UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA

Faculté Des Sciences Appliquées
Département Génie Mécanique

Mémoire

Présenté pour l'obtention du diplôme de

MASTER ACADEMIQUE
Domaine : Sciences Techniques

Filière : Génie mécanique

Spécialité : **Énergétique**

Présenté par :
Aichaoui Saber

Cheggouri Abderrezak

Thème

Contribution à l'étude des matériaux de construction aux bâtiments à basse consommation d'énergie dans les zones aride

Soutenu le : 19/06/2019
Devant le jury composé de :

Mr.	**A.GOUARH**	MAA.	Président
Mr.	**M.M.DRID**	MAA	Examinateur
Mr	**H. BELAHIA**	MCB	Encadreur

Année universitaire : 2018/2019

Dédicace

A mes très chers parents, pour leur: amour, sacrifice, patiences, soutien moral et matériel depuis mon enfance jusqu'à ce jour.

A mon cher frère cheggouri salah et mes chères soeurs.

A tout ma famille

A mon cher ami Serraye Slimane et mes collègues

A tous mes enseignants qui m'ont éclairé sur ce chemin du savoir.

A tous qui ont attendu l'achèvement de ce mémoire et qui ont prié 'Dieu' pour plus de réussites.

Je dédie ce modest travail

Cheggouri Abderrezak

Dédicace

En cet honorable lieu, d'un simple geste tracé par écrit, mais qui jaillie du profond sentiment de reconnaissance, permettez-moi de citer les noms comme un mémorandum pour ceux qui ont une place particulière:

A mon père

A ma très chère mère

A mes très chers frères et sueurs.

A toute ma famille.

A tous mes ami(e) en générale surtout mon cher ami

BOUDERBALA ABDESSALEM AHMED AMINE.

A la promotion de la 2ème année master énergétique 2018/2019

A tous ; je dédie cette mémoire , qui est le sens de mes études supérieurs, tel un présent du cœur, en priant **ALLAH** tout puissant à le mettre au service de notre nation et du bien de l'humanité, et qu'il sera une lumière sur mon parcours professionnel.

Aichaoui Saber

Remerciement

Avant tout, nous remercions **ALLAH** de mon avoir donné le courage, la patience et la chance d'étudier et suivre,

Au terme de ce modeste travail, nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et nos vifs remerciements à

Mon promoteur **Mr. H.Belahya**, pour ses orientations, ses précieux conseils et sa contribution dans l'élaboration de ce travail.

Nous tenons également à remercier:

Tous nos enseignants du Département de Génie Mécanique,

Nous tenons, enfin, à remercier les Honorables Membres du jury, d'avoir accepté de juger ce travail, le Président

Mr. A.Gouarah et **Mr. M.M.Dride** comme examinateur.

SaberAichaoui et CheggouriAbderrezak

Dédicace	I
Remerciement	III
Sommaire	IV
Liste des figures	X
Liste des tableaux	XIV
Nomenclature	XV
Abréviation	XVI
Introduction Générale	1
Chapitre I :Contexte énergétique, confort et climat d'habitat	
Introduction	3
I.1.Notion économe d'énergie	3
I.1.1.Efficacité énergétique	3
I.1.2.Consommation mondiale de l'énergie	3
I.1.2.1.La consommation mondiale d'électricité	6
I.1.3.Consommation nationale d'énergie	7
I.1.3.1.Evolution des différents agrégats	7
I.1.3.2.Consommation des industries énergétiques	8
I.1.3.3.La consommation de l'électricité en Algérie 2017	9
I.1.4.La consommation énergétique à Ouargla	10
I.1.4.1.Evolution de la consommation électrique	10
I.1.5.Bilan énergétique 2017 : La consommation interne en hausse	11
I.2. Confort et Climat	12
I.2.1.Le confort	12
I.2.1.1.Définition du confort thermique	12
I.2.1.2.La notion de confort thermique	12
I.2.1.3.Les variables principales du confort global	13
I.2.1.4.Principaux facteurs d'inconfort local	13

I.2.1.5.les différents types de confort	14
a. Le confort dans l'habitat	14
b. Définition du « confort visuel»	14
c. Confort acoustique	15
d. Le confort tactile	15
I.2.2.Le climat	16
I.2.2.1.Définitions	16
I.2.2.2.Un Changement climatique	16
I.2.2.3.Classification des climats	16
a .Classification du climat dans le monde	16
b. Le climat des zones arides et semi-arides	17
I.2.2.4.Les éléments du climat	18
a. Le rayonnement solaire	18
b. La température	18
c. L'humidité	18
c. Les précipitations	18
d. Les vents	18
I.2.2.5.Le cas de l'Algérie	18
I.2.2.6.Analyse climatique de la ville de Ouargla	19
I.2.2.7.Classification climatique	20
Conclusion	20
Chapitre II: **L'isolation thermique des bâtiments**	
Introduction	21
II.1. La définition de Transfert de chaleur	21
II.1.2.Les modes des Transferts de chaleur	21
II.1.2.1 Transfert par conduction	21
II.1.2.2. Transfert par convection	22

II.1.2.3. Transfert par rayonnement	23
II.2. Notions thermiques	23
II.2.1. Flux thermiques	23
II.2.2. Conductivité thermique	23
II.2.3. Résistance thermique	23
II.2.4. Le coefficient de transmission calorifique	24
II.2.5. Capacité thermique et massique	24
II.2.6. Capacité thermique	24
II.3 Isolation thermique	24
II.3.1. Définitions	24
II.3.2.Matériau isolant	24
II.3.3 Système d'isolation thermique	24
II.3.4. Les isolants thermiques	25
II.3.4.1. L'isolation par l'intérieure	25
II.3.5. L'isolation par l'extérieur	25
II.3.5.1. Les avantage de l'isolation thermique	26
II.3.5.2. Avantage économique	26
II.3.5.3. Avantage environnemental	26
II.3.5.4. Réduire le niveau de bruit	26
II.3.5.5. Intégrité structurale d'un bâtiment	26
II.3.5.6. Empêchement de condensation de vapeur	26
II.3.5.7. Protection contre le feu	27
II.4. Les différents types des isolants	27
II.5. Les différentes méthodes d'isolation	27
II.5.1. Toiture	27
II.5.2. Murs	28
II.5.3. Fenêtres	28

