations des atomes ou molécules et une transmission par les électrons libres (1).

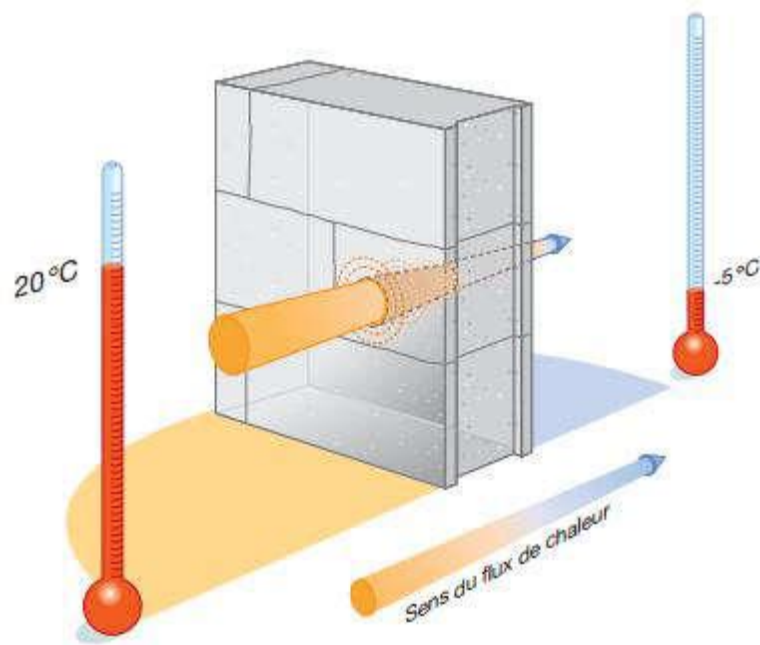


Figure I-1 : Transfert de chaleur par conduction (2)

I.2.2 La convection

Les phénomènes de convection interviennent dans la transmission de la chaleur chaque fois qu'un fluide se déplace par rapport à des éléments fixes. Lorsque se produit au sein du fluide des courants dus simplement aux différences de densité résultant des gradients de température, on dit que la convection est naturelle ou libre. Par contre, si le mouvement du fluide est provoqué par une pompe ou un ventilateur, le processus est appelé convection forcée (3).

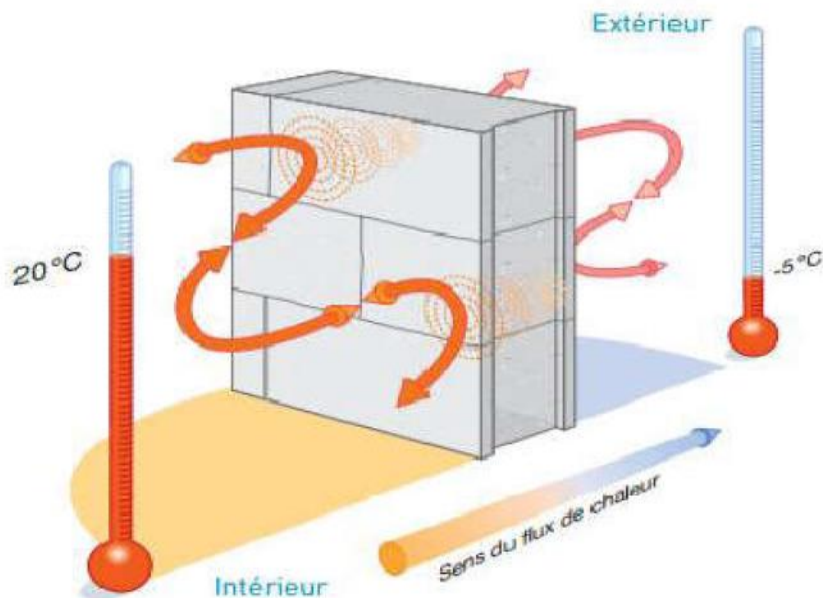


Figure I-2 : Transfert de chaleur par convection (2).

I.2.3 Le rayonnement

Dans la transmission de chaleur par rayonnement, le transfert thermique s'effectue par des vibrations électromagnétiques entre deux surfaces (même dans le Vide). Sans aucun contact entre eux, par le déplacement d'ondes dans l'espace qui se propagent en ligne droite sans aucun support de matière (1), (2), (4).

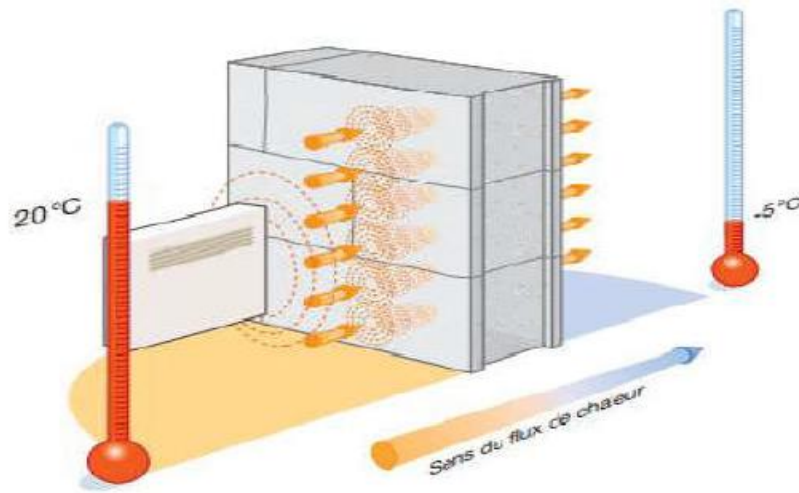


Figure I-3 : Transfert de chaleur par rayonnement (2).

La quantité de chaleur s'échappant d'une paroi simple diminue lorsque la conductivité thermique décroît, lorsque l'écart de température entre les deux faces de la paroi diminue et lorsque l'épaisseur de la paroi augmente.

Dans le domaine du bâtiment, les leviers pour limiter la fuite de chaleur sont la diminution de la valeur de la conductivité thermique et l'optimisation de l'épaisseur des parois.

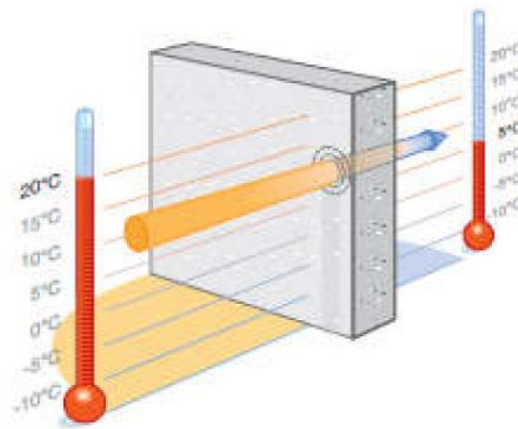


Figure I-4 : le flux de chaleur dissipé à travers une paroi (5) .

I.3 Déperditions thermiques

Les déperditions thermiques signifient la perte de chaleur qui subit l'enveloppe du bâtiment. Ces déperditions sont fonction des caractéristiques de la structure, des matériaux, de l'environnement du bâtiment (climat, effet de masque, orientation, ...). Ces déperditions sont importantes dans les bâtiments non ou mal isolé.

Les déperditions thermiques possibles pour une structure passent :

- Par la toiture en contact avec l'extérieur,
- À travers les murs,
- Par le plancher bas,
- À travers les portes et les fenêtres,
- Par renouvellement d'air et les fuites,
- Au niveau des ponts thermiques.

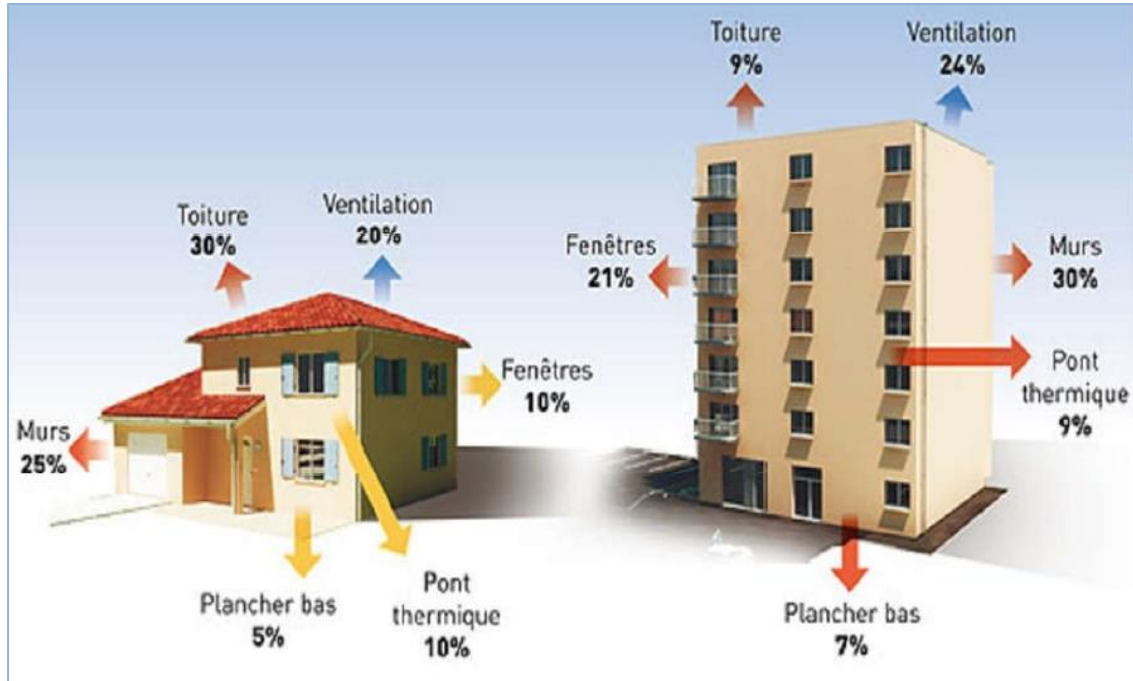


Figure I-5 REPARTITION en % des déperditions pour une maison et un immeuble (6)

I.4 Les apports d'énergie dans les bâtiments :

I.4.1 Les apports intérieurs :

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

La respiration et le rayonnement humain, l'électroménager et le multimédia sont aussi des sources potentielles d'apport énergétique. (7)

I.4.2 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 :

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

- **Les apports solaires indirects** : ils correspondent les apports solaires indirects aux rayonnements qui pénètrent par les murs extérieurs et par les autres éléments constructifs du logement (pont thermique notamment). (7)

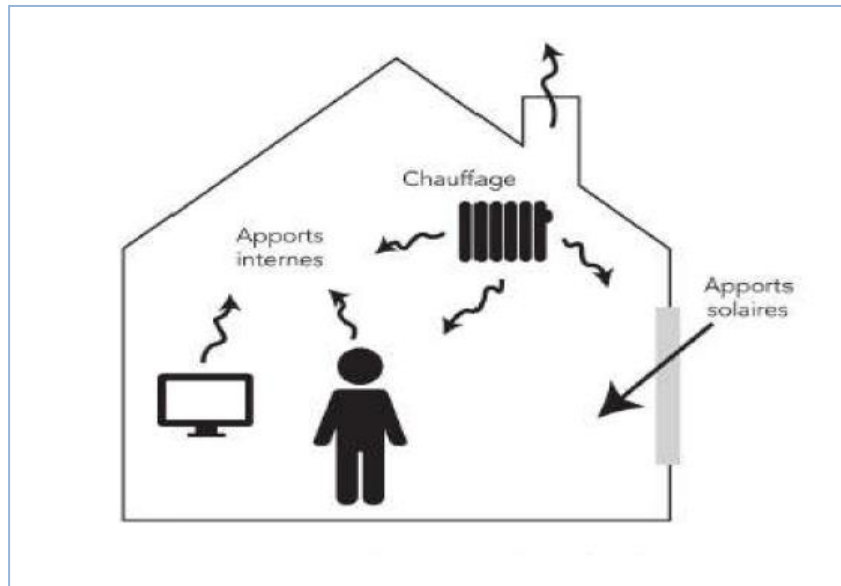


Figure I-6 : Apports d'énergie dans les bâtiments (7)

I.5 Les Ponts thermiques

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

Les composants d'enveloppe assurant l'isolation thermique (murs, plafonds et planchers, ainsi que les fenêtres et les portes) doivent envelopper entièrement le volume chauffé. Les espaces non chauffés peuvent être inclus dans le volume chauffé. Les jardins d'hiver et vérandas doivent être l'objet d'une attention particulière. (8)

Les ponts thermiques entraînent des déperditions de chaleur supplémentaires par rapport aux déperditions à travers les parois du bâtiment. Dans un bâtiment non isolé, les ponts thermiques représentent de faibles déperditions (en général inférieures à 15 %) car les déperditions totales par les parois sont très élevées. En revanche, dès lors que les parois sont fortement isolées, le pourcentage de déperditions dû aux ponts thermiques devient important. Il est de plus de 30 %. Mais, les déperditions globales sont très faibles. Les principaux ponts thermiques d'un bâtiment se situent aux jonctions des façades et planchers, façades et refends, façades et toitures, façades et planchers bas. (8)

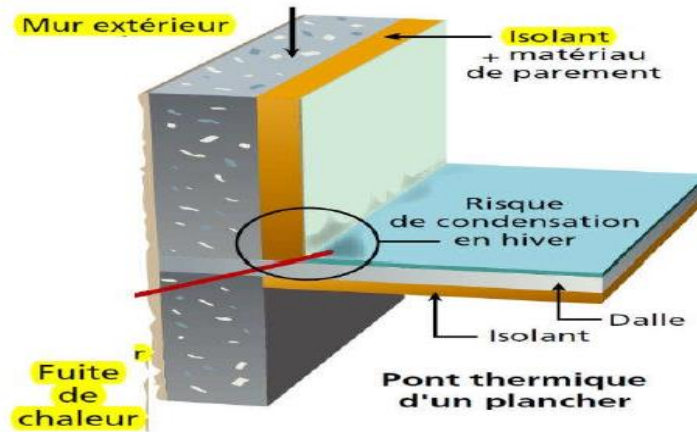


Figure I-7 : Pont thermique d'un plancher (8)

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

I.5.1 Types des ponts thermiques

On distingue les ponts thermiques géométriques tels que les angles et les coins, et les ponts thermiques matériels, dans lesquels un matériau conducteur de la chaleur traverse la couche isolante.

On classe aussi les ponts thermiques en ponts linéaires, qui ont une certaine longueur, et les ponts ponctuels, dans lesquels l'interruption de la couche isolante reste locale. Toute courbure dans la couche isolante ou dans la paroi constitue un pont thermique géométrique. Les isothermes doivent suivre la courbure de la paroi et les lignes de flux, qui leur sont perpendiculaires, se resserrent vers l'intérieur de la 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).

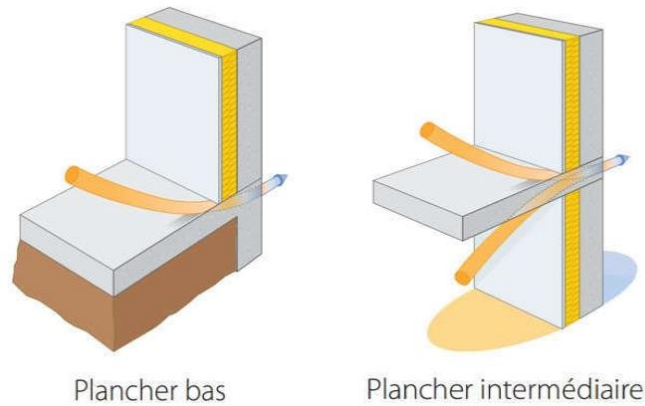


Figure I-8 : Ponts thermiques de liaisons (9)

- **Ponts thermiques intégrés ou ponctuels** : une paroi est constituée de plusieurs composants assemblés entre eux par collage, vissage ou assemblage mécanique. Si leur conception n'est pas correcte, ces assemblages (ossature métallique, appuis, ...) présentent autant de petits ponts thermiques intégrés au système. Ce problème se pose même lors de fixation des isolants.

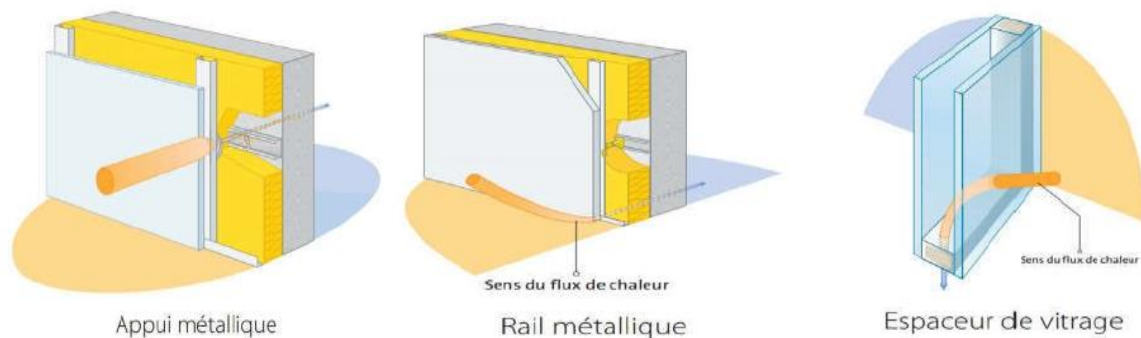


Figure I-9 : Ponts thermiques intégrés (9)

Les ponts thermiques géométriques n'ont en général pas des effets importants, notamment sur les déperditions, parce que la couche isolante n'est pas interrompue, elle n'est que déformée. Toutefois, lorsque les conditions sont critiques, l'abaissement de température à la surface intérieure peut être suffisant pour favoriser l'apparition de moisissures.

- **Déperditions thermiques dans une paroi opaque**
Il existe deux types de déperdition thermique à travers les parois opaques :
 - Déperditions thermiques surfaciques : elles résument les déperditions de la chaleur (ou de fraîcheur en été) suivant les surfaces.
 - Déperditions thermiques linéiques : elles résument les déperditions de la chaleur (ou de fraîcheur en été) dans les intersections des éléments de la structure.

I.6 Déperditions thermiques à travers les ouvertures

Les moyens de ventilation Seul le renouvellement permanent et régulier de l'air permet de maintenir la maison à un état hygrométrique voisin de celui de l'air extérieur et d'éviter ainsi le dépôt d'humidité dans la maison et en particulier au niveau des ponts thermiques. On élimine l'humidité en extrayant l'air chaud du logement puisqu'il contient toute la vapeur d'eau produite dans la maison.

- Chaque personne produit environ 1 à 1,5 litre d'eau par jour.
- Le taux d'humidité idéal dans l'atmosphère intérieure se situe entre 40 et 60 %.
- En France, la pollution chimique touche 3 logements sur 4 !

I.6.1 Définitions

La ventilation a pour vocation d'évacuer l'air vicié des logements en le renouvelant par de l'air frais. La ventilation mécanique désigne tous les dispositifs motorisés d'évacuation ou d'insufflation d'air frais

I.6.2 Les fenêtres

« Dans le temps », les fenêtres avaient aussi pour rôle d'assurer le renouvellement de l'air dans les pièces pour la respiration, pour extraire l'humidité de la cuisine, et les fentes sous les portes extérieures apportaient l'air pour le poêle ou la cheminée. Maintenant que les portes et fenêtres sont parfaitement étanches, on y installe des ouïes dans le châssis, ou dans les battants, pour assurer ce renouvellement d'air.

Mais cet air est froid puisqu'il provient directement de l'extérieur. (10)

Les ouvertures sont nécessaires dans un bâtiment pour le confort, pour bénéficier des apports solaires et pour l'aération, Les fenêtres constituent un véritable gain énergétique en hiver mais ils représentent entre 10 et 15% des déperditions thermiques d'un bâtiment. La résistance thermique d'une fenêtre est en effet 10 fois plus faible que celle d'une paroi. Plusieurs paramètres pour améliorer la performance thermique des vitrages et menuisiers :

- **Emissivité des vitrages :** L'émissivité ϵ caractérise la capacité d'un vitrage à absorber puis à réémettre de la chaleur par rayonnement. Le vitrage a un faible facteur d'émission.

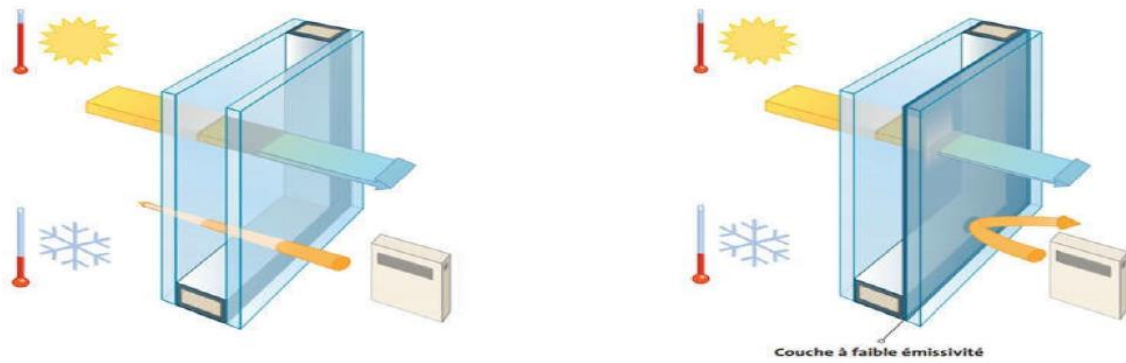


Figure I-10 : Facteur d'émission ξ des vitrages (9).

La figure ci-dessus représente la comparaison entre deux doubles vitrages du transfert par rayonnement avec deux facteurs d'émission différents.

- **Éviter les menuiseries métalliques** : le métal est un bon conducteur thermique. Privilégiez le bois ou le menuisier en PVC.
- **Facteur solaire g** : Le facteur solaire g est le rapport entre l'insolation reçue et la somme des énergies transmises par le vitrage. En effet plus le vitrage a un coefficient solaire plus élevé plus le vitrage est capable à transmettre de l'énergie solaire au bâtiment.

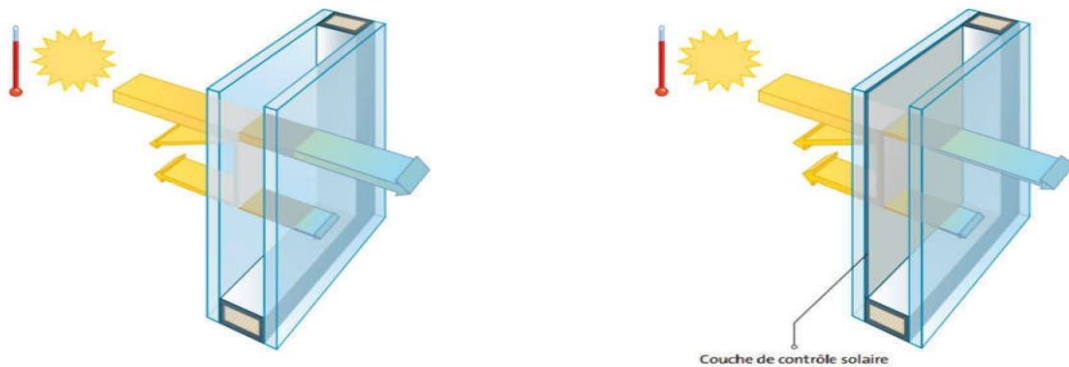


Figure I-11 : Facteur solaire g des vitrages (9)

La figure ci-dessus est une comparaison entre deux doubles vitrages du transfert par rayonnement avec deux facteurs solaire différents « un double vitrage ordinaire et un double vitrage à couche de control solaire ».