II.5.4. Planchers	28
II.6. Les Propriétés et performances d'un matériau isolant	29
II.6.1. Propriétés thermiques	29
II.6.2. Propriétés techniques	29
II.6.3. Propriétés environnementales	29
II.6.4. Propriétés économiques	30
II.7. Les différents types des isolants	30
II.7.1. Les isolants végétaux	30
II.7.1.1. Fibres de bois	30
II.7.1.2.Béton de chanvre	31
II.7.2.Les matériaux minéraux	31
II.7.2.1.La laine minérale	31
II.7.2.2.Terre cuite	32
II.7.3. Les matériaux synthétiques	32
II.7.3.1. Le polystyrène (expansé et extrudé)	32
II.7.3.2. Les polyuréthanes	33
II.8. Les étapes de fabrication types des isolants	33
II.8.1. Le procédé de fabrication du(polystyrène expansé)	33
II.8.1.1. Matière première	33
II.8.1.2. Conditionnement	34
II.8.1.3. Phase de pré-expansion : de la bille à la perle	34
II.8.1.4. Phase de stabilisation ou maturation	35
II.8.1.5. Etape de transformation	35
II.8.2. Le procédé de fabrication du(Fibre)	36
Conclusion	38
Chapitre III: Matériels et méthodes	
Introduction	39

III.1. Objectif de l'étude	39
III.2. Plan général du cas de base	39
III.3. Caractéristiques thermiques des matériaux	40
III.3.1 Détails des parois de l'enveloppe de l'habitat étudié	41
III.3.1.1.Toiture	41
III.3.1.2.Plancher bas	41
III.4. Logiciel de simulation TRNSYS (Transirent System Simulation)	42
III.4.1. Introduction sur TRNSYS	42
III.4.2. Description du logiciel	43
III.4.3.Limites du logiciel TRNSYS	43
III.4.4.Données introduites	43
III.4.5.Avantages	43
III.4.6.Inconvénients	44
III.5.TRNBUILD	44
III.6. La méthodologie de simulation	45
III.6.1.Consignes de température	45
III.6.2.Etat des lieux des besoins thermiques du cas de base	45
III.6.3. Types des matériaux de construction	47
Conclusion	48
Chapitre IV: Résultats et discussion de la simulation	
Introduction	49
IV. 1. Matériaux de consommation d'énergie sans effet d'isolation	51
IV.1.1. Résultats de simulation	51
IV.2. L'impact de L'isolation	51
IV.2.1. Premier partie (L'impact de L'isolation Polystyrène expansé)	51
IV.2.2.1. Mur	51
IV.2.2.2. Toiture	52

IV.2.2.3. Mur et Toiture	52
IV.2.2.4. Comparaison de l’isolation de l’enveloppe du bâtiment	53
IV.2.2.5. L’épaisseur optimale d’isolation	53
IV.2.2.5.1. Le cout de ’isolation à Polystyrène expansé	54
IV.2.2.5. 2.L'impact de l'isolation de toiture(Prix 1kwh = 4DA)	54
IV.2.2.5.3. L'impact de l'isolation de toiture(Prix1Kwh=14DA)	55
IV.2.2.5. 4. L'impact de l'isolation de Mur (Prix 1Kwh = 4DA)	56
IV.2.2.5. 5. L'impact de l'isolation de Mur (Prix1Kwh= 14da)	57
IV.2.2.5. 6.L'impact de l'isolation de Mur et Toiture (Prix 1Kwh=4DA)	58
IV.2.2.5. 7. L'impact de l'isolation de Mur et Toiture(Prix1Kwh =14DA)	59
IV.2.3. Deuxième partie (L’impact de L’isolation fibre)	60
IV.2.3.1. Mur	60
IV.2.3.2. Toiture	61
IV.2.3.3. Mur et Toiture	61
IV.2.3.4. Comparaison de l’isolation de l’enveloppe du bâtiment	62
IV.2.3.5 L’épaisseur optimale d’isolation	63
IV.2.3.5. 1.Le cout de ’isolation à fibre	63
IV.2.3.5. 2. L'impact de l'isolation de toiture (Prix1kwh=4DA)	63
IV.2.3.5.3.L'impact de l'isolation de toiture Prix1Kwh =14DA)	64
IV.2.3.5. 4.L'impact de l'isolation de mur (Prix 1Kwh = 4DA)	65
IV.2.3.5. 5.L'impact de l'isolation de mur (Prix1Kwh=14da)	67
IV.2.3.5. 6.L'impact de l'isolation de mur et toiture(Prix 1Kwh=4DA)	68
IV.2.3.5. 7.L'impact de l'isolation de mur et toiture(Prix1Kwh = 14DA)	69
IV.2.5. Troisième partie Comparaison des types d’isolation	70
Conclusion	71
Conclusion general	72

Liste des figures

Chapitre I:Contexte Energie, confort et climat d'habitat		
Figure I.1	Monde enter; Consommation d'énergie(millions de tonnes équivalent pétrole)et émissions de CO_2(millions de tonnes	4
Figure I.2	Monde enter; Consommation d'énergie non fossiles (millions de tonnes équivalent pétrole)	5
Figure I.3	Répartition de la Consommation d'énergie mondiale année(1990_2017)	5
Figure I.4	Evolution de la consommation d'électricité dans le monde entre 1990 et 2016 (EN TWH)*Source*	6
Figure I.5	Evolution de la consommation d'électricité dans le monde entre 1990 et 2016 (EN TWH)	6
Figure I.6	Structure de la consommation nationale d'énergie	8
Figure I.7	Structure de la consommation des industries énergétiques.	9
Figure I.8	Evolution de la consommation électrique à Ouargla dans le secteur résidentiel (Sonalgaz 2015-2018)	10
Figure I.9	Enchaînement des divers phénomènes intervenant dans les caractéristiques du confort thermique	12
Figure I.10	Les échanges thermiques du corps humain	13
Figure I.11	Eléments du confort visuel	15
Figure I.12	Classification des climats selon KÖppen.	17
Figure I.13	Les zones climatiques en Algérie.(Ghedamsi R, 2015).	19
Chapitre II: L'isolation thermique de bâtiments		
Figure II.1	Transfert de chaleur par conduction	22
Figure II.2	Transfert de chaleur par convection	22
Figure II.3	Transfert de chaleur par rayonnement	23
Figure II.4	Isolation intérieur et extérieur des murs	25
Figure II.5	Méthode isolation toiture	27
Figure II.6	Méthode isolation un mur	28
Figure II.7	Méthode isolation fenêtre	28
Figure II.8	Méthode isolation plancher	29
Figure II.9	Fibre de bois en panneau	30
Figure II.10	Béton de chanvre	31
Figure II.11	laine de roche	31
Figure II.12	laine de verre	31
Figure II.13	Brique mono mûr en terre cuite	32
Figure II.14	Polystyrène	32
Figure II.15	Les polyuréthanes	33
Figure II.16	Matière première(polystyrene expansé)	33
Figure II.17	Conditionnement	34

Liste des figures

Figure II.18	Phase de pré-expansion : de la bille à la perle	34
Figure II.19	Phase de stabilisation ou maturation	35
Figure II.20	Etape de transformation	35
Figure II.21	fibre du Palmier dattier avant l'opération du broyage	36
Figure II.22	La machine utilisée pour écraser la fibre	37
Figure II.23	La matière première du fibre	38
Chapitre III: Matériels et méthodes		
Figure III.1	plan générale de bas.	39
Figure III.2	Schéma du mur.	41
Figure III.3	Schéma du Toiture	41
Figure III.4	Schéma du Plancher bas.	41
Figure III.5	Schéma de principe du cas de bas	42
Figure III.6	l'interface avec les données saisies dans TRNBUILD	44
Figure III.7	Evolution annuelle de la température intérieure	46
Figure III.8	L'évolution mensuelle des besoin énergétique	46
Chapitre IV: Résultats et discussion de la simulation		
FigureIV.1	L'évolution mensuelle des besoins énergétiques (sans effet d'isolation)	51
FigureIV.2	L'évolution du besoin énergétique annuel (L'impact de l'isolation des murs extérieurs).	51
FigureIV.3	L'évolution du besoin énergétique annuel (L'impact de l'isolation de toiture).	52
FigureIV.4	L'évolution du besoin énergétique annuel (L'impact de l'isolation de mur et toiture).	52
FigureIV.5	L'évolution du besoin énergétique annuel (L'impact de L'isolation Polystyrène expansé).	53
FigureIV.6	L'évolution du besoin van20ans L'impact de l'isolation de toiture le prix=(4DA).	54
FigureIV.7	L'évolution du besoin van 20ans L'épaisseur optimale d'isolation (e=3cm).	55
FigureIV.8	L'évolution du besoin van 20ans L'impact de l'isolation de toiture le prix =(14DA)	55
FigureIV.9	L'évolution du besoin van 20ans L'épaisseur optimale d'isolation (e= 14cm)	56
FigureIV.10	L'évolution du besoin van 20ans (L'impact de l'isolation de mur le prix =(4DA).	56
FigureIV.11	L'évolution du besoin van 20ans L'épaisseur optimale d'isolation (e=1cm)	57
FigureIV.12	L'évolution du besoin van 20ans(L'impact de l'isolation	57

	de mur le prix= (4DA)	
FigureIV.13	L’évolution du besoin van 20ans L’épaisseur optimale d’isolation (e=3cm)	58
FigureIV.14	L’évolution du besoin van 20ans L'impact de l'isolation de mur et toiture le prix =(4DA)	58
FigureIV.15	L’évolution du besoin van 20ans L’épaisseur optimale d’isolation (e=2cm).	59
FigureIV.16	L’évolution du besoin van 20ans (L'impact de l'isolation de mur et toiture le prix =(14DA).	59
FigureIV.17	L’évolution du besoin van 20ans L’épaisseur optimale d’isolation (e=14cm).	60
FigureIV.18	L’évolution du besoin énergétique annuel (L'impact de l'isolation des murs extérieurs).	60
FigureIV.19	L’évolution du besoin énergétique annuel (L'impact de l'isolation de toiture).	61
FigureIV.20	L’évolution du besoin énergétique annuel (L'impact de l'isolation de mur et toiture).	61
FigureIV.21	L’évolution du besoin énergétique annuel (L’impact de L’isolation fibre).	62
FigureIV.22	L’évolution du besoin van20ans L'impact de l'isolation de toiture le prix(4DA).	63
FigureIV.23	L’évolution du besoin van 20ans L’épaisseur optimale d’isolation e=(8cm).	64
FigureIV.24	L’évolution du besoin van 20ans L'impact de l'isolation de toiture le prix (14DA).	64
FigureIV.25	L’évolution du besoin van 20ans L’épaisseur optimale d’isolation (e=12cm)	65
FigureIV.26	L’évolution du besoin van 20ans L'impact de l'isolation de mur le prix =(4DA).	66
FigureIV.27	L’évolution du besoin van 20ansL’épaisseur optimale d’isolation (e=2cm).	66
FigureIV.28	L’évolution du besoin van 20ansL'impact de l'isolation de mur le prix=(14DA)	67
FigureIV.29	L’évolution du besoin van 20ans L’épaisseur optimale d’isolation (e=2cm).	67
FigureIV.30	L’évolution du besoin van 20ansL'impact de l'isolation de mur le prix=(4DA).	68
FigureIV.31	L’évolution du besoin van 20ans L’épaisseur optimale d’isolation (e=4cm).	68