- **Transmission lumineuse Tl** : La transmission lumineuse est la fraction de rayonnement solaire transmise par le vitrage (la lumière). Plus la transmission lumineuse est importante plus le vitrage laisse passer la lumière et par conséquent confort visuel plus performant.

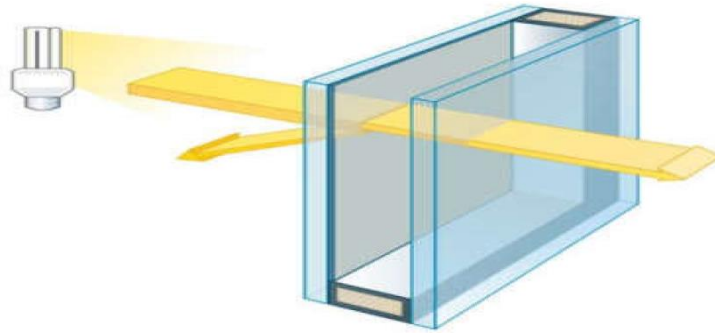


Figure I-12 : Transmission lumineuse TL des vitrages (9)

- **Coefficient de transmission thermique de vitrage :** Le coefficient de transmission thermique d'un vitrage désigne la quantité de chaleur s'échappant au travers la surface de vitrage de 1 m² pour une différence de 1° exprimée en W/m². K.

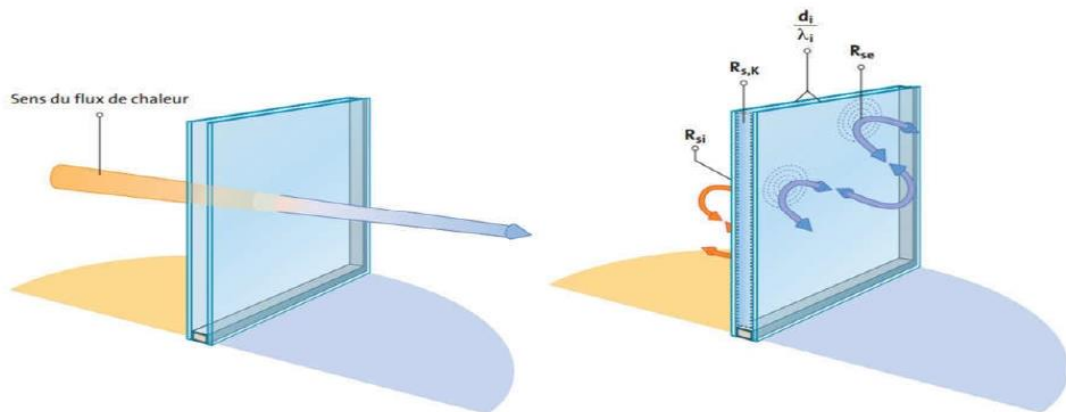


Figure I-13 : Coefficient de transmission thermique de vitrage (9)

- Le coefficient de transmission thermique de vitrage se calcule à partir de la somme des résistances thermiques des différents constituants (la résistance superficielle du vitrage, l'âme d'air ou du gaz, ...)
- Donc le coefficient de transmission thermique de vitrage dépend de plusieurs paramètres tels que l'épaisseur et la conductivité thermique du verre et la résistance thermique de la lame d'air (cas de double vitrage).

- **Performances thermiques des vitrages**

Les propriétés isolantes des fenêtres dépendent essentiellement du type de vitrage « simple, double ou triple vitrage ». Le type de vitrage est défini par le coefficient U_g . C'est un indice appliqué au vitrage, qui précise ses performances de transmission thermique. C'est un excellent indicateur de choix pour limiter les pertes de chaleur dues à des vitrages peu isolants, que ce soit pour vos fenêtres, portes-fenêtres.

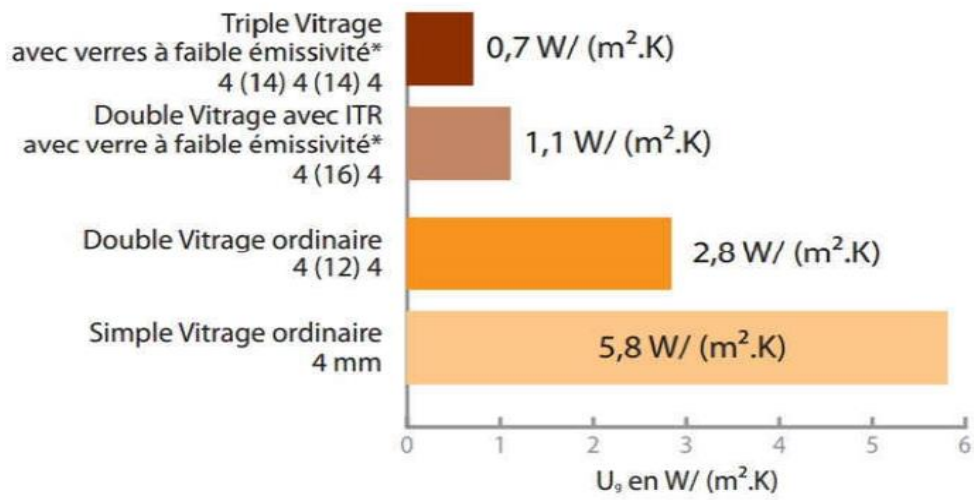


Figure I-14 : Exemple de U_g pour différents types de vitrages (9)

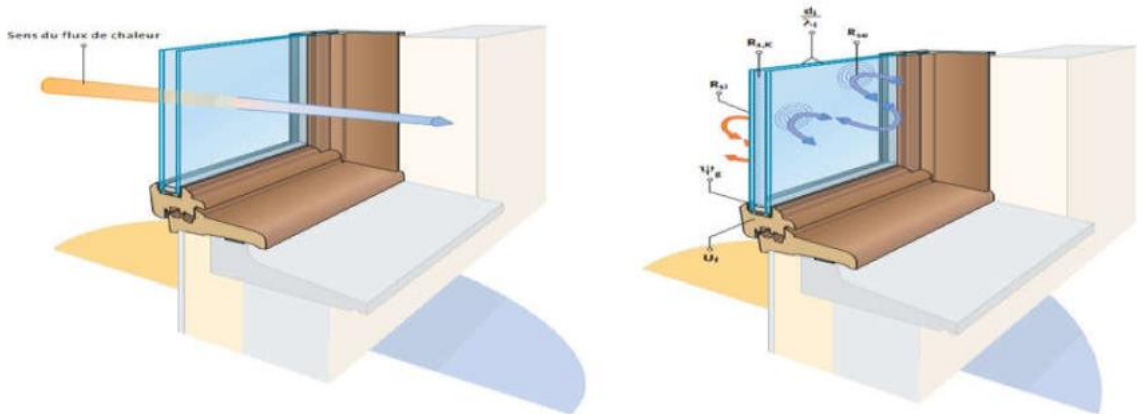


Figure I-15 : Coefficient d'une fenêtre à double vitrage (9)

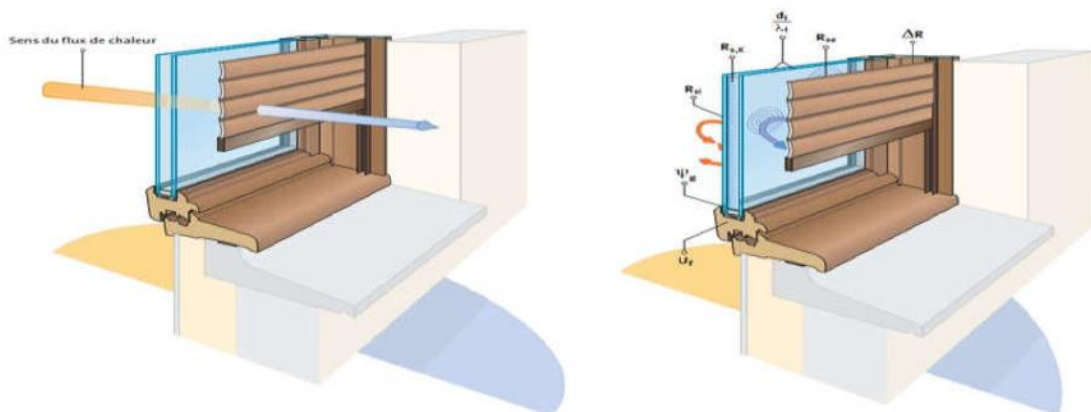


Figure I-16 : Coefficient d'une fenêtre + fermeture extérieure (9)

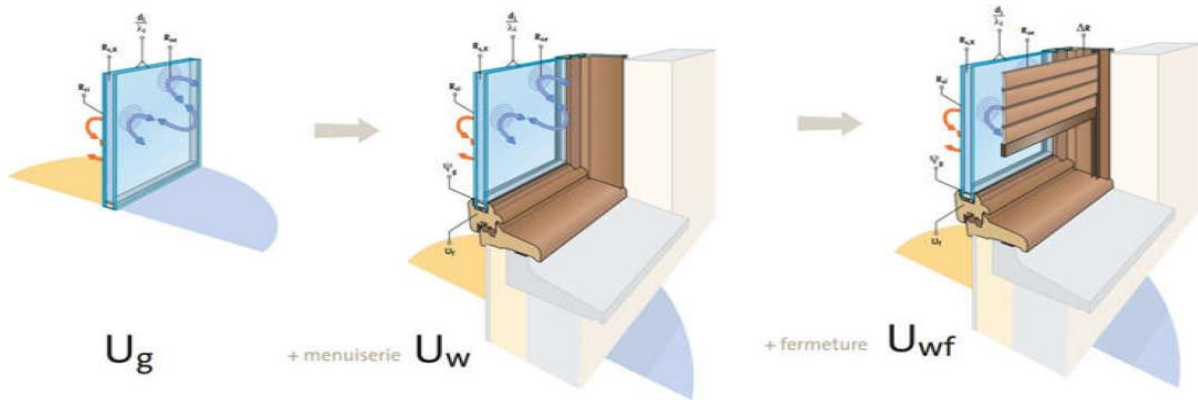


Figure I-17 : Principaux coefficients qui permettent de car actériser les performances thermiques d'une paroi vitrée et sa fermeture (9)

- **La ventilation naturelle :**

Elle consiste à simplement créer des courants d'air dans le logement par le biais d'orifices d'entrée d'air en partie basse des murs des pièces principales et des bouches de sortie en partie haute des pièces humides.

Dans ce dispositif, le débit est très mal contrôlé car il dépend du vent, des conditions climatiques et de la saison. Il peut conduire à une sous-ventilation ou au contraire à une sur ventilation occasionnant des besoins inutiles en chauffage. (10)

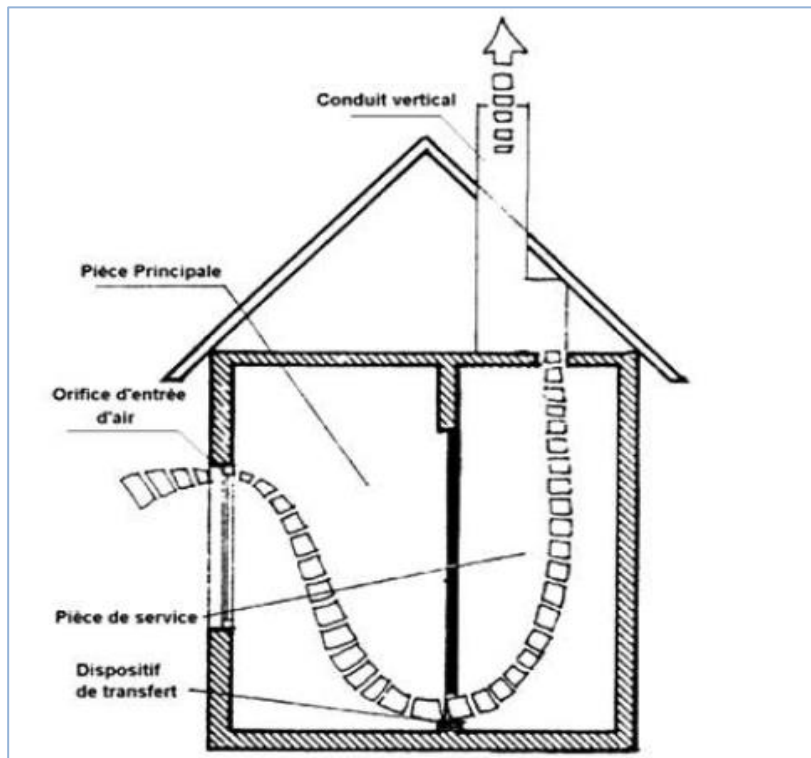


Figure I-18 : Principe de la ventilation naturelle (10)

La ventilation participe aussi à l'élimination des polluants intérieurs, mais il vaut mieux pour cela recourir à l'aération. Pour cela, ouvrez en grand vos fenêtres pendant une dizaine de minutes, pas plus.

En hiver, cela permet de bien renouveler l'air sans trop refroidir les parois et les meubles de la pièce. (La pratique qui consiste à aérer longtemps, mais en entrouvrant seulement les fenêtres, est à bannir !) (10)

Ces pertes proviennent des infiltrations d'air (perméabilité des parois, menuisier extérieur, équipement électrique, ...), de l'entrée d'air l'air frais et de l'excédent d'air extrait (ventilation).

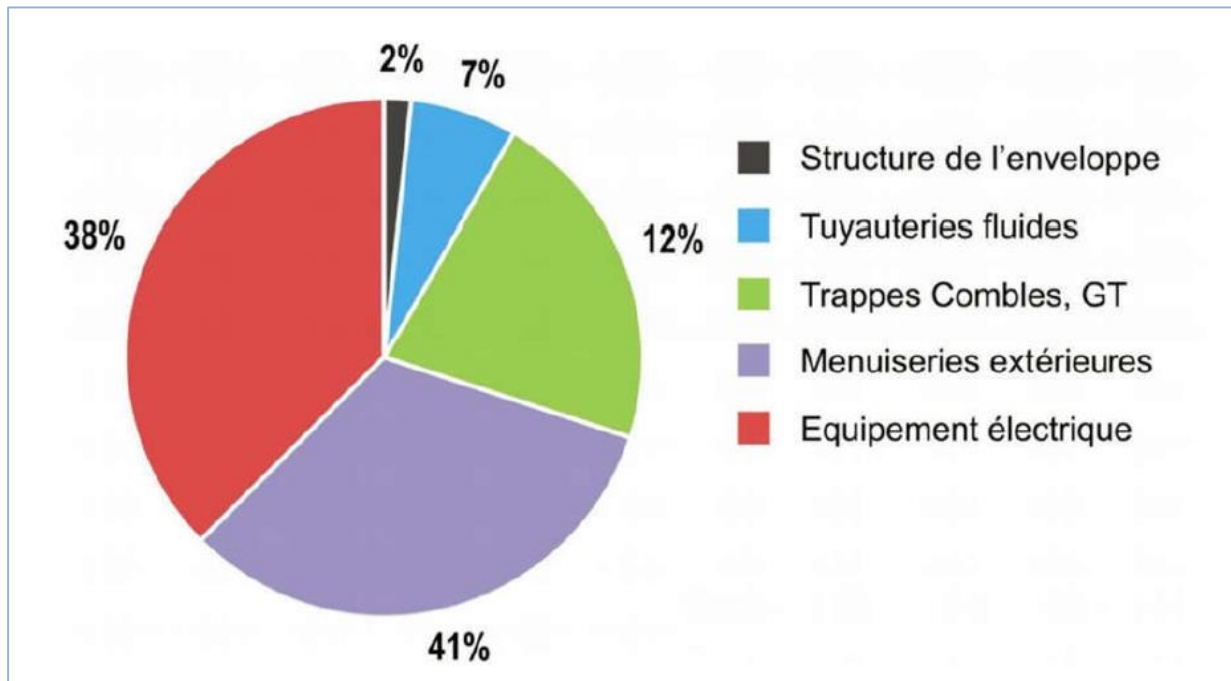


Figure I-19 : Répartition en % des infiltrations d'air dans une maison individuelle [ADEME]

Pour la bonne santé de l'occupant, la ventilation assure le renouvellement sanitaire (apport d'air frais, évacuation des odeurs, ...). Elle peut être assurée :

- Soit naturellement via des orifices d'amenée d'air frais et de rejet d'air vicié.
- Soit mécaniquement, par des bouches de pulsion et d'extraction. Les infiltrations d'air dans un bâtiment sont dues à des différences de pression engendrée soit par le vent, soit par l'écart entre les températures intérieure et extérieure, et sont rendues possibles par les défauts d'étanchéité de l'enveloppe.

L'air extérieur introduit dans le bâtiment doit être porté à la température intérieure de confort, que ce soit par réchauffement (en saison de chauffe) ou par rafraîchissement (en été).

La conductivité thermique (notée λ) 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. (11)

$$\lambda = q \frac{e}{\Delta T} \quad [\text{w.k.m}^{-1}] \quad (1.2)$$

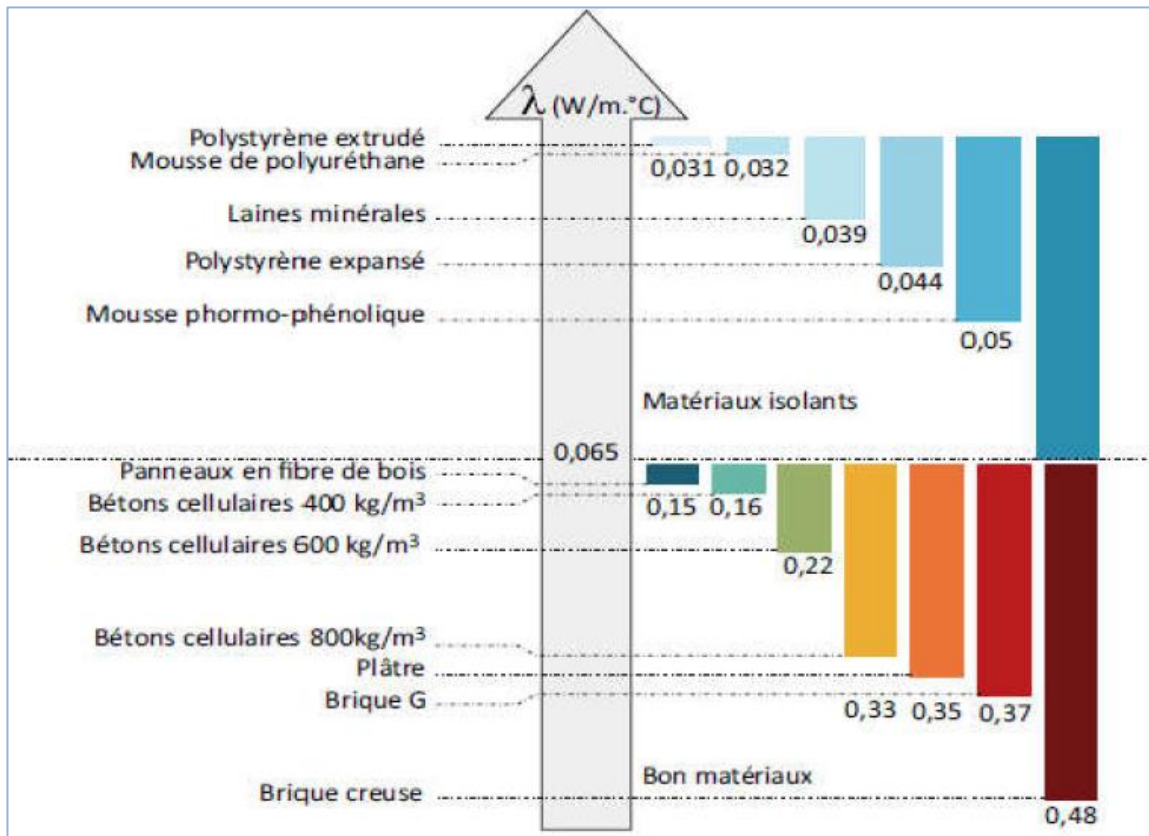


Figure I-20 : Conductivités thermiques de quelques matériaux (8)

I.7 Résistance thermique R

Un autre indicateur est La résistance thermique (notée R) correspond à la capacité d'un matériau à résister au froid et à la chaleur. Elle est déterminée en divisant l'épaisseur du matériau (e) par la conductivité thermique de ce dernier (λ) (11).

$$R = \frac{e}{\lambda} \quad [\text{m}^2.\text{K}/\text{W}]$$

I.8 Inertie thermique :

On a l'habitude de présenter l'inertie thermique d'un corps comme étant sa capacité à emmagasiner (stocker) 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 déphaser 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.). (12)

I.9 Conclusion

Les déperditions thermiques ou pertes de chaleur qui se produit dans une habitation sont donc plus souvent dus à cause d'une mauvaise isolation thermique. Son impact sur la consommation énergétique sera beaucoup plus important que celui de la performance des équipements de chauffage. Ainsi, trouver les causes et les traiter est primordial.

Nous avons donc montré les points faibles d'une habitation afin de connaître le type de travaux à réaliser pour optimiser la qualité thermique de celle-ci.

Nous avons établi une liste de sources de déperdition de chaleur dans la maison. Parmi ces sources, les plus importantes nous avons cités le toit, les murs, le renouvellement de l'air, les vitrages, le plancher bas et les ponts thermiques.

Les fuites d'air peuvent être nombreuses dans une maison, et souvent mal prises en charge lors de la construction. Elles peuvent représenter à elles seules l'équivalent d'une fenêtre restant grande ouverte toute la journée.

II. Chapitre2 : l'Energie et le bâtiment

II.1 Introduction :

Étant donné que le monde connaît une augmentation spectaculaire de la population, ce qui entraîne une augmentation de la consommation d'énergie. Les principaux secteurs de consommation d'énergie sont : l'industriel, le bâtiment, le transport et l'agriculture.

Le secteur du bâtiment est l'un des plus grands consommateurs d'énergie après le secteur industriel. L'énergie requise pour le chauffage et la climatisation des bâtiments est la plus importante de tous. Nous devons donc aller à la construction de bâtiment à basse consommation (BBC), avec respect de la réglementation algériennes (DTR) qui nous permette de calculer un bilan thermique pour le confort des occupants.

Toutes les parties d'un bâtiment sont soumises à un transfert de chaleur, ce phénomène se produit entre les environnements chauds et froids. La connaissance et la maîtrise de ces transferts de chaleur permettent de gérer la facture énergétique d'un bâtiment par la combinaison des procédés de construction, le choix des matériaux et leur mise en œuvre. La réduction de ces échanges thermiques permet de maintenir une température tempérée à l'intérieur du bâtiment en y apportant le moins d'énergie possible. Le confort thermique est basé sur la notion de sensation de chaleur à laquelle on associe la notion de température. Il permet également d'orienter la conception du bâtiment dans un cadre réglementaire tout en visant un compromis entre le coût de l'énergie et le confort.

II.2 Efficacité énergétique :

En physique, l'efficacité énergétique est le rapport entre l'énergie utile produite par un système et l'énergie totale consommée pour le faire fonctionner.