Liste des figures

FigureIV.32	L’évolution du besoin van 20ans L'impact de l'isolation de mur et toiture le prix =(14da).	69
FigureIV.33	L’évolution du besoin van 20ans L’épaisseur optimale d’isolation (e=20cm).	69
FigureIV.34	l’effet énergétique de type d’isolation.	70

Liste des tableaux

Chapitre I:Contexte Energie, confort et climat d'habitat		
Tableau I.1	Consommation nationale par agrégat	7
Tableau I.2	Consommation des industries énergétiques	8
Chapitre II: L'isolation thermique de bâtiments		
Tableau II.1	Principales propriétés physiques des fibres de palmier dattier (Dokar, Elghers, D-Nour et D-Bida)	37
Chapitre III: Matériels et méthodes		
Tableau III.1	Caractéristiques thermiques des matériaux	40
Tableau III.2	matériaux constituant des murs extérieurs	41
Tableau III.3	Matériaux constituant du Plancher haut**.**	41
Tableau III.4	Matériaux constituant du Plancher bas	41
Tableau III.5	Besoins énergétiques mensuelle	46
Tableau III.6	Caractéristiques des matériaux de construction	47
Chapitre IV: Résultats et discussion de la simulation		
Tableau IV.1	Le cout de 'isolation à Polystyrène expansé	54
Tableau IV.2	calcul des Valeur Actuelle Nette (VAN) Durée de vingt ans(20 ans)	54
Tableau IV.3	calcul des Valeur Actuelle Nette (VAN) Durée de vingt ans(20 ans)	56
Tableau IV.4	calcul des Valeur Actuelle Nette (VAN) Durée de vingt ans(20 ans)	58
Tableau IV.5	Le cout de 'isolation à fibre	63
Tableau IV.6	calcul des Valeur Actuelle Nette (VAN) Durée de vingt ans(20 ans)	63
Tableau IV.7	calcul des Valeur Actuelle Nette (VAN) Durée de vingt ans(20 ans)	65
Tableau IV.8	calcul des Valeur Actuelle Nette (VAN) Durée de vingt ans(20 ans)	68
Tableau IV.9	Besoin énergétique annuel (type d'isolation).	70

Nomenclature

T X : Températures Moyennes max (°C**)**

T N : Températures Moyennes min (°C)

T M : Températures Moyennes (°C)

H : Humidité relative de l'air(%)

V : Vitesse de vents (m.s^{-1})

Pr : Précipitations (mm)

INSO : L'insolation (heures)

λ : Conductivité thermique (W.m^{-1}.K^{-1})

C : Capacité thermique (J.K)

CP : Chaleur spécifique (J.Kg^{-1}.C^{-1})

R : Résistance thermique (m^2.K.W^{-1})

U : Coefficient de transmission calorifique (W.m^{-2}.K^{-1})

q : Flux thermique (W.cal^{-1}.s^{-1}).

Abréviation

AIE : Agence internationale de l'énergie.

APRUE : Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie.

ME : Ministère de l'Énergie et Mines Algérien.

BTP : Bâtiments et travaux publiques.

DTRC : Documents Techniques Réglementaires de Conception.

BP: British petroleum.(compagnie britannique du secteur pétrolier).

Ktep : Kilo tonne équivalant de pétrole.

Mtep : Million tonne équivalant de pétrole.

KWh : Kilo Watt heure.

GWh : Giga Watt heure.

GIEC: :Le **G**roupe d'experts **i**ntergouvernemental sur l'évolution du **c**limat.

ITE : L'isolation thermique des murs par l'extérieur.

Introduction Générale

Introduction générale

Un bâtiment est conçu pour protéger les usagers des effets climatiques (chaud, froid) en créant un microclimat intérieur satisfaisant pour l'exercice de diverses activités, tout en assurant une gestion efficace de l'énergie. Le secteur du bâtiment réputé grand consommateur d'énergie (presque la moitié de la consommation globale) La réduction de cette consommation est au cœur des préoccupations des bâtisseurs qui inscrivent leur réflexion dans le cadre du développement durable ou encore de la haute qualité environnementale. L'atteinte de ces objectifs conduit { l'apparition de solutions passives, qui ont été développées en augmentant fortement l'isolation des différentes composantes de l'enveloppe pour empêcher au maximum les déperditions de chaleur vers l'extérieur. Ceci explique l'évolution des techniques de construction et le développement de nouveaux matériaux servant l'isolation thermique et qui peuvent réduire le coût de la construction, d'une part et baisser la facture énergétique, d'autre part. L'Isolation Thermique par l'Extérieur (ITE) est le meilleur procédé d'isolation pour répondre une diminution performante des besoins d'énergie d'un logement. L'isolant, positionné l'extérieur des éléments de maçonnerie du bâtiment, vient en surépaisseur des sols, des murs et de la toiture.

Le développent du parc du logement Algérien n'est pas encore déterminé une politique bien précise pour vaincre le problème du manque de logement. Cela a influé sur la quantité et la qualité du parc du bâti, devant ce besoin l'état cherches a des solutions urgentes en logement sociaux, la généralisation des modèles dits bon-marchés sur tout le territoire Algérien a créé un grand problème énergétique dans les dernières années (surcharge du réseau et coupure électrique), ces modèles ne tenir pas en compte le coté énergétique et souvent négligent les aspects de confort, cela va augmenter les charges et la consommation de l'énergie (chauffage et climatisation) les dépenses supplémentaires dues au conditionnement d'air représentent un facteur très élevé qui apparaissent sur les consommations saisonnière.