Il s'agit d'utiliser moins d'énergie qu'auparavant pour fournir des services énergétiques équivalents. Nos activités quotidiennes consomment beaucoup d'énergie, qu'il s'agisse de chauffer ou de refroidir des bâtiments, ou d'utiliser des appareils et des services électriques.

Le mot "efficacité énergétique" est largement utilisé pour désigner l'ensemble des technologies et pratiques qui permettent simplement d'avoir pour objectif de réduire la consommation d'énergie tout en maintenant des conditions d'utilisation et un confort satisfaisant. (13)

Les trois approches qui soient combinées dans l'efficacité énergétique qui contribuent à obtenir des grands bénéfices (14):

II.2.1 L'efficacité énergétique passive :

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

II.2.2 L'efficacité énergétique active :

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

II.3 La transformation du consommateur en consomm-acteur :

Tout dépend du comportement d'occupant dans sa maison, c'est-à-dire un utilisateur particulier, informé et mobilisé, capable de gestionnaire, d'optimiser son confort tout en réalisant des économies d'énergie et dans les années à venir de produire sa propre énergie.

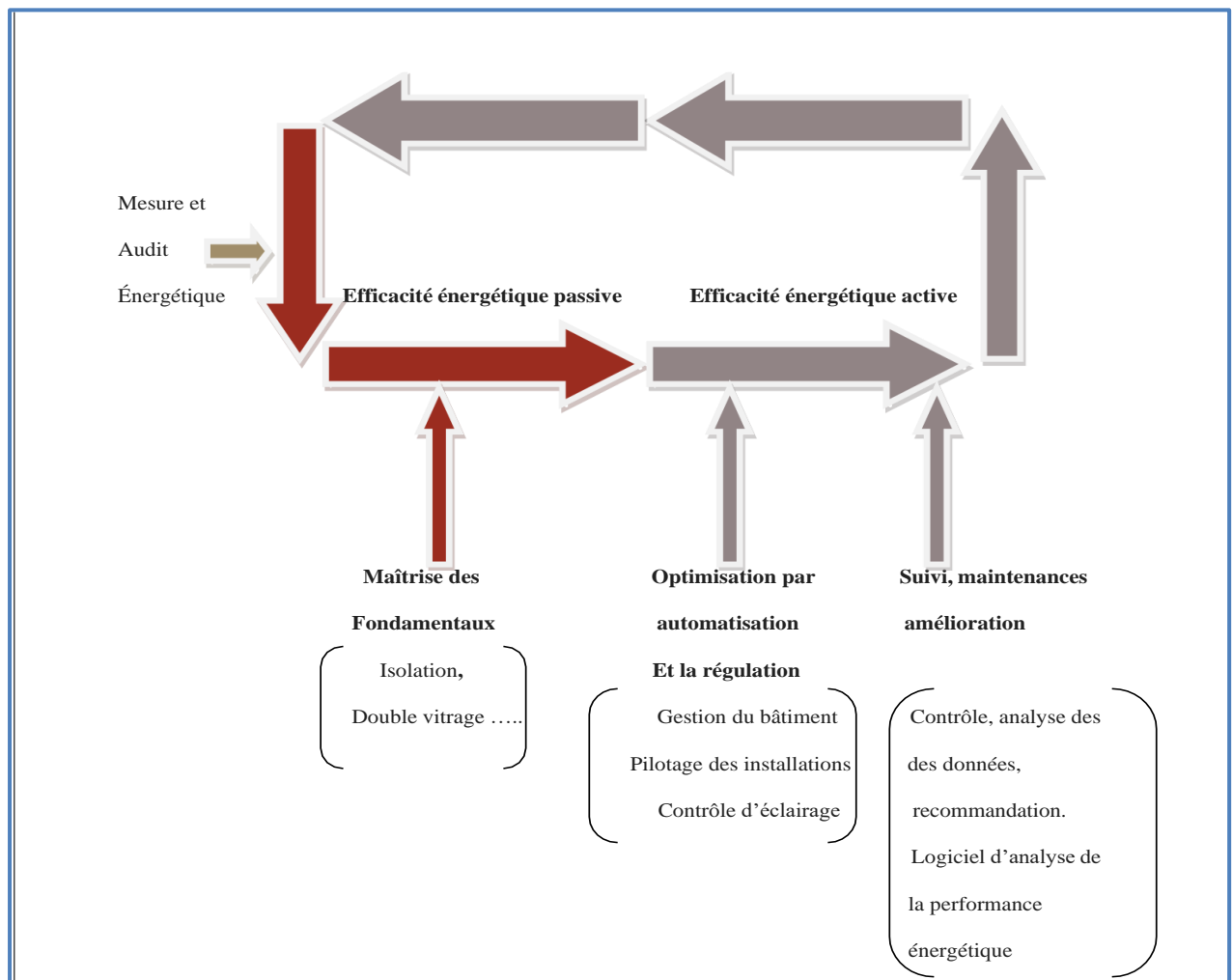


Figure II-1: Les trois approches l'efficacité énergétique (14)

II.4 Énergie :

L'énergie vient du grec Energia "force en action". Pour les scientifiques, ces termes indiquent la capacité d'un corps, un système. L'énergie est capable de produire soit de la chaleur, soit un travail à partir d'un mouvement et des ondes électromagnétiques (lumière).

La définition de l'énergie est très compliquée. Ça dépend le domaine où on se trouve : La

thermodynamique : Le travail \longrightarrow L'énergie fournie par une force
La chaleur \longrightarrow L'énergie cinétique microscopique

L'économie : c'est-à-dire l'énergie comme matière première ou le phénomène naturel qui peut nous donner un travail (raffinage de pétrole, etc....). (15)

II.4.1 Les énergies fossiles :

L'énergie s'est formée il y a des milliers d'années à partir de la substance organique et elle a été stockée dans la croûte terrestre. Cette énergie n'est pas renouvelable et ne peut pas être produite à l'infini. La combustion des combustibles fossiles entraîne l'émission de CO₂ dans l'atmosphère. [11]

II.4.2 Les énergies renouvelables :

Les énergies renouvelables sont des énergies inépuisables. Elles proviennent d'éléments naturels. Elles contiennent un ensemble de moyens de produire de l'énergie à partir de sources ou de ressources illimitées, disponibles sans limite de temps ou qui peuvent être reconstituées plus rapidement qu'elles ne sont consommées.

II.4.2.1 Les différents types d'ENR utilisée dans les bâtiments :

- L'énergie éolienne
- Solaire thermique
- Le Solaire Photovoltaïque
- L'énergie hydraulique
- L'énergie géothermique
- La biomasse

II.5 Consommation d'énergie :

II.5.1 La consommation finale mondiale

La consommation finale mondiale est de 41% sur la base des produits pétroliers en 2016, soit une baisse de 7 points par rapport à 1976. Les parts du charbon et de la biomasse a également diminué, passant de 13 % à 11 % de plus de ces 40 ans. Ces revers ont été faits en faveur de l'électricité, transmis à la même période de 10 % à 19 %, et dans une bien moindre mesure le gaz naturel (de 14 à 15%). (16)

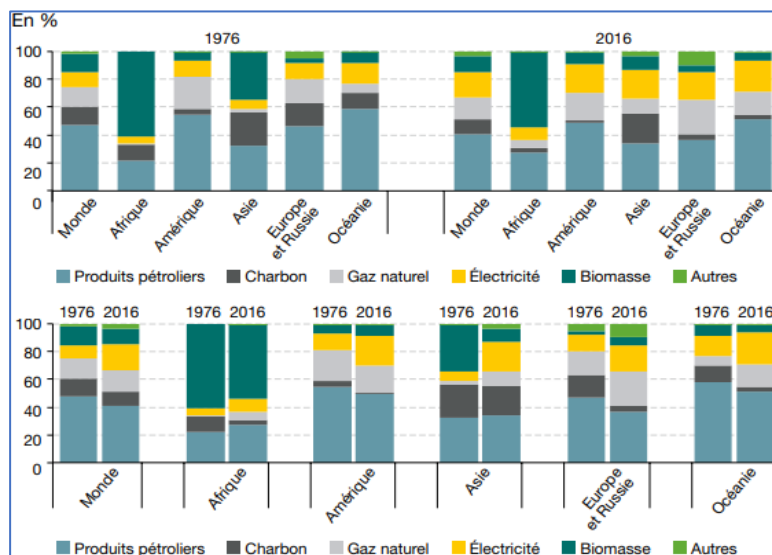


Figure II-2: Consommation finale d'énergie mondiale (16)

II.5.2 Consommation d'énergie en Algérie

La consommation nationale d'énergie (y compris les pertes) a atteint 65,0 millions de tep en 2018, soit une forte augmentation de 7,7 % par rapport à 2017, tirée par celle de la consommation finale (+7,8%) et de la consommation non énergétique (+43,4%). À l'inverse, les pertes et la consommation des industries énergétique sont diminué respectivement de (-6,7 %) et (-0,7 %).

K tep	2017	2018	Evolution	
			Quantité	(%)
Consommation final	44 646	48 146	3 500	7,8
Consommations non énergétiques	3 486	4 999	1 514	43,4
Consommations des industries énergétiques	7 327	7 278	-49	-0,7
Pertes	4 869	4 540	-328	-6,7
CONSUMMATION NATIONALE	60 328	64 964	4 636	7,7

Tableau II-1: Consommation énergétique finale national (17)

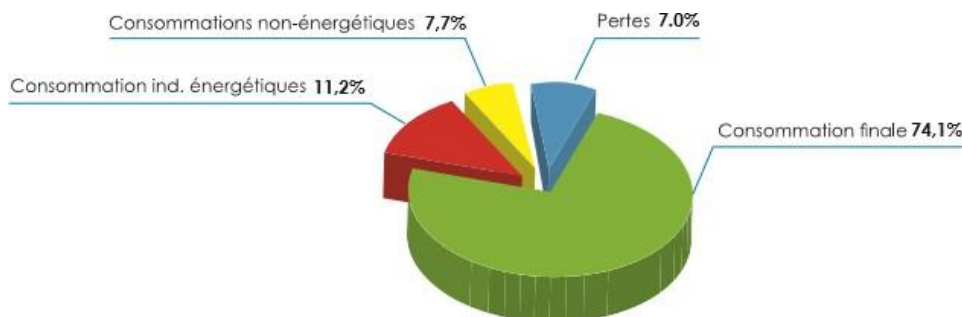


Figure II-3: Graphe de la structure de consommation énergétique finale national (16)

II.5.3 Consommation par secteur d'activité

Dans l'élaboration du bilan énergétique, le système de consommation est présenté sous forme de trois secteurs : l'industrie et BTP, des transports et des ménages et autres.

La consommation la plus élevée a été enregistrée dans le secteur des ménages et autres (46,6%), suivi par le transport (32%) et finalement le secteur de « l'industrie et BTP » avec une part de (22%), comme illustré dans le graphe ci-après :

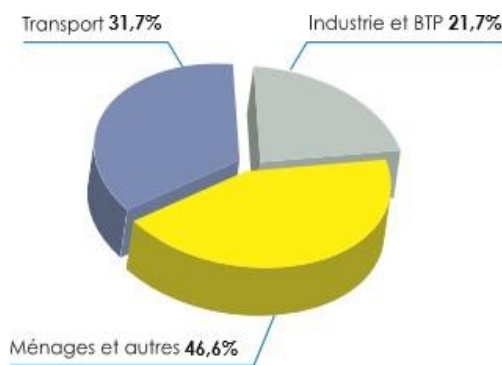


Figure II-4: Graphe de la structure de consommation énergétique par secteur d'activité (16)

II.5.4 Consommation énergétique des logements anciens et récents

Le diagramme de la consommation énergétique, ci-dessous, montre les très grandes variations de la performance énergétique des logements "anciens" par rapport aux logements « actuels ». Cependant, malgré le renforcement de l'isolation thermique et l'efficacité des équipements de chauffage, la consommation énergétique globale continue d'augmenter. Les principales raisons sont l'augmentation de la surface des logements par rapport au nombre d'occupants et une amélioration générale du confort. (18)

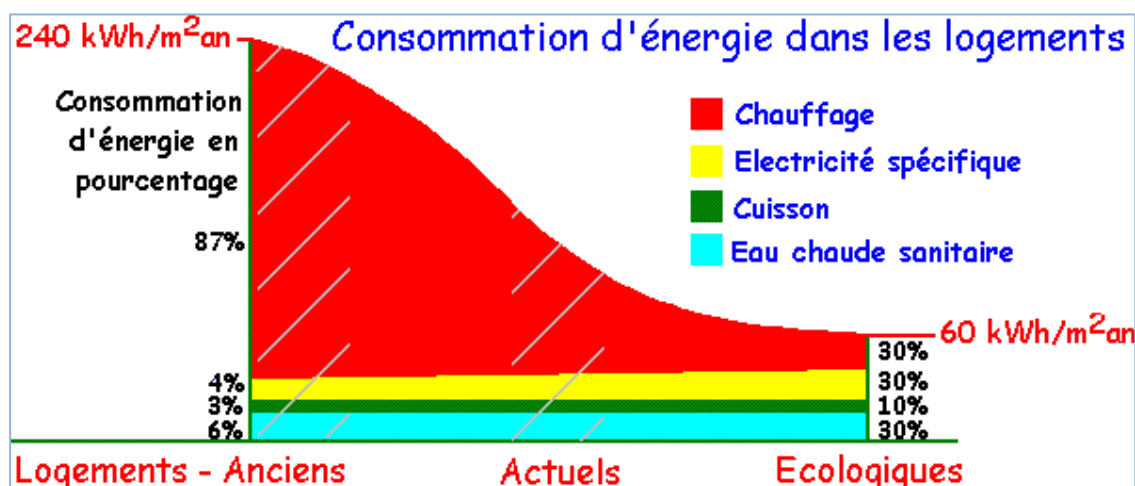


Figure II-5: Consommation énergétique selon la date de construction et les choix écologiques (18)

- **Le chauffage (en rouge)**

La consommation d'énergie pour le chauffage d'une vieille maison est facilement réduite de moitié grâce à l'isolation thermique, à l'utilisation de menuiseries et de vitrages efficaces, ainsi qu'à l'installation d'équipements de chauffage modernes. Le chauffage représente 87% de la consommation d'énergie totale dans les maisons anciennes et seulement 30 % dans les maisons plus efficaces.

- **L'électricité spécifique (Éclairage et équipement électrique : en jaune)**

La consommation tend à augmenter dans tous les logements en raison de l'augmentation du nombre d'équipements ménagers et de loisirs.

- **La cuisson (en vert)**

La consommation d'énergie pour la cuisine reste inchangée. Cependant, cette position marginale dans les anciennes habitations devient beaucoup plus importante lorsque la consommation baisse ailleurs.

- **L'eau chaude sanitaire (en bleu)**

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

II.6 Le climat et le confort thermique

II.6.1 Le climat

Le climat est l'ensemble des circonstances atmosphériques propres à une région du globe. Il exprime les conditions qui prévalent et est déterminé par différents éléments, leurs combinaisons et leurs interactions.

II.6.1.1 Les éléments du climat

II.6.1.1.1 Le rayonnement solaire

Elle peut être directe ou indirecte (diffuse ou réfléchie). Elle affecte le bâtiment soit directement en pénétrant à l'intérieur par les ouvertures et en chauffant les pièces, soit indirectement en étant absorbée par les murs extérieurs du bâtiment qui diffusent une partie de la chaleur. (19)

II.6.1.1.2 La température

La température de l'air est liée à l'ensoleillement, à l'altitude et à la latitude. La température varie fortement entre les zones exposées ou ombragées, le jour et la nuit, le type de sol, le vent, etc. La température de l'air affecte l'évaporation, le rayonnement et le mouvement des masses d'air. La capacité de chauffage et de refroidissement de la surface terrestre est un facteur important qui détermine la température de l'air. (19)

II.6.1.1.3 L'humidité

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

II.6.1.1.4 Les précipitations

Une masse d'air suffisamment humide va, en se refroidissant, dépasser la quantité d'eau qu'elle peut contenir, et cet excès se traduit en brouillard, en pluie, etc. La fréquence et la quantité des précipitations sont deux données importantes pour l'habitat et le choix des matériaux. (19)

II.6.1.1.5 Les vents

Les vents sont des courants créés par la différence entre les zones de haute et de basse pression. La rotation de la terre génère la direction des vents. Les vents peuvent également être générés par la différence de température entre deux surfaces (terre-eau). (19)

II.6.2 Le confort thermique

Le confort est un concept global : chaleur et froid, lumière, bruit, paysage, eau, verdure, prestige... et autres, sont autant d'éléments définissant plusieurs paramètres climatiques, esthétiques, psychologiques du confort. Le confort est aussi le sentiment subjectif qui n'existe pas en soi. (20).

II.6.3 Confort thermique dans l'habitat

Un des rôles du logement est de minimiser ces échanges, c'est-à-dire de protéger le corps humain contre les agressions du climat. Pour cela, le corps humain dispose d'un système de thermorégulation qui lui permet de réguler l'échange de chaleur avec son environnement. La notion de confort thermique dans un bâtiment est liée non seulement à la qualité des ambiances intérieures, mais aussi à la quantité d'énergie à fournir par les équipements. Dans les

environnements bâtis, le confort thermique est une exigence essentielle à laquelle le concepteur doit apporter les réponses nécessaires. Le choix des caractéristiques thermiques de la construction et de ses équipements vise à atteindre, en hiver comme en été, le confort thermique de l'occupant. Ce confort est défini par un certain nombre d'exigences. L'énoncé des exigences doit se présenter sous la forme de combinaisons de valeurs de tous les facteurs qui caractérisent l'atmosphère : température de l'air, températures radiantes (température des murs environnants), vitesse de l'air, humidité de l'air et température du sol. (21)

II.6.4 Facteurs influant sur le confort thermique

Plusieurs facteurs variables interviennent dans la notion de confort. Il y a ceux qui se rapportent à l'individu et d'autres qui se rapportent au climat environnemental.

II.6.5 Facteurs liés aux conditions climatiques

II.6.5.1 La température de l'air

C'est le facteur qui influe le plus sur le confort humain. En effet, la température de l'air contrôle directement les échanges par convection qui est un des principaux termes de bilan thermique. La température de l'air extérieur varie quotidiennement, les températures maximales se situent en milieu d'après-midi et les températures minimales en fin de nuit.

II.6.5.2 L'humidité de l'air

L'humidité de l'air peut être exprimée par la pression de la vapeur d'eau. L'humidité de l'air à l'intérieur des bâtiments influence directement et indirectement le corps humain, ce qui peut provoquer une gêne et une sensation de chaleur et de sécheresse des muqueuses des voies respiratoires. L'humidité de l'air n'a pas un grand effet sur la sensation de confort thermique, si les températures de l'air sont confortables ; elle n'a un effet significatif que lorsqu'elle est extrêmement élevée ou extrêmement basse. Des variations de l'humidité relative entre 19% et 65% sont autorisées. (22)

II.6.5.3 Le vent

La vitesse de l'air influence les échanges par convection et évaporation. En effet, les échanges convectifs entre la surface extérieure des murs et l'air extérieur sont fonction de la vitesse de l'air au voisinage des murs. Le taux de renouvellement de l'air dans une pièce dépend également de la vitesse du vent, en particulier lorsque la ventilation transversale est possible. Toutefois, dans ce cas, les occupants tentent d'ajuster les ouvertures de manière à éviter les courants d'air. (22)

II.6.5.4 L'ensoleillement

La température de l'air extérieur atteint sa valeur maximale au milieu de l'après-midi, entre le rayonnement souhaité en hiver et la protection contre les apports solaires en été. (22)

II.6.6 Les stratégies du confort

L'habitat bioclimatique profite du climat pour amener ses occupants au plus près des conditions de confort. Le confort hivernal répond à la stratégie de la chaleur : capter le rayonnement solaire, le stocker dans la masse, le conserver par l'isolation et le distribuer dans le bâtiment. Le confort d'été répond à la stratégie du froid : en minimisant le besoin de refroidissement, en offrant une protection solaire adaptée aux différentes orientations, en évitant le risque de surchauffe par une isolation appropriée ou par l'inertie du bâtiment, en dissipant l'air chaud et en le rafraîchissant naturellement. (23)

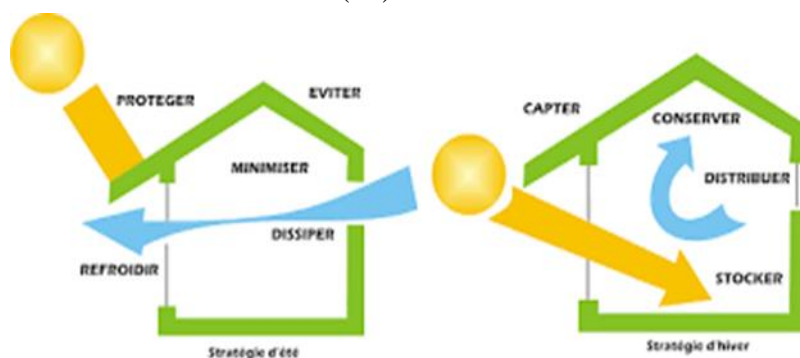


Figure II-6: La stratégie du confort.

2.1.1 Les différents types de confort

- Le confort respiratoire
- Le confort visuel
- Le confort acoustique
- Le confort thermique

II.6.7 L'isolation thermique :

L'isolation thermique est la propriété d'un matériau de construction de réduire le transfert de chaleur entre deux environnements. Elle permet à la fois de réduire la consommation d'énergie de chauffage ou de climatisation (limite les pertes de chaleur en hiver et les gains de chaleur en été), et d'augmenter le confort (maintient les températures et l'humidité à des niveaux de confort. Été et hiver et résout le problème des murs froids en hiver et chauds en été). (24)

Les isolants thermiques se caractérisent essentiellement par leur résistance thermique et leur inertie thermique. Ils permettent d'éviter les pertes de chaleur ainsi que le phénomène de pont thermique.

II.6.8 Matériau isolant

Substance ou mélange de substances dont les propriétés isolantes résultent de sa nature chimique et/ou de sa structure physique.

II.7 Système d'isolation thermique

Association de deux ou plusieurs composants, dont au moins un est un produit ou un matériau isolant. La performance du système est la performance de l'ensemble.

II.8 Les Propriétés et performances d'un matériau isolant

Lors du choix d'un matériau d'isolation, il est avantageux, dans une approche de construction, de ne pas limiter vos critères de sélection aux seules performances thermiques du matériau. Le choix d'un isolant doit être fait sur la base des critères suivants :

II.8.1 Propriétés thermiques

Ils sont généralement décrits par des concepts tels que la conductivité thermique (W/m^2K). Peu à peu, on tend vers une description intégrant les propriétés de masse des matériaux isolants. Par exemple, on parle de plus en plus souvent d'effusivité thermique (la racine carrée du produit de la densité, de la conductivité thermique et de la chaleur spécifique du matériau). Elle représente la vitesse à laquelle la température de surface d'un matériau varie, et donc sa capacité à accumuler et à libérer de la chaleur (inertie thermique). Utilisée en combinaison avec la conductivité thermique, cette quantité est intéressante lorsqu'on parle d'isolants solides. (25)

II.8.2 Propriétés techniques

Comportement au feu, perméabilité à la vapeur d'eau, comportement à l'humidité, type d'installation, stabilité dans le temps, isolation acoustique. (25)

II.8.3 Propriétés environnementales

Impact énergétique de la production, du transport, des risques sanitaires, de la maintenance, du traitement en fin de vie (recyclage), etc. Ces propriétés peuvent être identifiées par des données centralisées telles que les écobilans. Ceux-ci mettent en évidence les résultats de l'analyse des différents impacts environnementaux liés aux produits de construction. L'analyse d'impact est transversale, elle intègre l'ensemble du cycle de vie du produit. Parmi les critères analysés, on trouve : les émissions de gaz à effet de serre, la production de gaz acidifiants, l'origine des ressources (renouvelables, non renouvelables), l'économie des ressources, la production de déchets, la toxicité pour l'eau et les êtres humains. (25)

II.8.4 Propriétés économiques

Coût du matériel, de sa mise en œuvre et, selon le cas, de son entretien, en fonction du type d'utilisation et des performances à atteindre. D'autre part, le choix d'un matériau d'isolation thermique est souvent lié à la réalisation d'une bonne isolation acoustique. (25)

II.9 Les avantages de l'isolation thermique

Le principal avantage de l'isolation thermique est qu'elle réduit la dépendance vis-à-vis des systèmes (mécaniques/électriques) pour faire fonctionner le bâtiment confortablement et, par

conséquent, elle permet d'économiser l'énergie et les ressources naturelles associées. Outre le confort thermique, l'utilisation de l'isolation thermique dans le bâtiment présente également plusieurs autres avantages qui peuvent être résumés comme suit : (26)

II.9.1 Avantage économique

D'importantes économies d'énergie peuvent être réalisées grâce à l'utilisation de l'isolation thermique, avec peu de dépenses d'investissement. Elle réduit les coûts d'exploitation de l'énergie.

II.9.2 Avantage environnemental

L'utilisation de l'isolation thermique permet non seulement de réduire les coûts d'exploitation de l'énergie, mais apporte également des avantages environnementaux tels que la récupération des déchets rejetés qui provoquent des émissions polluantes.

II.9.3 Réduire le niveau de bruit

L'isolation peut réduire les bruits nocifs et stressants provenant des espaces voisins ou de l'extérieur. Cela améliore le confort acoustique des bâtiments isolés.

II.10 Intégrité structurale d'un bâtiment

De grandes variations de température peuvent provoquer des mouvements thermiques indésirables, qui pourraient endommager la structure du bâtiment. La préservation des bâtiments avec des fluctuations de température minimales contribue à préserver l'intégrité des structures des bâtiments. Cela peut être réalisé par l'utilisation d'une isolation thermique appropriée, ce qui augmente la durée de vie des structures du bâtiment.

II.10.1 Protection contre le feu

Si le bon matériau d'isolation est choisi et installé correctement, il peut contribuer à retarder la chaleur et à empêcher la pénétration des flammes dans le bâtiment en cas d'incendie.

II.10.2 Les différentes méthodes d'isolation

II.10.2.1 L'isolation par l'extérieur

L'isolation par l'extérieur présente de nombreux avantages : elle profite de l'inertie thermique des murs pour réguler la température des locaux. Elle permet également d'éviter les ponts thermiques, notamment au niveau des liaisons sol-mur. Enfin, le choix de ce type d'isolation permet de maintenir la température proche de celle de l'air dans les locaux. (27)

II.10.2.2 L'isolation par l'intérieur

L'isolation de l'intérieur présente également certains avantages : elle ne modifie pas l'apparence à l'extérieur du bâtiment, il permet un chauffage rapide des locaux, il est plus simple à

mettre en œuvre et il est moins coûteux. Dans certains cas, une combinaison d'isolation extérieure et intérieure est utilisée.

II.10.2.3 L'isolation sans éléments rapportés

La structure porteuse du bâtiment peut être réalisée avec un matériau qui, outre les caractéristiques mécaniques requises, possède des qualités d'isolation éprouvées. Le béton cellulaire permet ce type d'isolation. Les toitures métalliques "sèches" par l'utilisation de ce que l'on appelle des "doubles complexes". Qui consiste à prendre en sandwich un isolant entre deux tôles nervurées, peut être traitée selon ce principe, qui présente de nombreux avantages. (27)

II.11 Les matériaux isolants les plus utilisés en Algérie :

Les principaux matériaux d'isolation disponibles actuellement sont présentés dans les fiches suivantes :

II.11.1 Le polystyrène expansé

Chaque type d'isolant a des caractéristiques thermiques ou un mode de mise en œuvre différent. Le PSE, abréviation de polystyrène expansé, est un isolant plus souvent utilisé que le graphite, la laine de roche ou l'aérogel (isolant mince). L'isolation polystyrène est très souvent utilisée en Isolation Thermique par l'Extérieur sous forme de panneaux qui sont appliqués en façade.

C'est un produit qui a de multiples avantages pour isoler les murs et éviter ainsi les déperditions énergétiques tout en apportant un confort thermique dans les logements. Il est également connu comme jouant un rôle d'isolant phonique mais n'est pas aussi performant sur ce point que les produits dédiés. En outre son prix est attractif par rapport à d'autres isolants.

Ce produit n'est bien sûr pas un isolant écologique comme la laine de bois, la ouate de cellulose ou la laine de mouton. Il dispose cependant d'autres avantages en isolation que nous allons détailler. (28)



Figure II-7 : la pose des panneaux en polystyrène (29)

III. Chapitre 3 : Calcul réglementaire des déperditions thermiques et les apports calorifiques :

III.1 Partie 1 : Le DTR

III.1.1 Introduction

Dans les années 1990, l'Algérie avait développé plusieurs dispositifs réglementaires quant à l'efficacité énergétique dans l'habitat. Par suite d'une réflexion sur la consommation des logements neufs initiée en 1995, le ministère de l'Habitat et de l'Urbanisme met en place des documents techniques réglementaires (DTR) en 1997. Ceux-ci déterminent notamment les valeurs de référence relatives aux déperditions et aux apports calorifiques des bâtiments neufs à usage d'habitation et tertiaire, les méthodes de calcul des déperditions et des apports calorifiques pour les différentes zones climatiques.

Cette thématique rentre dans le cadre des activités de l'équipe bioclimatique de la division thermique et géothermie du CDER.

Parmi ces DTR nous allons consulter le C3.2 qui illustre la méthode de calcul du bilan thermique hivernal pour déterminer le besoin thermique en chauffage (1) et le C3-4 pour déterminer le besoin en climatisation.

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

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

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

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

III.1.2.1 Les objectifs sont :

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

III.1.2.2 Bases de calcul

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

- Définir les volumes thermiques.

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

III.1.2.3 Expressions générales des déperditions

- Déperditions totales d'un logement

$$D = \Sigma D_i \quad [W/^\circ C]$$

Où

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

- Déperditions par transmission d'un volume :

$$(D_T)_i = (D_s)_i + (D_{li})_i + (D_{lnc})_i + (D_{sol})_i \quad [W/^\circ C]$$

- Déperditions par renouvellement d'air :

$$(D_R)_i = (D_{RV})_i + (D_{RS})_i \quad [W/^\circ C]$$

III.1.2.4 Vérification et déperditions de référence

- Vérification réglementaire

Les déperditions par transmission D_T doivent être confirmées par :

$$D_T \leq 1,05 \times D_{\text{réf}} \quad [W/^\circ C]$$

- $D_{\text{réf}}$ [W/°C] représente les déperditions de référence.

- Calcul des déperditions de référence :

$$D_{\text{réf}} = a \times S1 + b \times S2 + c \times S3 + d \times S4 + c \times S5 \quad [W/^\circ C]$$

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

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

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

- Puissance de chauffage :

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

- Calcul de la puissance de chauffage

La puissance de chauffage Q pour un logement se calcule par

$$Q = [t_{bi} - t_{be}] \times [(1 + \text{Max}(c_r ; c_{in})) D_T] + [(1 + c_r) \times D_R] [W]$$

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

III.1.2.5 Déperditions surfaciques par transmission à travers les parois

- Paroi séparant deux ambiances à températures différentes

$$D_S = K \times A [W/°C]$$

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

III.1.2.6 Déperditions à travers les ponts thermiques

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

$$D_{li} = kl \times L [W/°C]$$

Où :

- kl (en W/m.°C) représente le coefficient de transmission linéique de la liaison,
- L (en m) représente la longueur intérieure de la liaison.

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

$$\sum (kl \times L) = 0,20 \sum (K \times A) [W/°C]$$

III.1.2.6.1 Le coefficient de transmission linéique de la liaison kl : (de notre cas d'étude)

- **Cas 1 sans isolation :**

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

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

On désigne par :

- e (en m) l'épaisseur du mur à isolation répartie,
- R_m (en m².C/W) la résistance thermique du mur à isolation répartie au droit de l'encadrement, résistances superficielles non comprises,
- K (en W/m².°C) le coefficient K du mur avec son isolation éventuelle.

*Liaison des deux parois :

* liaison 1 : parois identique (brique /brique) : $k_l=0,2 \times K \times e$ (W/m.°C)

On désigne par :

- K (en W/m².°C) la moyenne des coefficients K des deux parois sans l'isolant : $K = (K_1 + K_2)/2$.
- e (en m) l'épaisseur moyenne des deux parois sans l'isolant : $e = (e_1 + e_2) / 2$,

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

$$k_l = \frac{0,2 \times e}{0,2 + R_2 \times \frac{e_1}{e_2}} \text{ (W/m.°C)}$$

On désigne par :

- e (en m) l'épaisseur moyenne des deux parois sans l'isolant : $e = (e_1 + e_2) / 2$,
- R₂ (en m².°C/W) la résistance thermique de la paroi constituant l'angle,
- e₂ (en m) l'épaisseur de la paroi constituant l'angle,
- e₁ (en m) l'épaisseur de la paroi ne constituant pas l'angle.

* liaison 3 : parois différentes paroi extérieure courante (brique /béton) :

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

On désigne par :

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

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

$$k_l = \frac{0,3 \times e_1}{0,06 + R_1 \times R_2} \text{ (W/m.°C)}$$

On désigne par :

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

- **Cas 2 isolation extérieure (mortier isolant) :**

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

$$k_l = 0,6 \times K \times e \text{ (W/m.°C)}$$

On désigne par :

- e (en m) l'épaisseur du mur sans l'isolant pour les murs isolés,
- K (en W/m².°C) le coefficient K du mur avec son isolation éventuelle.

*Liaison des deux parois :

*liaison 1 : parois identique (brique /brique) :

$$k_l = 0,6 \times K \times e \text{ (W/m.°C)}$$

On désigne par :

- K (en W/m².°C) la moyenne des coefficients K des deux parois sans l'isolant : $K = (K_1 + K_2)/2$.
- e (en m) l'épaisseur moyenne des deux parois sans l'isolant : $e = (e_1 + e_2) / 2$,

* liaison 2 : parois différentes l'une paroi 2 constitue l'angle (brique /béton /toiture) :

$$k_l = 0,6 \times K_2 \times e \text{ (W/m.°C)}$$

On désigne par :

- K (en W/m².°C) la moyenne des coefficients K des deux parois sans l'isolant : $K = (K_1 + K_2)/2$,
- e (en m) l'épaisseur moyenne des deux parois sans l'isolant : $e = (e_1 + e_2) / 2$,
- R₂ (en m².°C/W) la résistance thermique de la paroi constituant l'angle,

* liaison 3 : parois différentes paroi extérieure courante (brique /béton) :

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

On désigne par :

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

* liaison 4 : parois différentes l'une paroi 2 constitue l'angle (mur /plancher) :

$$k_l = \frac{0,3 \times e_1}{0,06 + R_1 \times R_2} \text{ (W/m.°C)}$$

On désigne par :

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

• **Cas 3 isolation intérieure (polystyrène) :**

*Liaison entre un mur et une menuiserie (menuiserie au nu intérieur) : $k_l = 0$

*Liaison des deux parois :

*liaison 1 : deux parois extérieur angle rentrant et angle saillant : $k_l = 0$

* liaison 2 : parois différentes l'une paroi 2 constitue l'angle (mur /toiture) :

$$k_l = \frac{0,3 \times e_1 \times (1 + \alpha)}{0,06 + R_1 \times R_2} \text{ (W/m.°C)}$$

- α est donné en fonction de r₁ et de K₂ (tableau 4.7)

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

On désigne par :

- R1 (en m².°C/W) la résistance thermique de la paroi à isolation extérieure sans compter l'isolant,
- e1 (en m) l'épaisseur de la paroi à isolation extérieure sans compter l'isolant,
- R'2 (en m².°C/W) la résistance thermique comprise entre les nus intérieur et extérieur de la paroi à isolation intérieure au droit de la paroi à isolation extérieure,

* liaison 3 : parois différentes l'une paroi 2 constitue l'angle (mur /plancher) :

$$k_l = 0,6 \times K_2 \times e \text{ (W/m.°C)}$$

On désigne par :

- e (en m) l'épaisseur moyenne des deux parois sans compter l'isolant,
- K₂ (en W/m².°C) le coefficient K de la paroi à isolation répartie,

* liaison 4 : parois différentes paroi extérieure courante (brique /béton) :

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

On désigne par :

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

III.1.2.7 Déperditions à travers les parois en contact avec des locaux non-chauffés

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

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

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

Tau est calculé par la formule suivante :

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

- ti est la température intérieure.

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

III.1.2.8 Déperditions par renouvellement d'air

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

L'expression mathématique de DR se traduit par :

$$D_R = 0,34 \times (Q_V + Q_S) \quad [W/^\circ C]$$

- 0,34 (en Wh/m³. °C) est la chaleur volumique de l'air.
 - Q_V (en m³/h) est le débit spécifique de ventilation.
 - Q_S (en m³/h) est le débit supplémentaire par infiltrations dues au vent.
- 0,34- 0,34 x Q_V (en/°C) représente les déperditions dues au fonctionnement normal des dispositifs de ventilation, notées D_{RV} .
- x Q_S (en/°C) représente les déperditions supplémentaires dues au vent, notées D_{RS} . : Le débit spécifique de ventilation Q_V pour un logement est donné par :

$$Q_V = \text{Max} [0,6 \times V_h ; Q_{V\text{réf}}] \quad [m^3/h]$$

- V_h (en m³) désigne le volume habitable.
- $Q_{V\text{réf}}$ (m³/h) désigne le débit extrait de référence.

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

$$Q_{V\text{réf}} = \frac{5 Q_{V\text{min}} + Q_{V\text{max}}}{6}$$

- $Q_{V\text{max}}$ (en m³/h) est le débit extrait maximal de référence.
- $Q_{V\text{min}}$ (en m³/h) est le débit extrait minimal de référence.

Les valeurs du débit extrait minimal de référence $Q_{V\text{min}}$, en fonction du nombre de pièces principales du logement, sont données dans le tableau suivant :

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

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

$$Q_S = \sum (PP_i \times e_{v_i}) \quad [m^3/h]$$

- PP_i (m³/h) (sous une différence de pression $\Delta P=1$ Pa) est la perméabilité à l'air de la paroi i
- e_{v_i} (sans dimension) est le coefficient d'exposition au vent affecté à la paroi i .

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

III.1.3.1 Méthode de calcul des apports thermiques estivaux

Les charges thermiques estivales comprennent 3 types principaux de charge thermique

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

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

$$A_s = APO + AV + AIs + AINFs \text{ [W]} \quad (1.1)$$

$$A_l = AIl + AINFl \text{ [W]} \quad (1.2)$$

Où :

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

- **Vérification réglementaire**

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

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

Où :

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

III.1.3.2 Apports à travers les parois

On distingue deux types d'apports cité au-dessous.

- **Parois opaques**

- Les apports à travers les parois extérieures (aériennes)

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

$$APO (t) = 1,2 \times K_{été} \times S_{int} \times \Delta te(t) \text{ [W]}$$

Où :

- 1,2 (sans dimension) : est un coefficient majoration tenant compte des apports latéraux linéiques (à travers les ponts thermiques).
- $K_{été}$ (en $W/m^2 \cdot ^\circ C$) : est le coefficient de transmission en partie courante de la paroi considérée pour l'été.

- Sint (en m²) : est la surface intérieure totale de la paroi considérée ; pour les toitures en pente, on prendra la projection horizontale de la surface

- Ate (t) (en °C) : est la différence équivalente de température à l'heure t(cf.§1.3).

Avec Le coefficient Kété des parois opaques est donné par la formule suivante :

$$\frac{1}{K_{été}} = \sum R + \frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i} \quad [\text{m}^2 \cdot \text{°C/W}]$$

Où :

- $\sum R$ (en m². °C/W) : représente la somme des résistances thermiques des différentes couches de matériaux constituant la paroi. La détermination de la résistance thermique d'une couche de matériau s'effectue conformément au DTR C3-2, fascicule n°1

$\frac{1}{h_1} + \frac{1}{h_1}$ (en m². °C/W) : représente la somme des résistances d'échange superficiel

Prise conformément aux valeurs données dans le DTR C3-4

III.1.3.3 Les apports à travers les parois intérieures :

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

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

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

Où :

-Kété (en W.m². °C-1) : le coefficient de transmission en partie courante de la paroi considéré pour l'été

-Sint (en m²) : la surface intérieure totale de la paroi considérée

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

- **Parois opaques en contact avec deux locaux conditionnés**

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

$$APO(t) = K_{été} \times S_{int} \times [TS_a - TS_{b,i}] \quad [W]$$

Où :

- Kété (en W. m². °C-1) : le coefficient de transmission en partie courante de la paroi considéré pour l'été.

- Sint (en m²) : la surface intérieure totale de la paroi considérée.

- TS_a (en °C) : La température sèche de l'air intérieur du local adjacent.

- TS_{b, i} (en °C) : La température sèche de l'air intérieur du local considéré.

- **Paroi en contact avec le sol**

$$APO(t) = K_{été} \times S_{app} \times [TS_m - TS_{b,i}] \quad [W]$$

Où :

- Kété (en W. m². °C-1) : le coefficient de transmission en partie courante de la paroi considéré pour l'été.
- Sapp (en m²) : surface de la zone d'apport.
- TSm (en °C) : température moyenne sèche de l'aire extérieure.
- TSbb, i (en °C) : La température intérieure de local conditionné.

- **Parois vitrées :**

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

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

$$AVT(t) = K_{été} \times S_{ouvr} \times [(TS_e(t) - C_{inc}) - TS_{b,i}] [W]$$

Où :

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

- AVT (t) (en W) : Apports à travers les parois vitrées intérieures.
- Souvr (en m²) surface de l'ouverture dans la paroi opaque.
- TSe (t) (en °C) est la température extérieure sèche à l'heure.
- Cinc (en °C) coefficient correcteur.
- TSb, i (en °C) est la température intérieure sèche de base pour le local considéré.
- Apports à travers les parois extérieures

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

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

Où :

- AV(t) (en w) Apports à travers les parois extérieures.
- AVT (t) (en W) représente les gains dus au gradient de température à travers les parois Vitrées.
- AVE(t) (en W) représente les gains dus au rayonnement solaire à travers les parois vitrées.

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

$$AVT(t) = 1.2 \times K_{été} \times S_{ouvr} [TS_e(t) - TS_{b,i}] [W]$$

Où :

- 1.2: (sans dimension) est un coefficient majorateur tenant compte des apports à travers les ponts thermiques.
- Kété (en W/m². °C) est le coefficient de transmission en partie courante de la paroi considérée
- Souvr (en m²) surface de l'ouverture dans la paroi opaque.
- TSe (t) (en °C) est la température extérieure sèche à l'heure.
- TSb, i (en °C) est la température intérieure sèche de base pour le local considéré.

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

$$AVE(t) = [SV_{ens} \times I_t + (SV - SV_{ens}) \times I_d] \times FS \times N_{PVI}(t) [W]$$

Où :

- SV (en m²) est la surface totale vitrée.

-SVens(en m²) est la surface

• **Apports à travers les parois vitrées intérieures :**

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

$$AVT(t) = K_{été} \times S_{ouvr} [(TS_e(t) - C_{lnc}) - TS_{b,i}] [W]$$

Où :

- K_{été} (en W/m². °C) est le coefficient de transmission en partie courante de la paroi considérée
- AVT (t) (en W) : Apports à travers les parois vitrées intérieures.
- Souvr (en m²) surface de l'ouverture dans la paroi opaque.
- TSe (t) (en °C) est la température extérieure sèche à l'heure.
- Clnc (en °C) coefficient correcteur.
- TS_{b,i} (en °C) est la température intérieure sèche de base pour le local considéré.

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

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

Où :

- AVT (t) (en W) représente les gains dus au gradient de température à travers les parois vitrées.
- AVE(t) (en W) représente les gains dus au rayonnement solaire à travers les parois vitrées.

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

$$AVT(t) = 1.2 \times K_{été} \times S_{ouvr} [TS_e(t) - TS_{b,i}] [W]$$

Où :

- 1.2 (sans dimension) est un coefficient majorateur tenant compte des apports à travers les ponts thermiques.
- K_{été} (en W/m². °C) est le coefficient de transmission en partie courante de la paroi considérée
- Souvr (en m²) surface de l'ouverture dans la paroi opaque.
- TSe (t) (en °C) est la température extérieure sèche à l'heure.
- TS_{b,i} (en °C) est la température intérieure sèche de base pour le local considérée.

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

$$AVE(t) = [SV_{ens} \times I_t + (SV - SV_{ens}) \times I_d] \times FS \times N_{PVI}(t) [W]$$

Où :

- SV (en m²) est la surface totale vitrée.
- SV_{ens} (en m²) est la surface vitrée ensoleillée.
- I_t (en W/m²) est le rayonnement total maximal réel.
- I_d (en W/m²) est le rayonnement diffus maximal réel.
- NPVI(t) représente le coefficient d'amortissement relatif aux gains par ensoleillement à travers les parois vitrées à l'heure considérée.
- FS est le facteur solaire du vitrage.
- Apports de chaleur interne

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

$$AI(t) = \sum_j (CS_j \times AI_{s,j} \times N_{AI,j}) + (\sum (CS_j \times AI_{l,j}) [W]$$

Où :

- $AI_{s,j}$ (en W) représente la partie sensible de l'apport interne j , la détermination de ces apports est donnée au paragraphe 2 (DTR C3 -4).

- $AI_{l,j}$ (en W) représente la partie latente de l'apport interne j , la détermination de ces apports est donnée au paragraphe 2 (DTR C3- 4).

- CS_j est le coefficient de simultanéité relatif à l'apport interne j ; en l'absence d'information, les valeurs à considérer pour les coefficients de simultanéité sont celles du tableau 5.1 (D T R C 3 - 4).

- $N_{AI,j}$ est le coefficient d'amortissement relatif à l'apport interne j .

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

Dans cette partie, nous présentons les résultats de calcul réglementaire des déperditions thermiques en utilisant le DTR C3-2 et l'Excel ainsi que les résultats des apports calorifiques obtenus après l'utilisation de l'application LOGRT, avant et après les différents types de rénovation qui sont :

- Changer le simple vitrage des ouvertures vitrées avec le double vitrage.
- Ajouté deux types d'isolation (en différentes épaisseurs de 1cm à 5cm) :
 - Intérieur : le polystyrène.
 - Extérieur : la Morier isolant.

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

III.2.1 Présentation de cas d'étude :

Sidi Abdellah est une ville nouvelle dans la banlieue sud-ouest d'Alger, elle est implantée sur les territoires de quatre communes : Douera, Mahelma, Rahmania et Zéralda, située

à environ à 20 km au sud-ouest de la Wilaya d'Alger avec une superficie totale de 70 km² et latitude : 46.9534, longitude 7.4237 36°40' 39" Nord ,2° 53' 17"Est son altitude est de 560m.