Dans cette étude nous intéressons sur l'effet de l'intégration des matériaux isolants dans l'enveloppe du bâtiment sur la consommation énergétique en basant sur la valorisation de la matière de fibre locale et on le compare avec celle de la polystyrène, par une série des simulations en prenant le facteur techno économique

pour déterminer la meilleur solution. Ces simulations ont été réalisées à l'aide du logiciel TRNSYS.V16 (Transirent System Simulation).

Le travail présenté dans ce document comporte quatre chapitres. Le premier présente le contexte énergétique au niveau mondial, national et local, et une analyse climatique de la ville d'Ouargla ainsi que les différents types de confort.

Le deuxième est consacré à l'isolation thermique, en donnant un aperçu sur les divers modes de transfert de chaleur, et les différents matériaux et les techniques d'isolation thermique.

On présente aussi dans ce chapitre les études qui sont réalisés sur l'isolation thermique des bâtiments pour améliorer la performance thermique et réduire les besoin énergétique, où on décrit ces différentes configurations, les conditions expérimentales et les différents résultats atteints, par certains auteurs.

Le troisième chapitre est consacré à l'explication de la méthodologie de la simulation thermique dynamique, et une présentation de logiciel TRNSYS.V16.

Dans le quatrième chapitre nous rassemblons les principaux résultats numériques de cette étude. Les commentaires et les discutions.

En fin nous terminons ce travail par une conclusion générale qui résume les principaux résultats obtenus et quelques recommandations pour les études futures qui sont émises.

Chapitre I

Contexte Energie, confort et climat d'habitat

Introduction

En matière d'énergie, toutes les prévisions actuelles sont fondées sur l'hypothèse que la croissance économique des années passées va continuer tout au long du 21e siècle. Comme si cette croissance pouvait perdurer à jamais dans le cadre limité de notre biosphère. Comme si notre consommation d'énergie devait croître indéfiniment, et la production correspondante pouvait indéfiniment suivre.

I.1.Notion économe d'énergie

L'énergie est un secteur de première importance pour l'économie. Il comprend la production, le transport, la transformation, la distribution et la commercialisation des diverses sources d'énergie. La production d'énergie primaire est suivie par sa transformation éventuelle en énergie secondaire : production de produits pétroliers par raffinage, production d'électricité et de chaleur de réseau.

I.1.1.Efficacité énergétique

L'efficacité énergétique des bâtiments passe par une bonne conception architecturale, un traitement adapté de l'enveloppe et du renouvellement d'air mais aussi par une bonne gestion du bâtiment (ouverture - fermeture des stores, températures de consigne adaptées etc.[1]

$$\boldsymbol{Efficacit\acute{e}\ Energetique} = \frac{\boldsymbol{Energie\ Utile\ en\ Sortie}}{\boldsymbol{Energie\ Utile\ en\ Entr\acute{e}e}}$$

I.1.2.Consommation mondiale de l'énergie

La production mondiale de pétrole s'établit à 95,62 millions de barils par jour soit presque 1107 barils par seconde. En 2014, les Etats-Unis sont devenus les premiers producteurs mondiaux grâce au pétrole de schiste. Depuis 2002, la demande mondiale de pétrole augmente plus vite que l'offre, due principalement aux hausses de la demande asiatique (Chine, Inde).[2]

Le graphique ci-dessous représente l'évolution de la consommation mondiale d'énergie primaire répartie entre les différentes énergies, et en superposition la courbe des émissions

énergétiques de CO_2, avec une échelle adaptée. Les unités sont le million de tonne équivalent pétrole (Mtep) et le million de tonnes(Mt) de CO_2

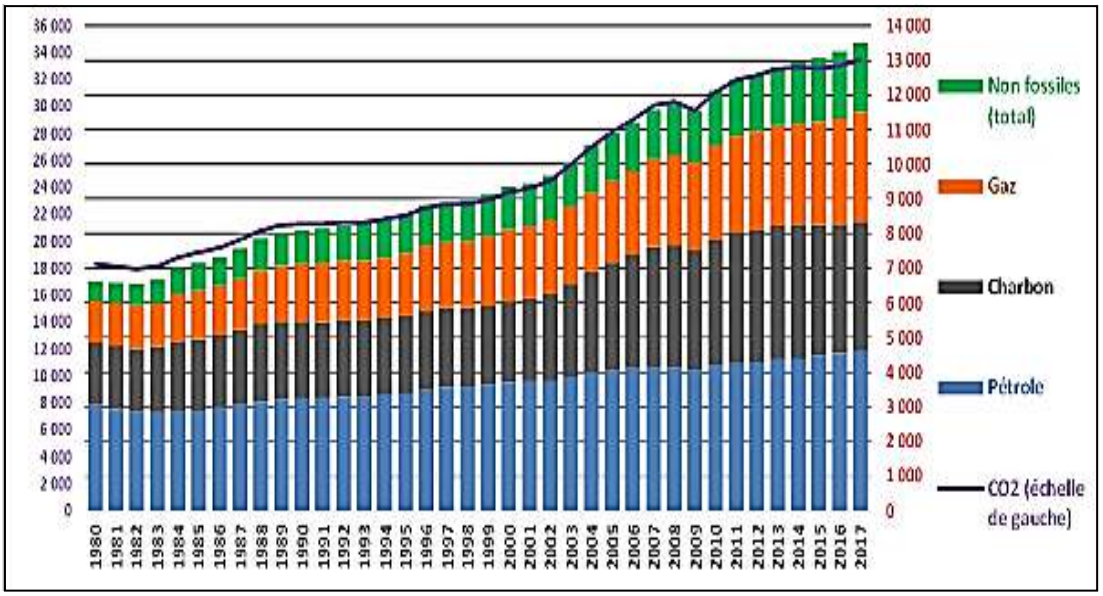


Figure I.1: Monde enter; Consommation d'énergie(millions de tonnes équivalent pétrole)et émissions de co2[2]