III.2.1.1 Présentation des caractéristiques climatique :

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

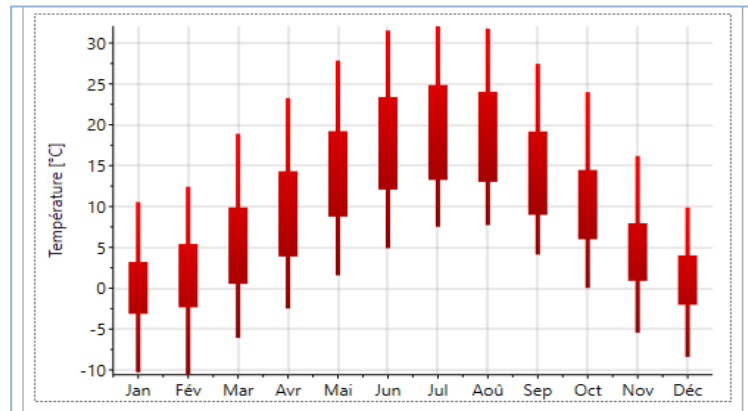


Figure III-1 : La température annuelle à Sidi Abdallah.

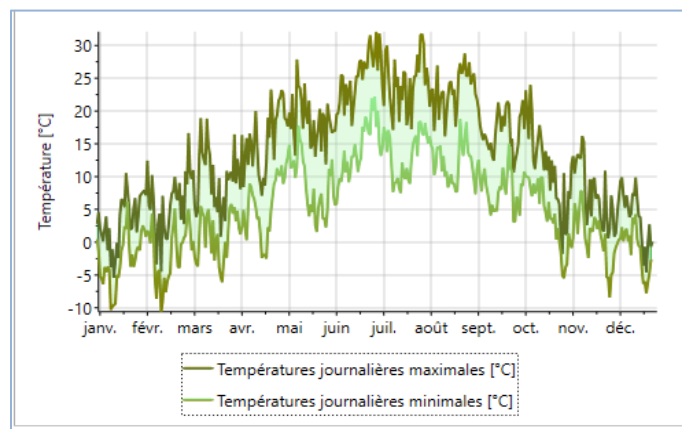


Figure III-2 : LA température journalière à Sidi Abdallah.

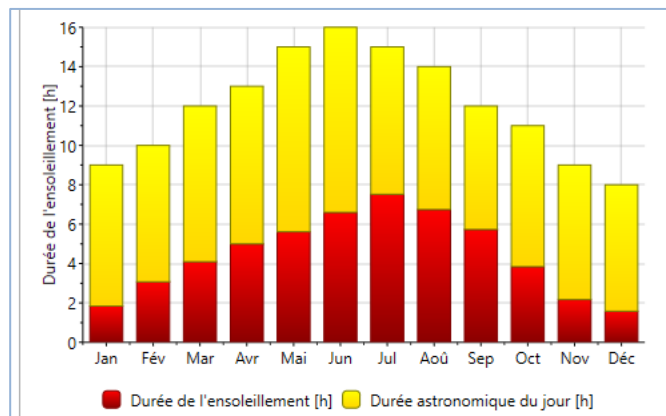


Figure III-3 : : L'ensoleillement annuel à Sidi Abdallah.

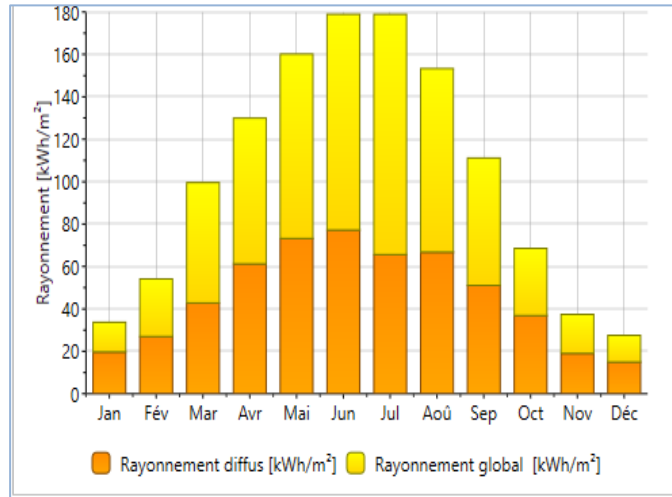


Figure III-4 : le rayonnement annuel à sidi Abdallah

III.2.1.2 Description du logement :

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

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

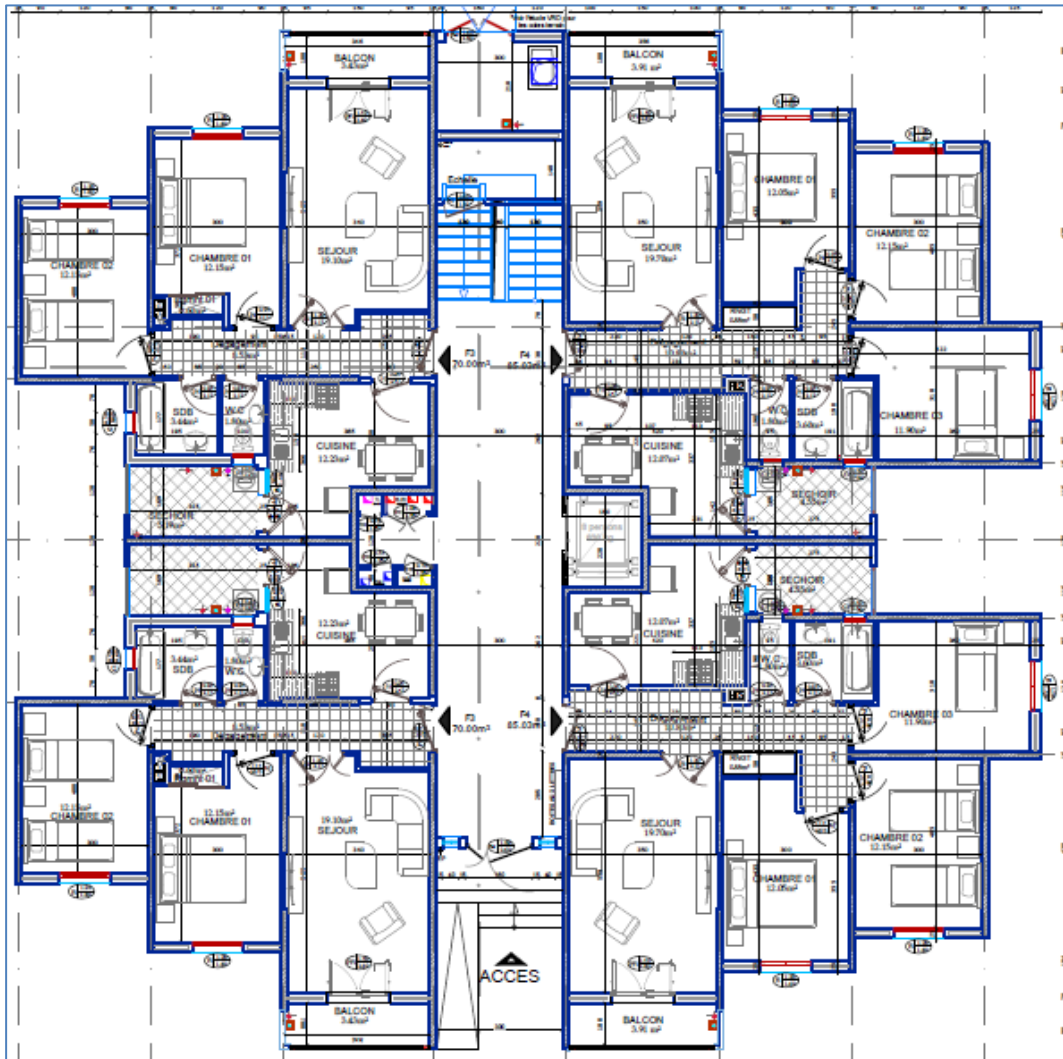


Figure III-5: Plan intérieure RDC du bloc R+9.

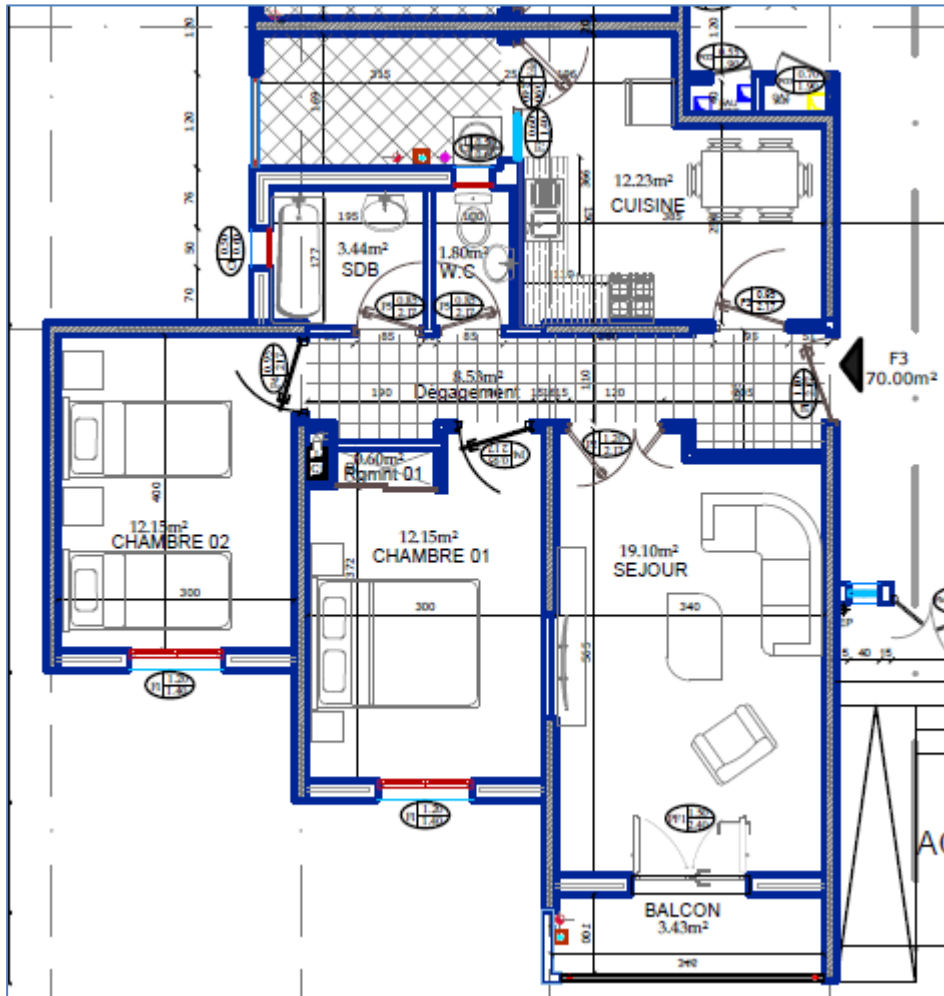


Figure III-6: plan intérieure de l'appartement f3.

III.2.1.3 Composition des parois du logement :

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

Tableau III-1: composition des parois du logement

III.2.1.4 L'étude de la conformité du logement en été :

- **Les conditions de base :** les conditions intérieures
 - Soit définies dans les pièces pour la construction spécifique.
 - Soit fixées à partir de logement à long durée de niveau de confort normal à $T_{sèche}=27^{\circ}$, Humidité relative =50%.

Le rayonnement solaire : direct et diffus affectant les parois d'une construction dépendant de l'altitude 560m et TSV=15° en le mois de juillet avec trois orientations des murs :

III.2.1.5 A la recherche de la propre définition d'une orientation :

C'est l'action d'orienter quelque chose, de régler sa position par rapport aux points cardinaux (orientation d'un édifice) ». Il s'agit d'une matérialisation de la direction de l'orient par les deux paramètres : le lever du soleil à l'équinoxe et les points cardinaux (Nord de la boussole).

- 1^{ère} orientation :
 - ME01 : Nord
 - ME02 : Est
 - ME03 : Sud
 - ME04 : Ouest

- 2^{ème} orientation :
 - ME01 : Ouest
 - ME02 : Nord
 - ME03 : Est
 - ME04 : Sud

➤ 3^{ème} orientation :

-ME01 : Nord-est

-ME02 : Sud-est

-ME03 : Sud-ouest

-ME04 : Nord-ouest

III.2.1.5.1 Résultats de l'application :

Ces résultats sont obtenus par l'application LOGRT : qui utilise les équations de climatisation de DTR C3-4.

III.2.1.5.2 Les Résultats de l'application Avant rénovation :

Orientation	1	2	3
Puissance(W)	2234,124	2625,063	2590,296
A _{ref}	1882,078	1888,938	1875,907
Puissance (%)	30,0	35,2	34,8

Tableau III-2: La puissance de la climatisation F3 dernier étage avant rénovation.

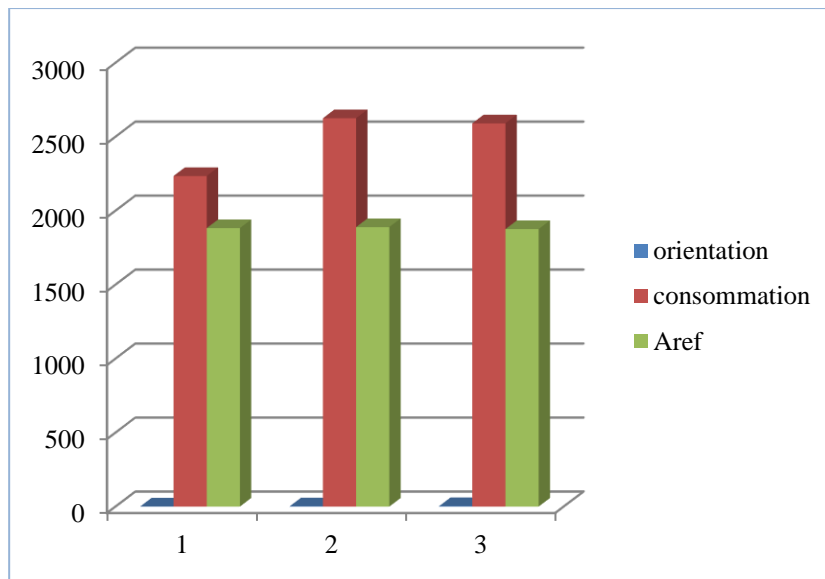


Figure III-7: la puissance de climatisation de l'appartements F3 de dernier étage en fonction de l'orientation avec les apports de référence

Orientation	1	2	3
Consommation	47417,71	44222,19	46649,51
A _{ref}	37626,3	36733,66	36909,18
Puissance %	34,3	32,0	33,7

Tableau III-3: la puissance de climatisation de bloc r+9 avant rénovation.

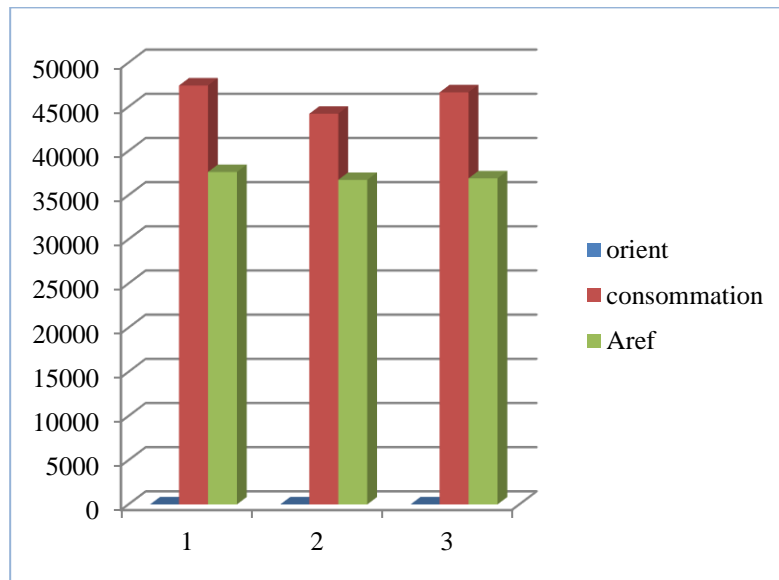


Figure III-8:La puissance de la climatisation de bloc R+9 avant rénovation en fonction de l'orientation avec les apports de référence.

III.2.1.5.3 Les résultats de l'application du logement avec différentes épaisseurs d'isolation :

➤ L'appartement F3 (Dernier étage) :

*Polystyrène :

Épaisseur(cm)	Puissance	Aref
Sans isolant	2234,124	1882,078
1	1634,373	1882,078
2	1608,152	1882,078
3	1587,417	1882,078
4	1570,609	1882,078
5	1556,708	1882,078

Satisfait

Tableau III-4: la puissance l'appartement de dernier étage avec le polystyrène.

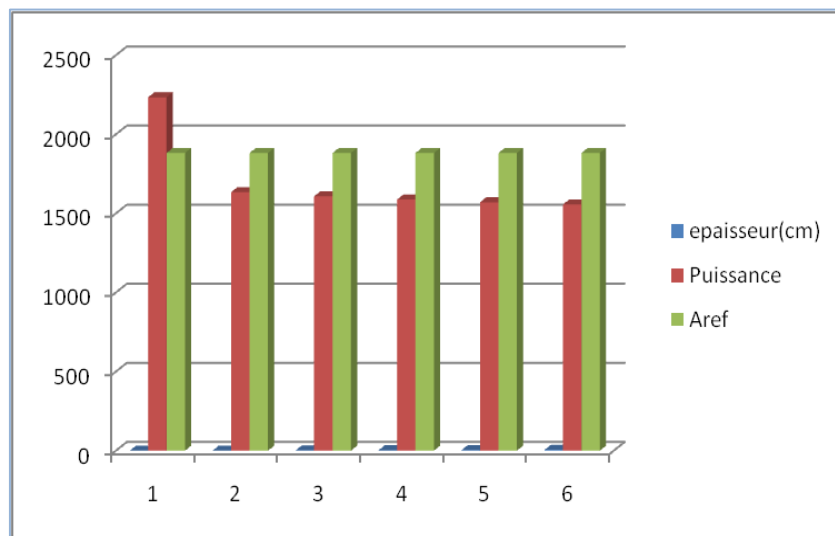


Figure III-9: La puissance l'appartement F3 de dernier étage avec le polystyrène.

***Mortier isolant :**

Épaisseur (cm)	Puissance (W)	A _{ref}
Sans isol	2234,124	1882,078
1	2116,477	1882,078
2	2042,812	1882,078
3	2024,588	1882,078
4	1950,684	1882,078
5	1889,876	1882,078

Tableau III-5 : La puissance de l'appartement F3 de dernier étage avec le mortier isolant

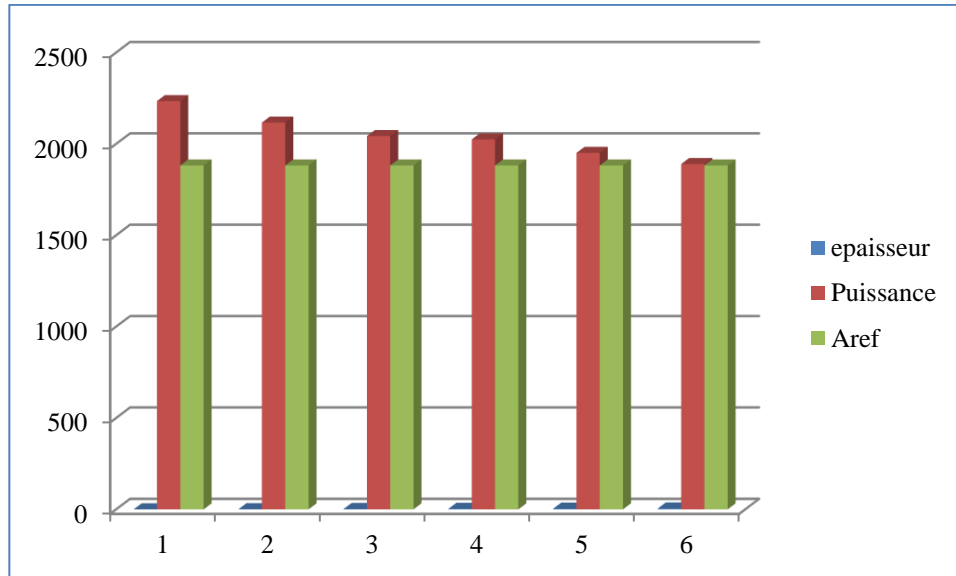


Figure III-10 : La puissance de l'appartement F3 de dernier étage avec le mortier isolant.

• **La comparaison :**

Épaisseur	Puissance	A _{ref}
Sans isol	2234,124	1882,078
Mortier isol 5cm	1889,876	1882,078
Poly 5cm	1556,708	1882,078

Tableau III-6 : La comparaison de l'influence de chaque isolant sur la puissance du bloc R+9.

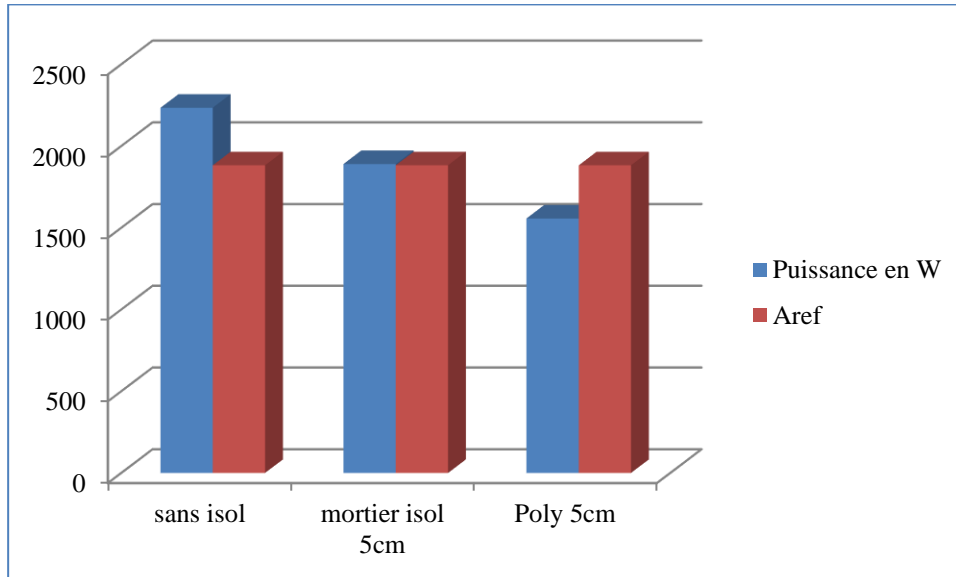


Figure III-11 : La comparaison de l'influence de chaque isolant sur la puissance du bloc R+9.

➤ **Bloc R+9 :**

***Polystyrène :**

Épaisseur(cm)	Puissance	Aref
Sans isolant	44222,19	36733,66
1	36175,8	36733,66
2	35273,32	36733,66
3	34559,63	36733,66
4	33981,09	36733,66
5	33502,64	36733,66

Satisfait

Tableau III-7 : la puissance du bloc R+9 avec le polystyrène

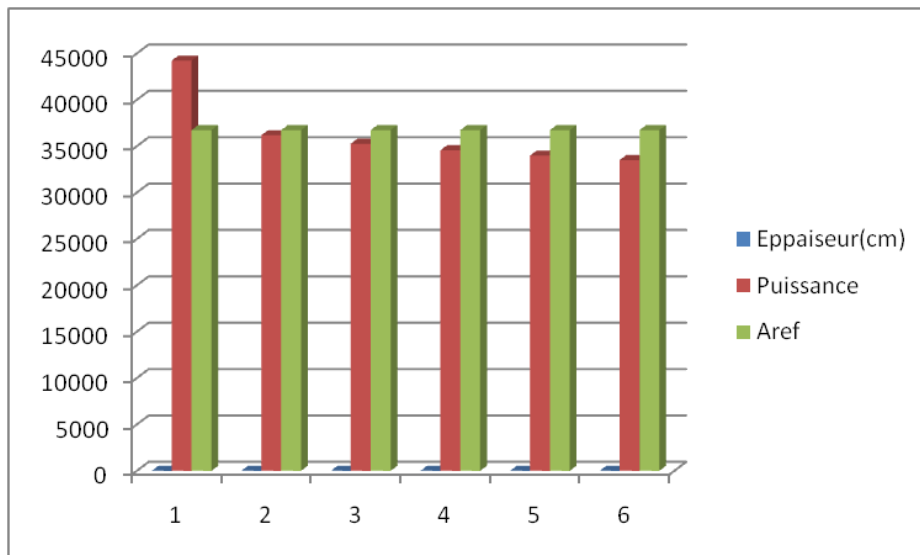


Figure III-12 : La puissance du bloc R+9 avec le polystyrène.

***Mortier isolant :**

épaisseur (cm)	Puissance(W)	Aref
sans isol	44222,19	36733,66
1	42920,55	36733,66
2	41560,2	36733,66
3	40433,64	36733,66
4	39485,38	36733,66
5	38676,17	36733,66

Tableau III-8 : la puissance du bloc R+9 avec le mortier isolant

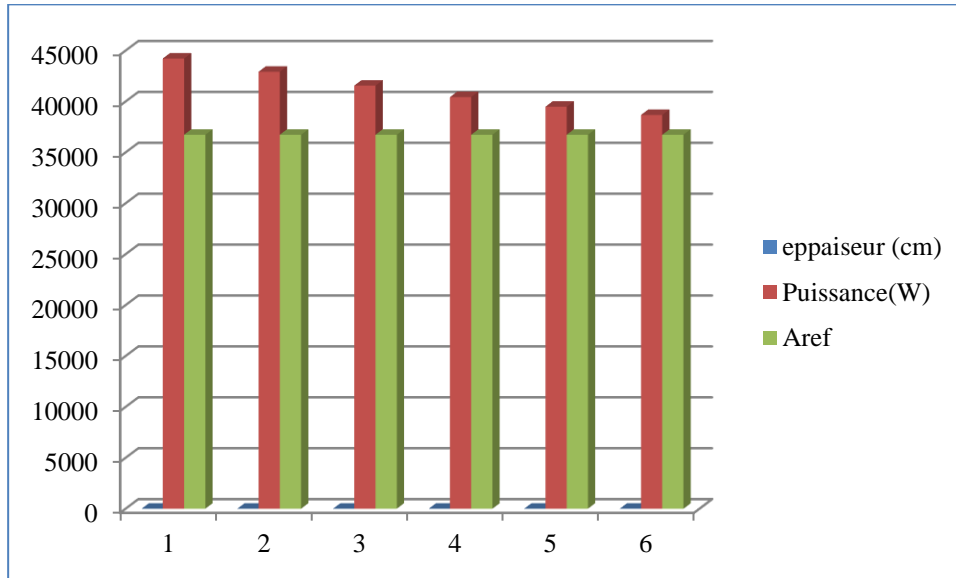


Figure III-13: La puissance du bloc R+9 avec le mortier isolant.

***Comparaison :**

Épaisseur (cm)	Puissance(W)	A _{ref}
Sans isol	44222,19	36733,66
Mortier isol 5cm	38676,17	36733,66
poly5cm	33502,64	36733,66

Tableau III-9 : la comparaison de l'influence de chaque isolant sur la puissance du bloc R+9.

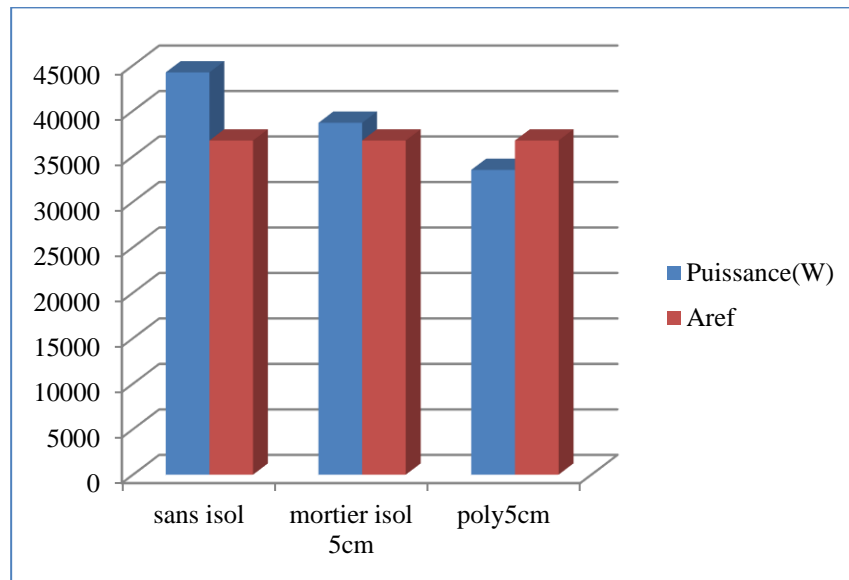


Figure III-14 : la comparaison de l'influence de chaque isolant sur la puissance du bloc R+9

III.2.1.5.4 Les résultats de l'application du logement sans isolation avec double vitrage :

➤ L'appartement F3 (Dernier étage) :

/	Simple vitrage	Double vitrage
Puissance(w)	2234,124	2090,994
A_{ref}	1882,078	1882,078

Tableau III-10 : la comparaison entre l'influence de chaque type de vitrage.

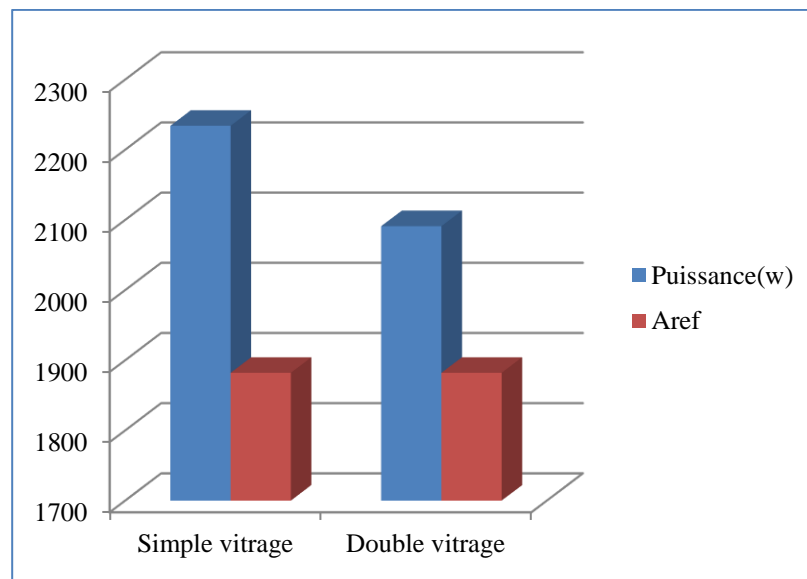


Figure III-15 : la comparaison entre l'influence de chaque type de vitrage.

***La comparaison :**

Type de rénovation	Puissance(W)
Sans isolation	2234,124
Mortier isolant 5cm	1889,876
Polystyrène5cm	1556,708
Double vitrage	2090,994

Tableau III-11 : la comparaison entre les types de rénovations F3 (DE).

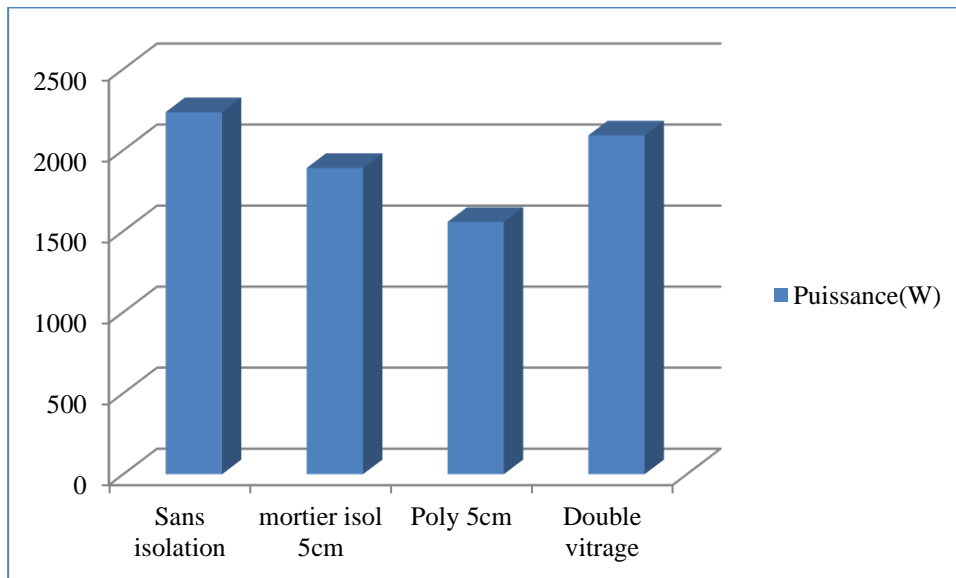


Figure III-16 : la comparaison entre les types de rénovations de dernier étage

➤ **Le Bloc R+9 :**

/	Simple vitrage	Double vitrage
Puissance(W)	44222,19	33641,15
A_{ref}	36733,66	36733,66

Tableau III-12 : La comparaison entre l'influence de chaque type de vitrage

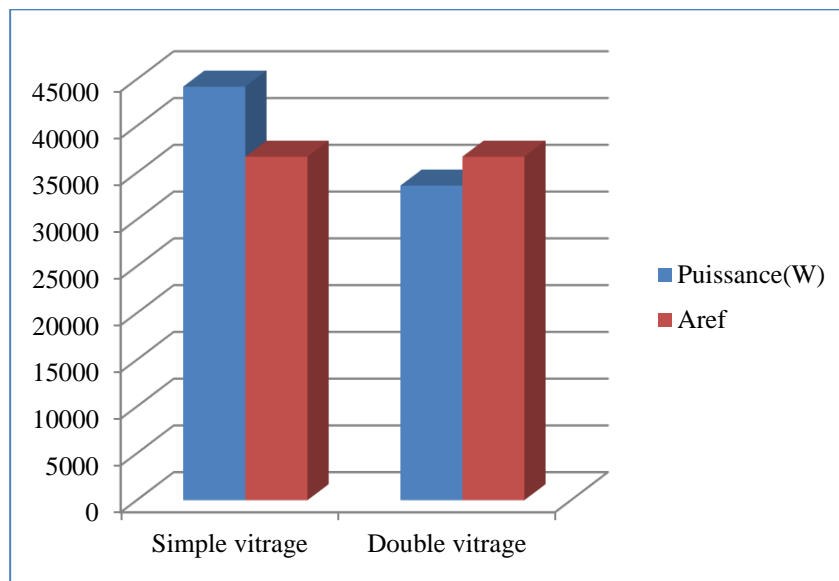


Figure III-17 : La comparaison entre l'influence de chaque type de vitrage.

Type de rénovation	Puissance(W)	A_{ref}
Simple vitrage	44222,19	33641,15
Double vitrage	36733,66	36733,66
Mortier isolant 5cm	38676,17	36733,66
Polystyrène 5cm	33502,64	36733,66

Tableau III-13: la comparaison entre les types de rénovation du bloc R+9

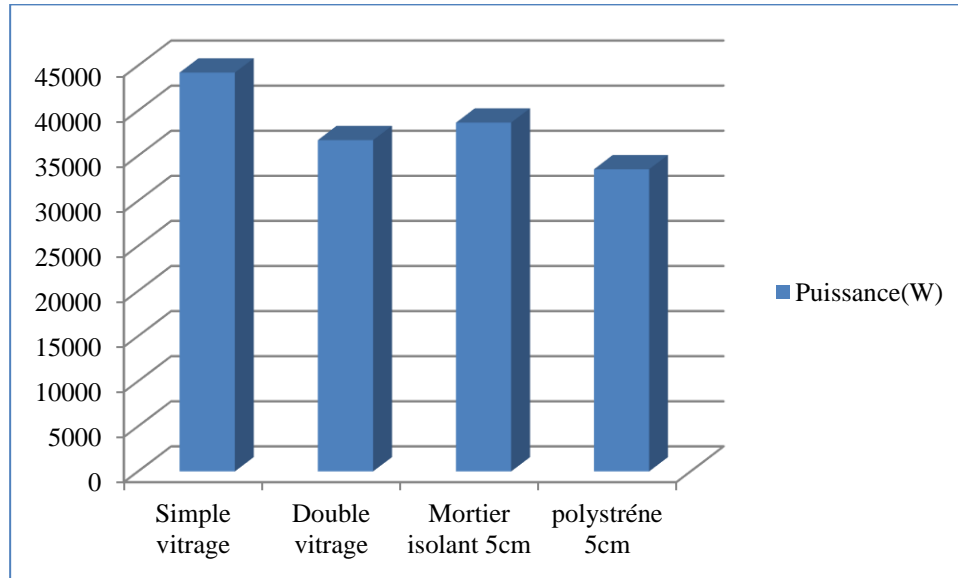


Figure III-18 : la comparaison entre les types de rénovation du bloc R+9

III.2.1.5 Interprétations et discussion des résultats :

D'après le tableau 2 et la figure 7 on remarque que la Puissance de la climatisation dans la 2^{ème} et la 3^{ème} orientations est plus grande que la puissance de la 1^{ère} orientation de l'appartement de dernier étage sans isolation avec un simple vitrage. Dans la 2^{ème} orientation notre déviation est de 45° donc la paroi ouest et Est sont exposées directement au soleil ce qui explique que notre appartement est situé dans une zone où l'orientation vers le Nord où le Sud les pentes sont exposées sachant que la paroi Sud est opaque. Les orientations Est et Ouest reçoivent une quantité importante des radiations solaires. Dans la 3^{ème} orientation Nord-est assure un confort diurne et nocturne en été grâce à l'absence intense des radiations solaires dont celle du Sud-ouest est la plus inconfortable. Les orientations Sud, Nord Est, Ouest ont des consommations énergétiques très réduites. L'orientation idéale est évidemment le Sud. On observe dans le cas du dernier appartement une diminution de puissance dans chaque orientation grâce à l'intégration de l'isolation thermique dans la toiture (6cm pour le polystyrène).

- D'après les figures 8, et tableau 3, on observe une diminution de la puissance de la climatisation lorsque on a orienté notre bloc en 2^{ème} orientation 45° donc c'est le cas le plus favorable contrairement à nos appartements car la majorité des ouvrantes du bloc sont situés en Est et Ouest donc ils reçoivent une faible quantité des radiations solaires.

- D'après les tableaux 4, 5, 7 et 8 et les figures 9, 10, 12 et 8 on observe une diminution de la puissance de la climatisation lorsque on a ajouté un isolant polystyrène et le mortier isolant avec des différentes épaisseurs par rapport aux appartements sans isolation, plus l'épaisseur est élevée la Puissance diminue. On constate la même chose pour le mortier isolant mais avec une faible diminution, le polystyrène est l'isolant le plus fiable.

-Figures 15et 17 et tableaux 10 et 12, on constate de ces trois graphes l'influence de types de vitrage de la puissance, l'utilisation de simple vitrage cause une augmentation remarquable par rapport au double vitrage qui est estimé entre 2-3% dans le cas des appartements, et estimé à un rapport de 14% pour le bloc R+9 on peut dire que c'est le type le plus défavorable par contre le double vitrage fait diminuer la puissance.

- Selon les graphes des figures 11, 14, 16 et 18 ainsi les tableaux 6, 9, 11 et 13 on peut constater que la puissance du bloc et les appartements est moins élevée avec l'isolation du polystyrène 5cm et le double vitrage. On observe que la consommation est plus élevée dans le cas du bâtiment sans isolation en le comparant au bâtiment avec le mortier isolant 5 cm, on constate que la consommation est moins élevée.

• **Discussion :**

D'après les graphes on constate plusieurs observations concernant les variables qui influent sur les besoins énergétiques, les isolants utilisés dans le bâtiment et les appartements en pour rôle de réduire la consommation énergétique jusqu'à la moitié par rapport au bâtiment et appartements non isolés. Le polystyrène qui est considéré comme l'un des isolant les plus fiable par rapport à la qualité prix et disponibilité donc l'inertie thermique d'isolant joue un grand rôle dans la minimisation de la consommation énergétique par rapport au mortier isolant. Malgré on a pu minimiser plus la consommation grâce au polystyrène mais aussi la variation des épaisseurs d'isolant nous a permis de réduire les besoins, donc plus l'isolant est épais la consommation diminue. L'emplacement des grandes fenêtres dans l'Est et Ouest du bloc montre des résultats optimaux et ce n'est pas le cas pour l'appareillement de dernier étage l'emplacement de ses grandes fenêtres au Sud montre des résultats plus favorables.

III.2.1.6 L'étude de la conformité du logement en hiver :

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

III.2.1.6.1Le bilan thermique du logement avant rénovation

➤ **Le bloc R+9 :**

Désignation	K [W/m2. °C]	S (m²)	Ds [W/°C]
Mur extérieur en brique	1,21	1644,941	1986,61
Mur extérieur en béton 16 cm	3,17	1788,6264	5678,18
Toiture	0,55	442,53	241,63
Les fenêtres SV	5,00	245,04	1225,20
Portes-fenêtres SV	5,00	230,4	1152
Portes	5,8	21,991	127,55
Plancher bas	2,22	442,53	983,40
Pertes surfacique (Ds)[W/°C]		10411,16	
perdes de liaison DL [W/°C]		469,997	
Deperdition locaux non chauffés[W/°C]		598,608	
Deperdition totale[W/°C]		11479,8	
Df*1,05	9000,912753	ne verifie pas	

Tableau III-14 : les déperditions thermiques du BLOC R+9 avant rénovation

➤ **L'appartement F3 (Dernier étage) :**

Désignation	K [W/m2. °C]	S (m ²)	Ds [W/°C]	
Mur extérieur en brique	1,21	41,3556	49,95	
Mur extérieur en béton 16 cm	3,17	61,6588	195,74	
Toiture	0,55	70	38,22	
Les fenêtres SV	5,00	3,96	19,80	
Portes-fenêtres SV	5,00	3,6	18	
Portes	3,5	2,387	8,35	
Plancher bas	2,22	70	155,56	
Pertes surfacique (Ds)[W/°C]		330,06		
perles de liaison DL [W/°C]		10,820		
Deperdition totale[W/°C]		340,9		
Deperdition de reference*1,05		280,74		ne verifie pas
DR[W/°C]		121,905		
Q[W]		6002,149784		

Tableau III-15 : les déperditions thermiques de l'appartement F3 avant rénovation

III.2.1.6.2 Le bilan thermique du logement sans isolation avec double vitrage :

➤ **Le bloc R+9 :**

Désignation	K [W/m2. °C]	S (m ²)	Ds [W/°C]	
Mur extérieur en brique	1,21	1644,941	1986,61	
Mur extérieur en béton 16 cm	3,17	1788,6264	5678,18	
Toiture	0,55	442,53	241,63	
Les fenêtres DV	2,60	245,04	637,10	
Portes-fenêtres DV	2,60	230,4	599,04	
Portes	5,8	21,991	127,55	
Plancher bas	2,22	442,53	983,40	
Pertes surfacique (Ds)[W/°C]		9270,11		
perles de liaison DL [W/°C]		469,997		
Deperdition locaux non chauffés[W/°C]		598,608		
Deperdition totale[W/°C]		10338,7		<= ne verifie pas
Df*1,05		9000,912753		

Tableau III-16: le bilan thermique du bloc R+9 avec double vitrage sans isolation

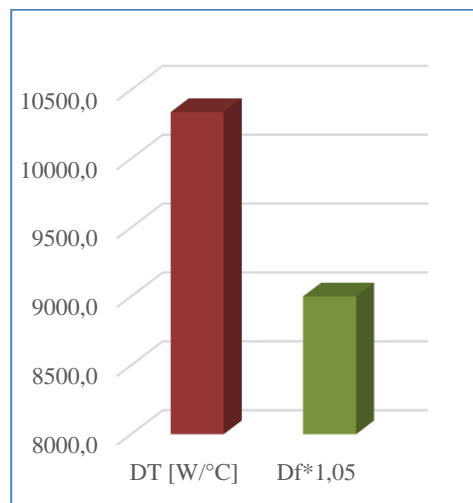


Figure III-19 : La vérification règlementaire du bloc R+9 DV sans isolation

➤ **L'appartement F3 (Dernier étage) :**

Désignation	K [W /m2. °C]	S (m ²)	Ds [W/°C]	
Mur extérieur en brique	1,21	41,3556	49,95	
Mur extérieur en béton 16 cm	3,17	61,6588	195,74	
Toiture	0,55	70	38,22	
Les fenêtres DV	2,60	3,96	10,30	
Portes-fenêtres DV	2,60	3,6	9,36	
Portes	3,5	2,387	8,35	
Plancher bas	2,22	70	155,56	
Pertes surfacique (Ds)[W/°C]		311,92		
perles de liaison DL [W/°C]		10,820		
DT[W/°C]		322,7		
Df*1,05		280,74		ne verifie pas
DR[W/°C]		121,905		
Q[W]		5689,165784		

Tableau III-17 : Le bilan thermique de l'appartement F3 + double vitrage sans isolation

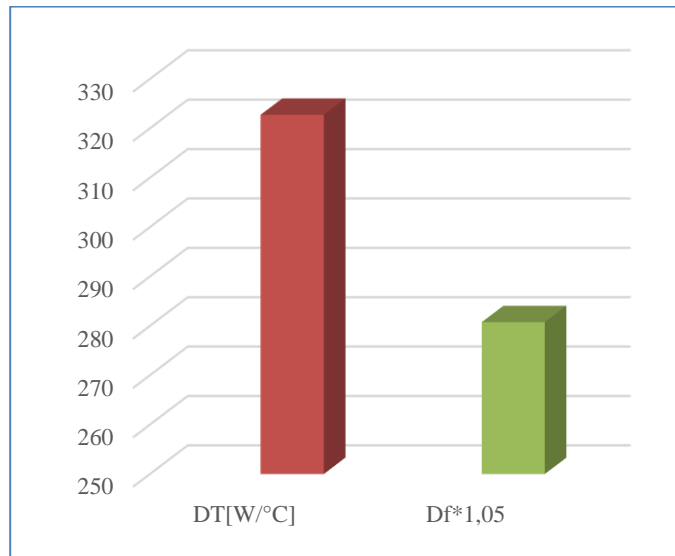


Figure III-20 : la vérification réglementaire de l'appartement F3 DV sans isolation

III.2.1.6.3 Le bilan thermique du logement avec différentes épaisseurs d'isolation :