Les émissions de CO_2 sont calculées par BP à partir des consommations d'énergies fossiles déclarées par les pays. Comme ces énergies sont très prépondérantes dans le « mix énergétique », il y a quasi-coïncidence entre la courbe des émissions de CO_2 et le total de la consommation d'énergie (aux échelles près évidemment). Toutefois, un décrochement est observable à partir de 2013, en raison du recours accru aux nouvelles énergies non fossiles, notamment les énergies intermittentes éolienne et solaire.[2.3]

En complément, voici le détail de l'évolution des énergies non fossiles (donc réputées non émettrices de CO_2), qui sont utilisées en quasi-totalité pour produire de l'électricité

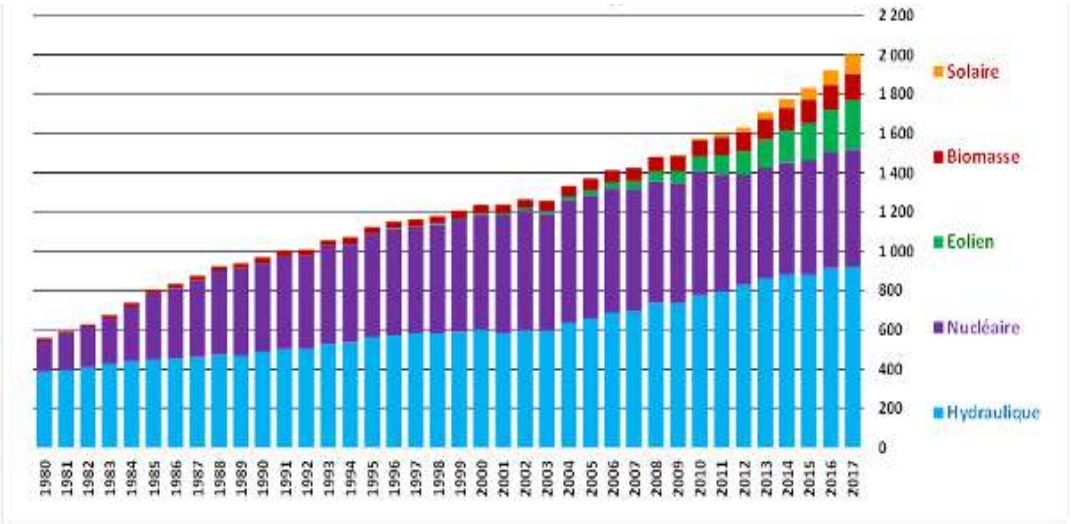


Figure I.2: Monde enter; Consommation d'énergie non fossiles(millions de tonnes équivalent pétrole) [2]

La répartition entre les différentes énergies s'est progressivement modifiée au fil des années. L'**année 1990** étant habituellement considérée comme référence, il est intéressant de comparer la répartition des énergies de 1990 avec celle de 2017. Pendant ces 27 années, la consommation d'énergie est passée de 8 100 Mtep à 13 500 Mtep, elle a donc été multipliée par 1,66.

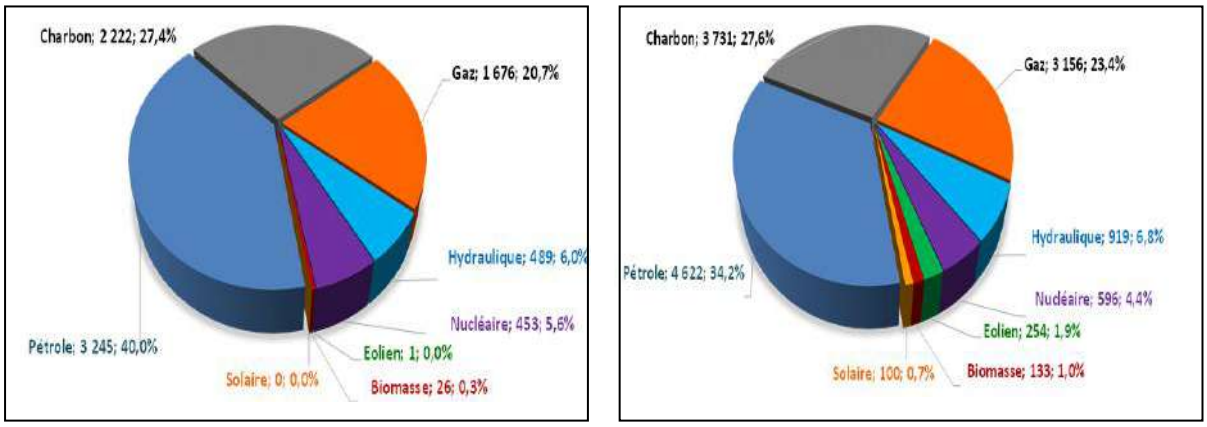


Figure I.3:Répartitionde la Consommation d'énergie mondiale année(1990_2017)[2]

L'augmentation importante de la consommation n'a pas entraîné de bouleversement dans la répartition entre les types d'énergies. La différence entre ces deux graphiques ne saute pas aux yeux :le charbon a conservé sa part de marché et l'ensemble pétrole + gaz n'a perdu que 3 points (de 61% à 58%). Tout se passe comme si les énergies intermittentes avaient surtout grignoté la part de l'hydraulique et du nucléaire.

Dans le même temps, les émissions de CO_2 sont passées de 21,3 à 33,4 millions de tonnes, elles ont donc été multipliées par 1,57 donc un peu moins que la consommation d'énergie.[2.3]

I.1.2.1.La consommation mondiale d'électricité

La consommation mondiale évolue sur un rythme de +2% depuis trois ans, portée essentiellement par le dynamisme économique et l'électrification de l'Asie – il s'agit de la Chine pour plus de la moitié, puis de l'Inde, l'Indonésie, Malaisie et Thaïlande. ∘ l'opposé, la faible croissance économique et les progrès de l'efficacité énergétique permettent aux pays de l'OCDE de maîtriser leur consommation depuis plusieurs années, 2016 et 2017 s'inscrivant dans cette tendance (-1% aux USA, -0,7% dans l'UE en 2017, après des taux similaires en 2016)[4].

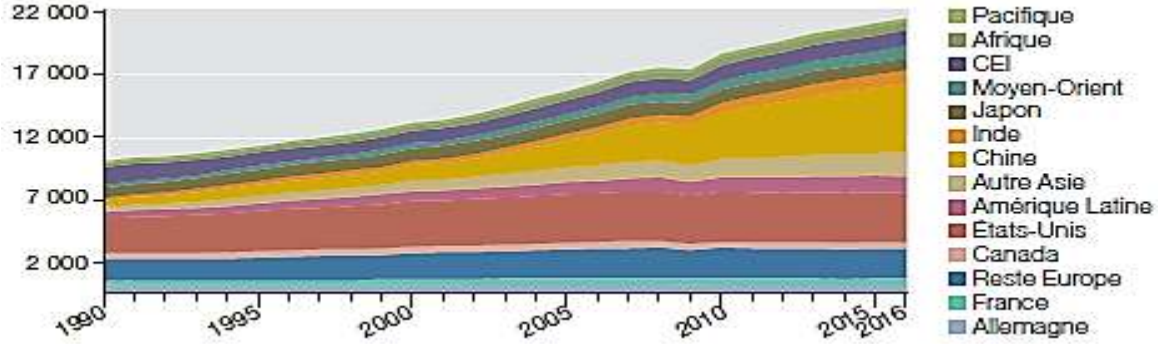


Figure I.4 Evolution de la consommation d'électricité dans le monde entre 1990 et 2016 (EN TWH) [4].

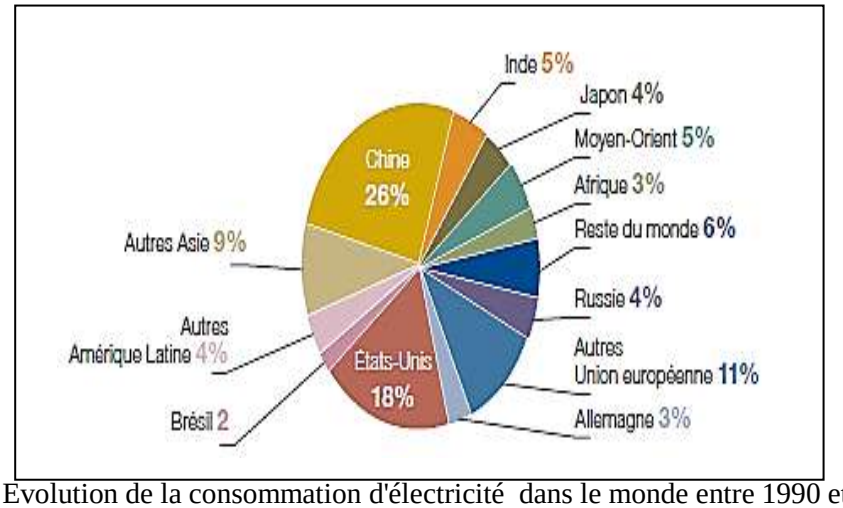


Figure I.5 Evolution de la consommation d'électricité dans le monde entre 1990 et 2016 [4].

I.1.3.Consommation nationale d'énergie

L'Algérie, pays producteur et exportateur de pétrole et de gaz a connu une nouvelle politique nationale des hydrocarbures. L'état a permis le financement d'un vaste programme industriel, social et économique [5].

La forte demande actuelle de consommation énergétique en Algérie est due principalement à l'augmentation du niveau de vie de la population et du confort qui en découle, ainsi qu'à la croissance des activités industrielles [6].

I.1.3.1.Evolution des différents agrégats

La consommation nationale d'énergie (y compris les pertes) a atteint 59,6 M Tep en 2017, reflétant une hausse de 2,1% par rapport à 2016, tirée essentiellement par celle de la consommation finale (+4,1%).

A l'inverse, la consommation non énergétique et celle des industries énergétiques ont connu des baisses respectives de (-19,5%) et (-5,1%).[07.08]

Tableau I.1: Consommation nationale par agrégat

Unité: K Tep	2016	2017	Evolution	
			Quantité	(%)
Consommation Finale	42883	44646	1769	4,1
Consommation non-énergétique	4330	3486	-844	-19,5
Consommation des industries énergétique	7439	7057	-382	-5,1
Pertes	3690	4394	-704	19,1
Consommation Nationale	58341	59582	1241	2,1

La structure de la consommation nationale par agrégat, est illustrée dans le graphe ci-dessous:

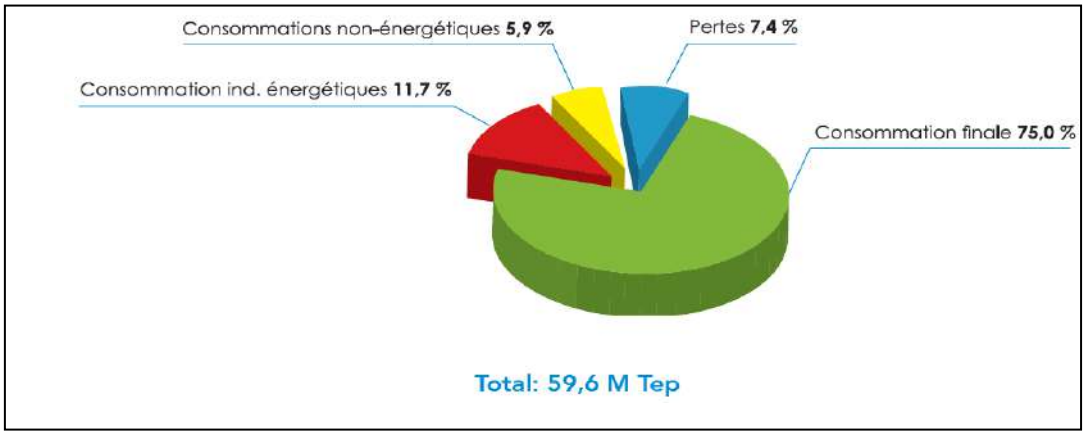


Figure I.6: Structure de la consommation nationale d'énergie

I.1.3.2.Consommation des industries énergétiques

La consommation des industries énergétiques regroupe celles des industries de transformation et de transport (raffineries, centrales électriques, unités GNL & GPL, Oléoducs et Gazoducs). Sa part est de près de 12% de la consommation nationale.