***Polystyrène :**

➤ **Le bloc R+9 :**

Épaisseur d'isolant [m]	DT	Df*1,05	
1	8719,0	9000,9	<= ça vérifie
2	7364,4	9000,9	<= ça vérifie
3	6690,6	9000,9	<= ça vérifie
4	6251,3	9000,9	<= ça vérifie
5	5962,3	9000,9	<= ça vérifie

Tableau III-18 : Le bilan thermique du bloc R+9 avec différentes épaisseurs de polystyrène

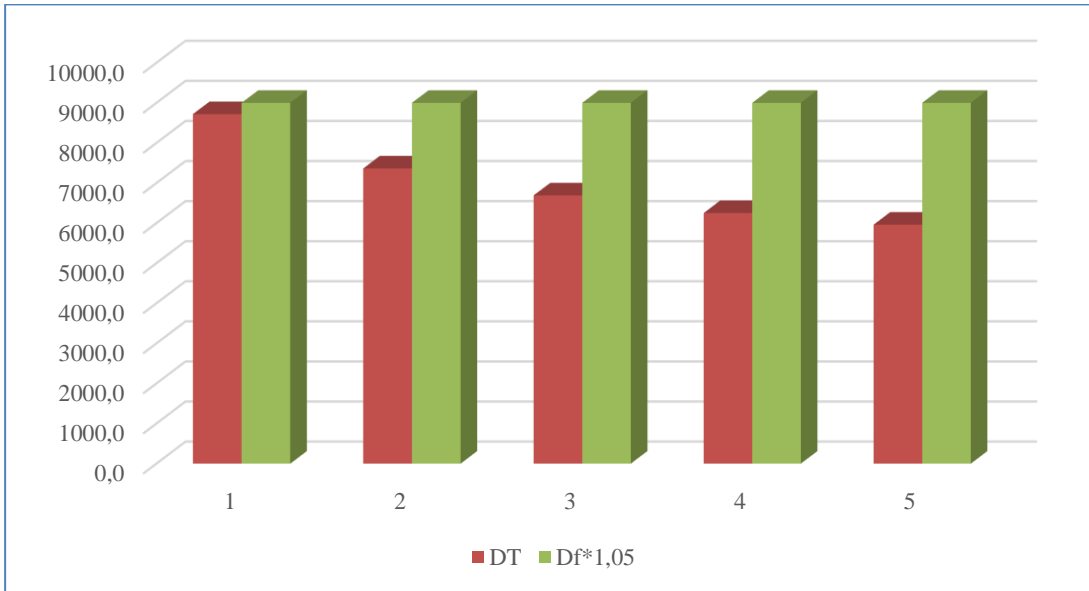


Figure III-21 : La vérification réglementaire du bloc R+9 en fonction des différentes épaisseurs de polystyrène

➤ **L'appartement F3 (Dernier étage) :**

Épaisseur d'isolant [cm]	Puissance [w]	DT	Df*1,05	
1	5170,307371	292,7	280,743393	
2	4825,004618	272,6	280,743393	<= ça vérifie
3	4738,887456	267,7	280,743393	<= ça vérifie
4	4691,961818	264,9	280,743393	<= ça vérifie
5	4640,225814	261,9	280,743393	<= ça vérifie

Tableau III-19: Le bilan thermique de l'appartement F3 avec différentes épaisseurs de polystyrène

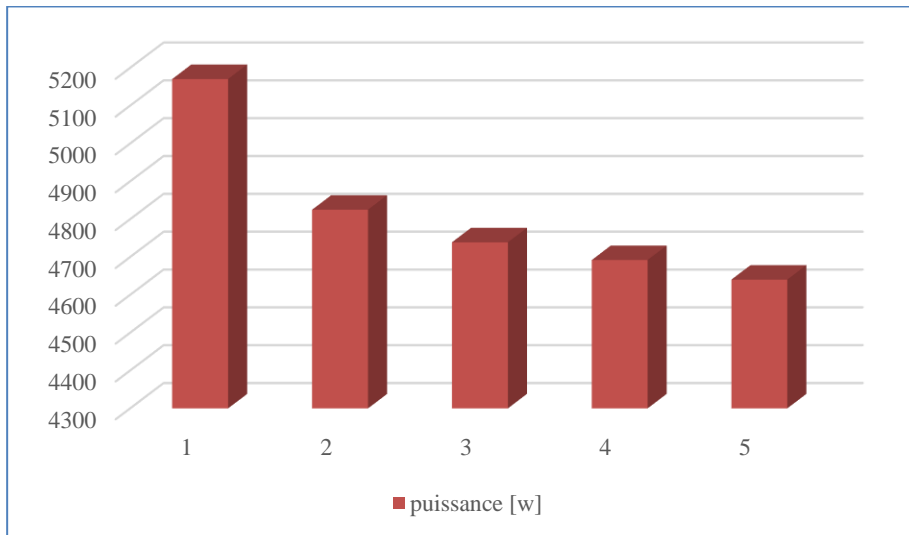


Figure III-22 : la puissance de l'appartement F3 en fonction des différentes épaisseurs de polystyrène

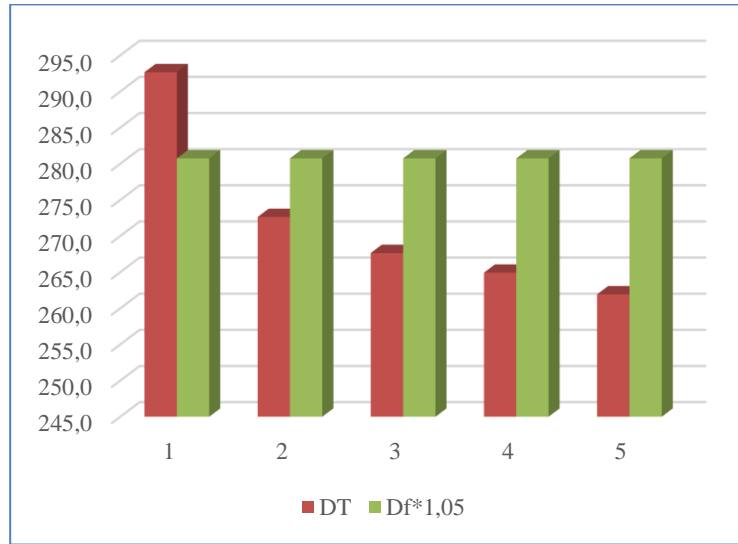


Figure III-23 :la vérification réglementaire de l'appartement F3 en fonction des différentes épaisseurs de polystyrène

***Mortier isolant :**

➤ **Le bloc R+9 :**

Épaisseur d'isolant [m]	DT	Df*1,05	
1	10638,6	9000,9	
2	9901,8	9000,9	
3	9234,4	9000,9	
4	8854,0	9000,9	<= ça vérifie
5	8467,1	9000,9	<= ça vérifie

Tableau III-20 : Le bilan thermique du bloc R+9 avec différentes épaisseurs de mortier isolant

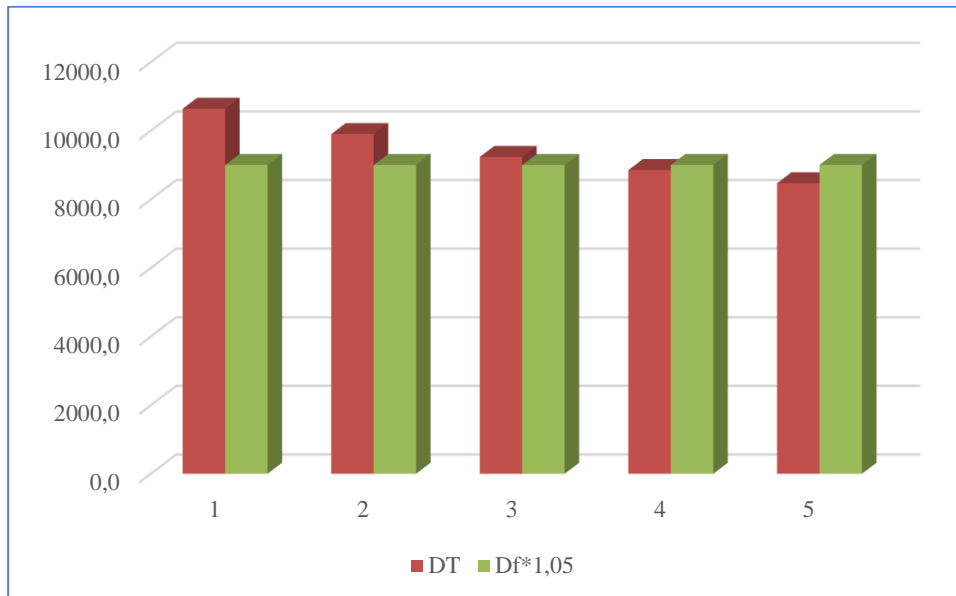


Figure III-24 : la vérification réglementaire du bloc R+9 en fonction des différentes épaisseurs de mortier isolant

➤ **L'appartement F3 (Dernier étage) :**

Épaisseur d'isolant [cm]	Puissance [w]	DT	Df*1,05
1	6133,417901	348,5	280,743393
2	5771,918977	327,5	280,743393
3	5502,110187	311,9	280,743393
4	5296,727183	300,0	280,743393
5	5138,456788	290,8	280,743393

Tableau III-21 : Le bilan thermique de l'appartement F3 avec différentes épaisseurs de mortier isolant

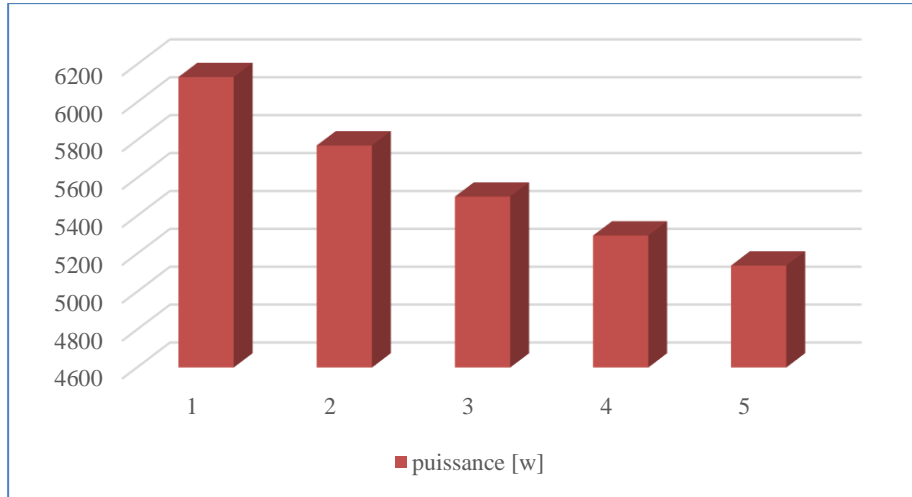


Figure III-25: la puissance de l'appartement F3 en fonction des différentes épaisseurs de mortier isolant



Figure III-26 : La vérification réglementaire de l'appartement F3 en fonction des différentes épaisseurs de mortier isolant

III.2.1.6.4 La comparaison des résultats des différents types de rénovation et leur effet sur l'appartement F3 :

III.2.1.6.5

	La puissance Q [w]	SANS ISO
puissance poly (5cm)SV	4825,00	6002,1498
puissance mortier ciment (5 cm)SV	5138,46	6002,1498
DV	5689,17	6002,1498

Tableau III-22 : La puissance de chauffage Q nécessaire pour l'appartement F3 avec les différents types de rénovation

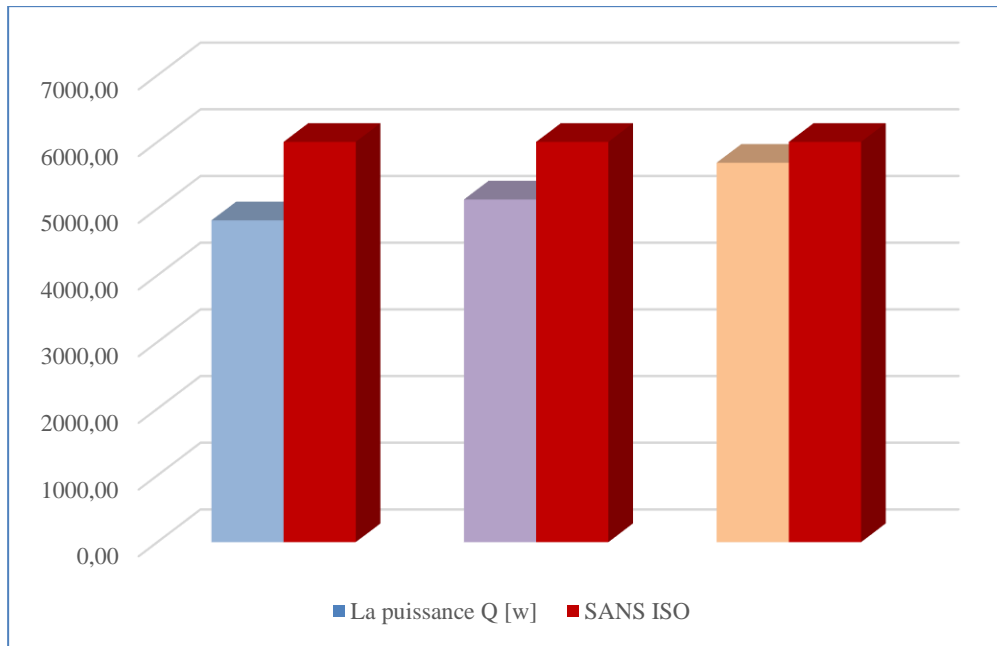


Figure III-27 : la puissance de chauffage Q nécessaire pour l'appartement F3 avec les différents types de rénovation

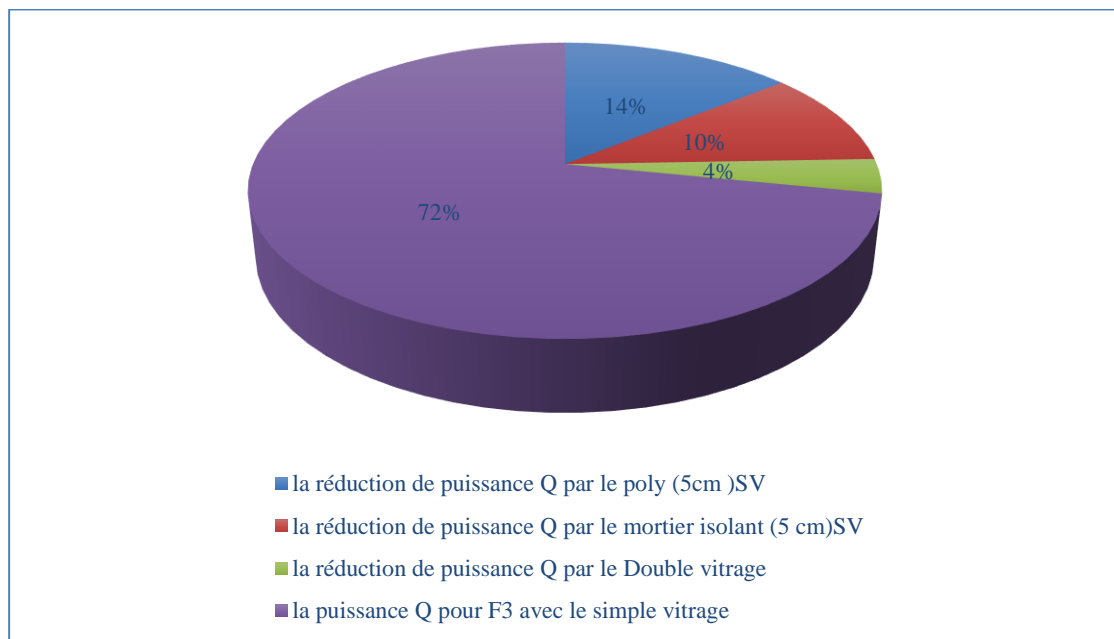


Figure III-28 : Le pourcentage de l'effet des différents types de rénovation sur la réduction de la puissance de chauffage Q nécessaire pour l'appartement F3

Le tableau 22 et La figure 27 présente la puissance de chauffage Q nécessaire pour l'appartement F3 avec les différents types de rénovation réalisées, pour les deux types d'isolation thermique extérieure (mortier isolant), intérieure (polystyrène) et l'introduction de double vitrage au lieu d'un simple vitrage dans les ouvertures vitrées d'un appartement F3 au dernier étage avec chauffage au gaz naturel.

La figure 28, présente le pourcentage de l'effet des différents type de rénovation sur la réduction de la puissance Q nécessaire pour chauffer l'appartement F3 du dernier étage du bloc R+9. Les résultats montrent que Le polystyrène en 5cm présente une importante réduction de puissance Q elle est estimée 14%. Le mortier isolant en 5cm donne une réduction de 10 %. Le double vitrage sans isolation à la réduction de puissance Q la plus faible 4%.

III.2.1.6.6 Interprétations et discussion des résultats :

-D'après les tableaux 14 et 15, des bilans thermiques avant rénovation du bloc R+9 et le F3 du dernier étage on remarque que les déperdition par transmission DT dans les deux cas ne vérifient pas car : $DT > 1,05 \times D_{ref}$ au lieu de : $DT \leq 1,05 \times D_{REF}$

-On constate pour les tableaux 16 et 17 ; des bilans thermiques du bloc R+9 et le F3 du dernier étage de double vitrage sans isolation, et d'après les figures 19 et 20 les deux cas ne vérifient pas avec le double vitrage sans isolation, car : $DT > 1,05 \times D_{ref}$.

- D'après les tableaux 18 et 20 représentent le bilan thermique du bloc R+9 avec différentes épaisseurs d'isolation ; le polystyrène et le mortier isolant et les figures 21 et 24 ; montre une diminution remarquable de déperdition de transmission totale DT avec les différentes épaisseurs du 1cm jusqu'à 5cm, et on observe la vérification de réglementaire dès le premier centimètre pour le polystyrène et jusqu'à le quatrième centimètre pour le mortier isolant ; car :

$$DT \leq 1,05 \times D_{ref}.$$

- D'après les tableaux 19 et 21, qui représente le bilan thermique de l'appartement F3 au dernier étage avec différentes épaisseurs d'isolant polystyrène et le mortier isolant et les figures 23 et 26 ; montre le comportement de déperdition de transmission totale DT avec les différentes épaisseurs du 1cm jusqu'à 5cm, on observe le début de vérification de réglementaire algérien en hiver dès le deuxième cm de polystyrène. Cependant le mortier isolant ne vérifie pas.

-D'après les figures 22 et 25, On observe une diminution de la puissance Q du chauffage nécessaire pour chauffer l'appartement F3 du dernier étage lorsque on a ajouté le polystyrène et le mortier isolant avec des différentes épaisseurs, plus l'épaisseur de l'isolant est élevée plus la puissance Q de chauffage nécessaire se diminue.

- **Discussion :**

D'après les graphes on constate après observation plusieurs variables influent sur les besoins énergétiques, les isolants utilisés dans le cas du bloc R+9 et le cas de l'appartement F3 en pour rôle de réduire la puissance de chauffage nécessaire Q jusqu'à la moitié par rapport au bloc et appartements non isolés. Le polystyrène qui est considéré comme l'un des isolants les plus fiables à cause de son rapport qualité / prix et sa disponibilité dont l'inertie thermique d'isolant

joue un grand rôle dans la minimisation de la puissance de chauffage et la consommation énergétique par rapport au mortier isolant. Malgré on a pu minimiser plus la puissance Q grâce au polystyrène, donc plus l'isolant est épais, la puissance de chauffage Q diminue.

Malgré l'introduction de double vitrage dans les ouvertures vitrées (fenêtres et porte fenêtres) dans les deux cas ne vérifie pas le réglementaire mais il réduit la puissance Q de 4% par rapport au simple vitrage, donc on peut dire que le double vitrage est le plus favorable.

En conclusion, pour un bâtiment plus conforme et économique il est préférable d'utiliser le polystyrène avec une épaisseur de 5 cm et des fenêtres en double vitrages.

III.2.2 Conclusion

En fin, on conclut que pour un bloc R+9 plus confortable et économique il est préférable d'utiliser une orientation 45° , le polystyrène avec une épaisseur de 5 cm et des fenêtres en double vitrages. Et pour l'appartements F3 (DE), il se fait juste changer l'orientation vers une orientation plein Sud.

IV. Chapitre4 : Étude technico-économique

IV.1 Introduction :

Ce chapitre présente une étude technico-économique en tenant compte des dépenses dues au coût réel de l'isolant et de sa mise en œuvre en Algérie. L'épaisseur optimale de l'isolation thermique est déterminée dans des murs construits avec différents matériaux de construction, et le type de vitrage utilisé.

IV.2 Économie d'énergie de chauffage et de climatisation

Les économies d'énergie sont calculées en faisant la différence entre le coût total de mur non isolé et le coût total de mur isolé. L'économie d'énergie dépend de la puissance de chauffage et de refroidissement, du coût de l'électricité et du carburant, de l'efficacité du système de chauffage, du pouvoir calorifique du carburant, du coefficient de performance de l'équipement de refroidissement, du coût et de l'épaisseur du matériau d'isolation. Pour le vitrage en faisant la différence entre le cout total des ouvrants en simple vitrage et le cout total des ouvrants en double vitrage. Les fenêtres de l'habitation font partie des zones à surveiller pour optimiser votre confort et votre bien-être. Tout comme la toiture ou les murs, les fenêtres doivent elles aussi être correctement isolées pour éviter la présence de déperditions thermiques. Plus le coefficient thermique est faible plus la performance thermique de la fenêtre est bonne.

IV.3 Calcul des surcoûts :

L'isolation thermique et le double vitrage permet de réduire considérablement les factures énergétiques tout en améliorant le confort thermique. Une maison mal isolée subit des déperditions thermiques : l'air chaud ambiant s'échappe en hiver et la chaleur extérieure entre de manière excessive en été. Cependant, l'introduction de l'isolation thermique dans l'enveloppe des bâtiments engendrera des surcoûts sur le prix des logements. En cas de mauvaise isolation, on estime que les fenêtres peuvent laisser s'échapper entre 10 et 15% de la chaleur présente au sein du logement. Les déperditions de chaleur ont pour conséquence : une sensation d'inconfort lié au froid et aux courants d'airs. A cela vient s'ajouter, un risque que votre consommation de chauffage et votre facture d'énergie augmente. En effet, à cause des déperditions thermiques, vous devrez chauffer d'avantage et augmenter la température de votre système de chauffage pour arriver à vous chauffer correctement (30)

Le surcoût d'un logement dépend de plusieurs facteurs :

- Le périmètre des travaux d'isolation (murs, combles, toiture, sols, etc.)
- La surface des parois à isoler
- Les matériaux isolants employés : Plaques de polystyrène, Liège, laine de verre, polyuréthane, béton cellulaire, etc.

- La résistance de l'isolant utilisé et du confort souhaité, ce qui va influencer sur l'épaisseur d'isolant à installer
- Le coût de la main d'œuvre de l'installation de l'isolation thermique.
- Changer uniquement la fenêtre tout en conservant le cadre de la fenêtre d'origine ;
- Opter pour une dépose totale, dans ce cas-là, la fenêtre ainsi que le cadrant de la fenêtre seront totalement remplacés ;
- Décider d'ajouter une deuxième fenêtre à la fenêtre d'origine, les deux fenêtres seront séparées par un espace.

le budget ajouter pour le	le prix/m ² (DA)	le cout totale/F3 (DA)	le cout totale/F4 (DA)	le cout totale/BLOC (DA)
la pose du poly (5cm) SV	831,06	85611,14726	97067,97421	3653582,43
Le mortier isolant (5cm)SV	1386,65	142844,918	161960,9973	6096118,302
le Double vitrage sans iso	1188,05	9979,62	11975,544	439103,28
Le prix original		3 500 000		

Tableau IV-1 : Etude de budget de rénovation énergétique F3, F4 et le BLOC R+9

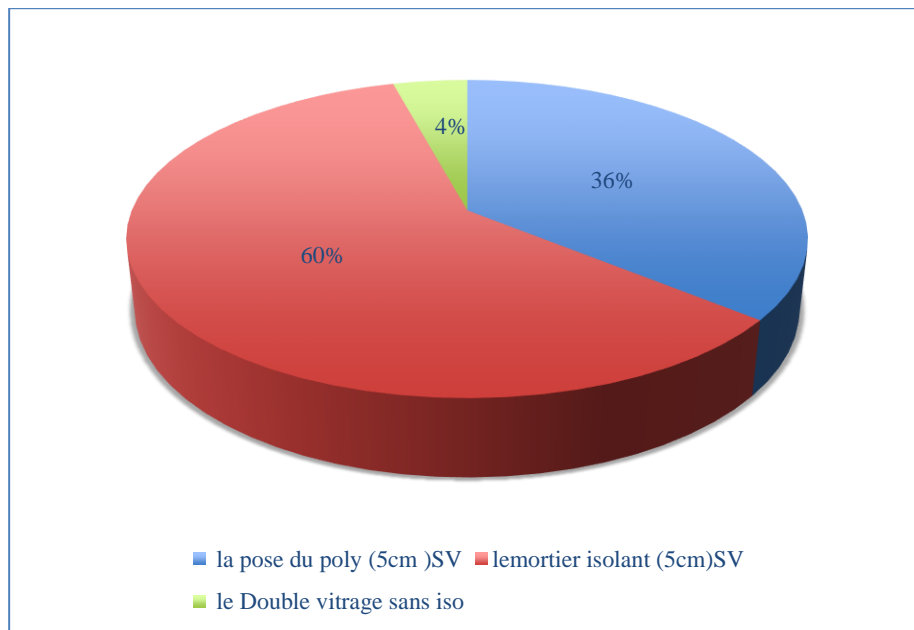


Figure IV-1 : la différence des prix entre les différents types de rénovation sur F3

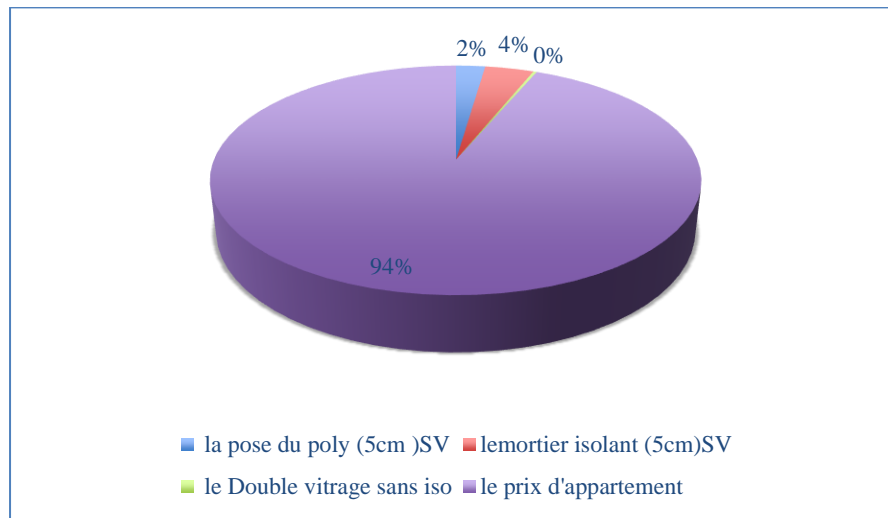


Figure IV-2 : Le budget de rénovation par rapport au prix initial de l'appartement

Le tableau 1 présente le surcôt lié au budget ajouter pour la rénovation énergétique des appartements F3, et le bloc R+9 complets (40 appartements) dans l'isolation des murs extérieurs mortier isolant et le polystyrène ainsi le type de vitrage (double vitrage), en prenant en considération le prix des isolants, double vitrage ainsi que le prix original de l'appartements F3.

La figure 1 montre la différence des prix entre les différents types de rénovation énergétique qui sont à 60% pour la pose de 5cm de polystyrène et à 36% pour le mortier isolant de 5cm et seulement à 4% pour le double vitrage.

Le tableau 1 et la figure 2 illustrent le surcôt de l'isolation et le double vitrage de logement F3 de type (AADL) dont le prix est fixé à 3,5 millions de dinars. Les résultats montrent que l'installation d'une couche de 5 cm d'épaisseur d'un isolant en polystyrène expansé est de 831,06DA/m².

Les résultats de la figure 2 montre que le surcôt dû à l'isolation par la pose de polystyrène d'un logement F3 engendrera un surcôt de 2 %, et pour le mortier isolant d'une couche de 5cm entraineront un surcôt de 4% et pour le double vitrage entraineront un surcôt de 0,033% par rapport au prix original de l'appartement.

IV.4 Calcul du temps d'amortissement :

Bien évidemment, le coût des investissements et l'évolution du prix des énergies constitueront deux facteurs primordiaux à prendre en compte lors d'une étude économique. Évaluer la rentabilité de l'installation de l'isolation thermique implique nécessairement la comparaison de ces installations entre elles selon des critères objectifs. Cette rentabilité doit être évaluée dans le marché algérien où les prix de l'énergie sont subventionnés et fixes depuis plusieurs années avec une légère augmentation ces trois dernières années, par conséquent la facture de chauffage et de climatisation risquera de s'alourdir.

IV.4.1 Évaluation de la rentabilité de l'installation de l'isolation thermique :

IV.4.1.1 Économies d'énergie de chauffage

		Le prix d'un 1 kWh de gaz DA			
		0,2915			
TYPE DE RENOVATION	La réduction des puissances en KW	L'équivalent en DA/h	L'Eco chauffage en DA/ans	Le cout d'iso totale/F3 (DA)	Le temps d'amortissement par ans
Puissance poly (5cm) SV	2,101018561	0,61	5365	85611,14726	16
Puissance mortier isolant (5 cm) SV	1,488728034	0,43	3802	142844,918	38
Puissance double vitrage sans iso	0,312984	0,09	799	9979,62	12

Tableau IV-2 : l'économie de chauffage (l'Eco-chauffage) de l'appartement F3

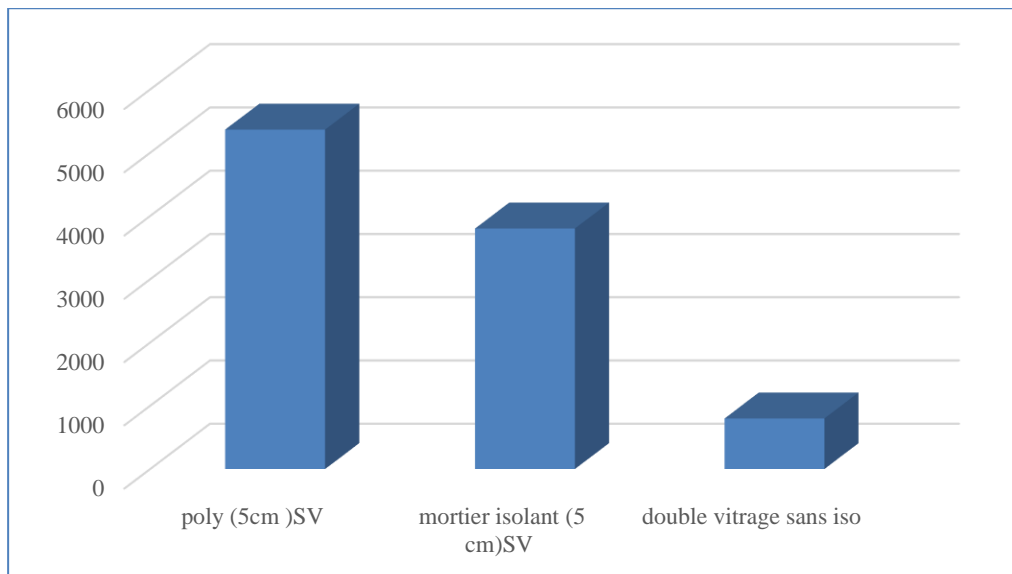


Figure IV-3 : l'économie de chauffage (l'Eco-chauffage) de l'appartement F3 en DA/ans

Le tableau 2 et la figure 3 présentent les économies d'énergie du chauffage réalisées, en DA /ans, des différents types de rénovation d'un appartement F3 avec chauffage au gaz naturel.

Les résultats montrent que 5cm de polystyrène présente une importante économie d'énergie, elle est de l'ordre de 5365 DA/ans. Le mortier isolant (5cm) donne une économie de 3802 DA/ans. Le double vitrage sans isolation a l'économie d'énergie la plus faible 799 DA/ans. Il est constaté que

les économies d'énergies de chauffage sont très faibles, car le gaz naturel est le carburant le moins cher en Algérie.

IV.4.1.2 Économies d'énergie de climatisation :

		Le prix d'un 1 kWh d'électricité DA			
		4,179			
	La réduction des puissances en KW)	L'équivalent en DA/h	L'Eco climatisation en DA/ans	Le cout totale/F3 (DA)	Le temps d'amortissement par ans
Puissance poly (5cm) SV	0,757714667	3,166489592	27738	85611,14726	3
Puissance mortier isolant (5 cm) SV	0,424546667	1,77418052	15542	142844,918	9
Puissance double vitrage	0,223428	0,933705612	8179	9979,62	1

Tableau IV-3 : Économies d'énergie de climatisation F3

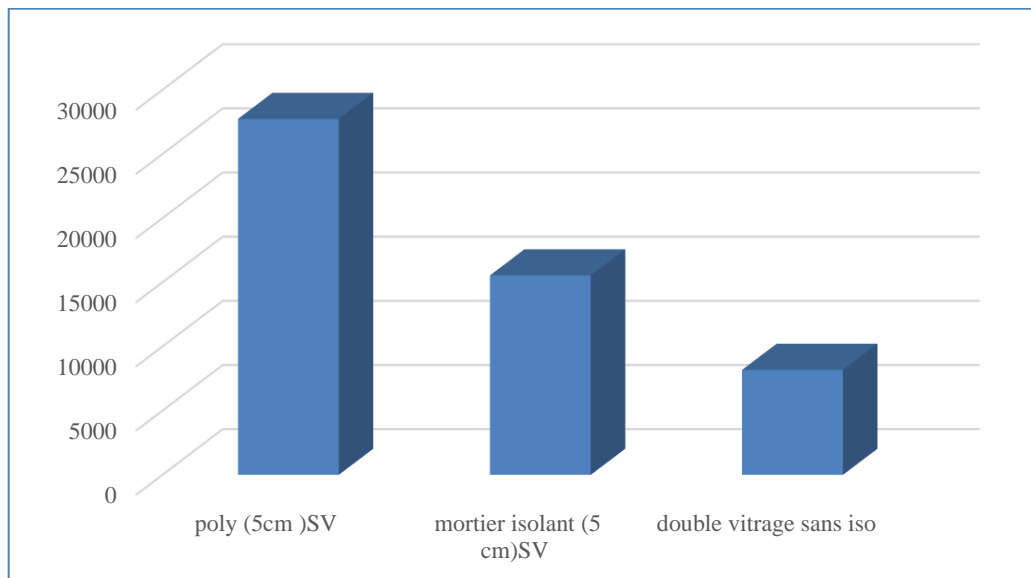


Figure IV-4 : Économies d'énergie de climatisation F3 en DA/ANS

Le tableau 3 et la figure 4 présentent les économies d'énergie de climatisation réalisées, en DA /ans, des différents types de rénovation d'un appartement F3 avec une climatisation en électricité.

Les résultats montrent que 5cm de polystyrène, présente une importante économie d'énergie, elle est de l'ordre de 27738 DA/ans. Le mortier isolant de 5cm donne une économie de 15542 DA/ans. Le double vitrage sans isolation a l'économie d'énergie la plus faible 8179 DA/ans.

IV.4.1.3 Estimation des temps de retour (amortissement) de chauffage et climatisation :

	CLIMATISATION	CHAUFFAGE	CHAUFFAGE ET CLIMATISATION	CHAUFFAGE ET CLIMATISATION
	Le temps d'amortissement par ans	Le temps d'amortissement par ans	Le temps d'amortissement par ans	L'économie d'Energie en DA/ans
Poly (5cm) SV	3	16	19	33103
Mortier isolant (5 cm) SV	9	38	47	19343
Double vitrage sans iso	1,2	12,5	14	8978

Tableau IV-4 : La comparaison entre l'économie et le temps d'amortissement de chauffage et climatisation

Le tableau 4 présente le temps d'amortissement pour l'appartement F3 avec les différents types de rénovation réalisées, pour les deux types d'isolation thermique extérieure (mortier isolant), intérieure (polystyrène) et l'introduction de double vitrage au lieu d'un simple vitrage dans les ouvertures vitrées, avec un chauffage au gaz naturel et une climatisation en électricité. Les résultats montrent que le meilleur temps de retour est obtenu pour le double vitrage, il est sensiblement égal à 14 ans. L'isolation thermique des murs en polystyrène (isolation intérieure), qui ont une faible résistance thermique, permettra de réaliser des économies d'énergies élevées, ceci engendra un temps d'amortissement très réduit par rapport à l'autre type de l'isolation (mortier isolant).

Dans le cas des isolants, le temps d'amortissement de meilleur isolation thermique est estimé à 19 ans pour le polystyrène et une économie d'énergie (électricité et gaz) de 33103 DA/ans.

Les résultats montrent que les murs isolés en mortier isolant présentent un temps d'amortissement élevé (47 ans) donc l'intégration de l'isolation thermique avec le mortier isolant entrainera une faible économie énergétique de 19343 DA/ans par rapport à l'autre type d'isolation (polystyrène). Le temps d'amortissement est élevé à cause de prix de mortier isolant et sa pose (isolation extérieure) par rapport à son effet en économie d'énergie.

Les résultats indiquent que le double vitrage présente un temps d'amortissement court qui est estimée à 14 ans mais son effet en termes d'économie énergétique est le plus faible (8978 DA/ans).

IV.5 Conclusion :

Parlant de meilleure efficacité énergétique entre le polystyrène et le double vitrage le polystyrène a un niveau d'isolation meilleur que celui de double vitrage en termes d'économie énergétique, dont le meilleur rapport qualité prix entre les trois types de rénovation énergiques c'est le polythène qui présente les résultats les plus optimales et rentables.

Conclusion générale

La recherche que nous avons élaborée avait pour objectif de vérifier la conformité thermique d'un bloc R+9 et l'appartement F3 de dernier étage à la réglementation algérienne en hiver et en été et minimiser au maximum les besoins d'énergie en chauffage et en climatisation. Afin d'arriver à réduire ces consommations et limiter l'impact du bâtiment sur l'environnement. On a proposé une rénovation pour atteindre le but désirer, ainsi que l'économisation de l'énergie pour alimenter notre bâtiment en électricité et gaz naturel.

Des généralités sur le confort thermique d'un bâtiment ont été présentés, tels que l'efficacité énergétique les composants de l'isolation thermique, ce qui consiste à la compréhension de cette notion clé dans notre recherche et sa relation avec la consommation énergétique de notre bâtiment.

La vérification du confort thermique réalisé avec le DTR et l'application LOGORT qu'ils nous a permis de déterminer les besoins en chauffage et en climatisation pour plusieurs types de rénovation énergétique et les comparer entre eux.

D'après les calculs effectués on a obtenu plusieurs résultats qui nous ont montré que l'utilisation des matériaux innovant pour l'isolation thermique (polystyrène et le mortier isolant) et le type de vitrage (Double) sont parmi les solutions les plus efficaces qui permettent une réduction notable des besoins énergétiques dans notre cas est noter par un rapport de 4% entre le simple vitrage avec un double vitrage. Ainsi que l'intégration d'une isolation en polystyrène permet d'assurer un confort thermique plus fiable et diminuer les besoins en chauffage et climatisation.

L'étude technico-économique fait réaliser avec des calculs qu'ils nous ont permis de déterminer le meilleur type de rénovation pour une meilleure économie énergétique entre le polystyrène et le double vitrage le polystyrène à un niveau d'isolation meilleur que celui de double vitrage en termes d'économie énergétique, dont le meilleur rapport qualité prix entre les trois types de rénovation énergiques c'est le polystyrène de 62% avec un meilleur temps d'amortissement qui est estimé à 19 ans pour le polystyrène.

Au terme de ce travail, il ressort que le confort thermique peut être atteint par un choix judicieux des matériaux de construction et une bonne politique architecturale de construction mais dans certain cas même la bonne étude ne peut pas subvenir nos besoins et nécessite l'intégration des installations de chauffage et de climatisation.

V. Bibliographie

1. **BOUVENOT, A.** « *TRANSFERTS DE CHALEUR* ». s.l. : EDITION, 2010.
2. **CLONED, J.** « *LES MATERIAUX ISOLANTES THERMIQUES POUR LE BATIMENT* ». s.l. : CENTRE D'ANIMATION REGIONAL EN MATERIAUX AVANCE, mai 2010.
3. **HADDAD ABDELKRIM.** Transfert thermique. ALGER : s.n., 2001.
4. **REME.** Guide maghrébin des matériaux d'isolation thermique de bâtiment . édition 2010.
5. **SCRIBD.** DOCUMENT . *SCRIBD.COM*. [En ligne] [HTTPS://FR.SCRIBD.COM DOCUMENT 4-ESS6HAB-INTRODUCTION –THERMIQUE.PDF](https://fr.scribd.com/document/4-ess6hab-introduction-thermique.pdf).
6. **CHAHWANE LAYAL.** *VALORISATION DE L'INERTIE THERMIQUE POUR LA PERFORMANCE ENERGETIQUE DES BATIMENTS [EN LIGNE] THESE DE DOCTORAT*. GRENOBLE : GENIE CIVIL ET SCIENCES DE L'HABITAT, 2011.
7. **JDIDI, M.ET BENJEDDOU, O.** *LATHERMIQUE DU BATIMENTS DU CONFORT THERMIQUE AU CHOIX DES EQUIPEMENTS DE CHAUFFAGE ET DE CLIMATISATION*. RUE LAROMIGUIERE ,75005 PARIS : DUNOD, 2016. ISBN 978_2_10_074481_7..
8. **ASTRID DENKER, DR S.M K EL HASSAR, SAAD BARADIY.** *GUIDE POUR LA CONSTRUCTION ECO-ENERGETIQUE EN ALGERIE*. 2014.
9. **LES ESSENTIELS DE L'HABITAT. SITE DE SAINT-GOBAIN.** [En ligne] [HTTP://WWW.CONSTRUIREAVECSAINT-GOBAIN.FR/](http://www.construireavecsaint-gobain.fr/).
10. **HAUT, PAUL DE.** *CHAUFFAGE, ISOLATION ET VENTILATION ECOLOGIQUES*. PARIS : EDITION EYROLLES., 2007.
11. **HOLLAERT, LAURIE.** *<ANALYSE DE LA RENTABILITE FINANCIERE ET DES AVANTAGES LIES A L'ISOLATION THERMIQUE : ETUDE DE CAS ADAPTES AU MODELE BELGE>*., BRUXELLES : MEMOIRE DE MASTER,UNIVERSITE LIBRE DE BRUXELLES , 2014.
12. **DENKER, A,S. EL HASSAR ET S.BARADIY.** *GUIDE POUR UNE CONSTRUCTION*.
13. *L'efficacité énergétique - 2020 Energy*. 2020.
14. *Approche,L'efficacité énergétique*. www.smartgrids-cre.fr. [En ligne] (consulter Mars 2020). www.smartgrids-cre.fr .
15. *Connaissance des énergies. L'énergie sous toutes ses formes*. Antoine, Blandine. 2001.
16. *Chiffres clés de l'énergie –Données et études*. 2019.
17. L'édition, Ministère de l'Énergie- *Bilan Énergétique National 2018. Bilan Énergétique National du secteur Bilan Énergétique National 2018 (édition 2019)*. 2019.
18. *Consommation d'énergie des logements. Outils solaires*.
19. **ALAIN M. et ARLETTE Z.** *Habitat traditionnel dans le monde éléments pour une approche» Etablissement humains et environnement socio-culturel*. s.l. : UNESCO , Aout1983.

20. D, M'SELLEM H. et ALKAMA. Le confort thermique entre perception et évaluation par les techniques d'analyse bioclimatique - Cas des lieux de travail dans les milieux arides à climat chaud et sec . *Revue des Energies Renouvelables*,. 2009.
21. M, BENTCHIKOU. Contribution A L'étude Et A L'élaboration De Matériaux Composites Pour L'isolation Thermique Cas de béton de fibres de papiers recyclés. *thèse de doctorat Ecole Nationale Polytechnique. Alger* : s.n., Mai 2008.
22. MFOURA. Simulation des paramètres du confort thermique d'hiver en Algérie. *Thèse de doctorat, université Mentouri Constantine*. 2008.
23. J.YVES. Théorie et pratique de la métrologie thermique. Nancy : Ecole des mines Nancy, Edition 2008.
24. MAZARI, M. Etude et évaluation du confort thermique des bâtiments à caractère public Cas du département d'Architecture de Tamda (Tizi Ouzou). *Mémoire de Magistère, Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou*. Tizi Ouzou : s.n., 2012.
25. Matériaux d'isolation thermique : choisir des matériaux sains avec un écobilan favorable. *Guide pratique pour la construction et la rénovation durables des petits bâtiments*. juillet 2010.
26. Laurie, HOLLAERT. Analyse de la rentabilité financière et des avantages liés à l'isolation thermique : étude de cas adaptés au modèle belge. *Mémoire de Master, Université libre de Bruxelles* . Bruxelles : s.n., 2014.
27. COULOMB Philippe, HERMANN Guillaume, SARLIN Sophie. L'isolation thermique dans la conception et la réalisation des locaux de travail.
28. HARMONIE. <https://www.harmonie.fr/isolation-thermique/polystyrene/>. *www.harmonie.fr*. [En ligne] <https://www.harmonie.fr/isolation-thermique/polystyrene/>.
29. linternaute. <https://www.linternaute.com/bricolage/amenagement-interieur/1034556-quels-materiaux-pour-isoler-votre-habitat/>. *linternaute.com*. [En ligne] <https://www.linternaute.com/bricolage/amenagement-interieur/1034556-quels-materiaux-pour-isoler-votre-habitat/1034559-polystyrene-expande>.
30. *Rénovation énergétique*. 1/04/2022.

- **Règlements et Arrête Ministériel**

- C3.2 Réglementation thermique des bâtiments d'habitation, règles de calcul des déperditions calorifiques 2ème édition en 2007.
- C3.4 Règles de calcul des apports calorifiques des bâtiments "Climatisation" 2ème édition en 2005.

- **Organismes**

- CNERIB : Centre National d'Etudes et de Recherches Intégrées du Bâtiment.
- ADEME : Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie.
- CDER : Centre de Développement des Energies Renouvelables.