Elle a atteint un volume de 7,1 M Tep, en baisse (-5,1%) par rapport à 2016, en raison notamment de la réduction de près de 0,5 milliard m3 des autoconsommations de gaz naturel dans les unités de liquéfaction.**[7.8]**

Tableau I.2 : Consommation des industries énergétiques

Unité: K Tep	Unité	2016	2017	Evolution	
				Quantité	(%)
Pétrole brut	K Tep	558	498	-60	-10.8
	K Tonnes	506	451		
Gaz naturel	K Tep	5007	4559	-448	-8.9
	$10^6 m^3$	5298	4825		
Electricité	K Tep	1856	1984	129	6.9
	GWh	7777	8430		
Autres (GPL)	K Tep	3690	4394	-2	-12.3
	K Tonnes	15	13		
TOTAL	K Tep	7439	7057	-382	-5.1

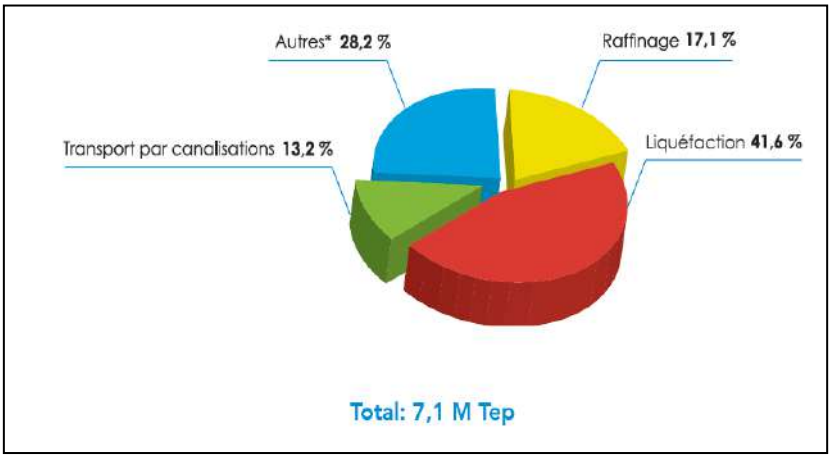


Figure I.7 : Structure de la consommation des industries énergétiques

I.1.3.3.La consommation de l'électricité en Algérie 2017

La consommation de l'énergie électrique a connu une hausse de 10% en 2017, comparé à l'année 2016, selon la revue « Algérie énergie » éditée par le ministère de l'Energie.

Une consommation estimée à 60 GWh, selon la revue du ministère qui indique que cette tendance haussière est tirée surtout par la demande des clients de la haute tension, qui a augmenté de 20%.

Le document du ministère fait savoir aussi que la demande en énergie électrique continue d'enregistrer des pics durant la saison estivale. Elle a atteint en 2017 une forte hausse de plus de 11 %, avec un pic de 14,2 GW, par rapport à l'été 2016 qui a enregistré, quant à lui, un pic de 12,8 MW.

En ce qui concerne le gaz naturel, la même revue indique que la consommation nationale a atteint 40,4 milliards m3 en 2017, soit une croissance de 2,8 % par rapport à 2016. Cette demande est tirée surtout par la hausse de la consommation des centrales électriques avec 8,4% et l'accroissement du nombre de la clientèle de gaz naturel estimé à 7%, explique le document.

La revue du ministère relève que la réception de nouvelles centrales électriques et l'extension des réseaux d'électricité et de gaz, en 2017, ont porté leurs fruits. Les capacités additionnelles des nouvelles centrales ont enregistré une croissance de 2,6%. Elle a atteint 19 500 MW en 2017, contre 18 971 MW en 2016.

Concernant la production de l'électricité, elle a atteint 75 TWh en 2017, soit un rythme annuel de 7,5%, indique la revue.

En matière d'énergies renouvelables, poursuit le document, les réalisations de l'année 2017 ont été marquées par la mise en service de quatre (04) nouvelles centrales d'une capacité globale de près de 123 MW.

Par ailleurs, la revue nous informe que le nombre d'abonnés pour l'électricité a enregistré une croissance de 4%, avec 9,2 millions de clients, et de 7% pour le gaz avec 5,3 millions d'abonnés, par rapport à 2016. Ce qui porte le taux de raccordement pour l'électricité à plus de 99% et pour le gaz naturel à 57%, selon la revue.**[9.10]**

I.1.4.La consommation énergétique à Ouargla

Le potentiel énergétique à Ouargla est assuré par deux réseaux. Le premier est le réseau électrique de 2935,221 Km avec un taux moyen d'électrification de 98%. Le second réseau est celui du gaz naturel de 819,648 Km avec un taux de branchement de 74% [11].

I.1.4.1.Evolution de la consommation électrique

D'après les statistiques de la société Nationale de l'électricité et du gaz unité d'Ouargla, la consommation électrique annuelle à Ouargla est en perpétuelle croissance. Les histogrammes de la (**Figure I.8**) montrent l'évolution de la consommation annuelle passant de865 762 022KWh en 2015, arrivant à1 036 649 300 KWh en 2018.Soit une augmentation de 170 887 278KWh en quatre(04) ans.

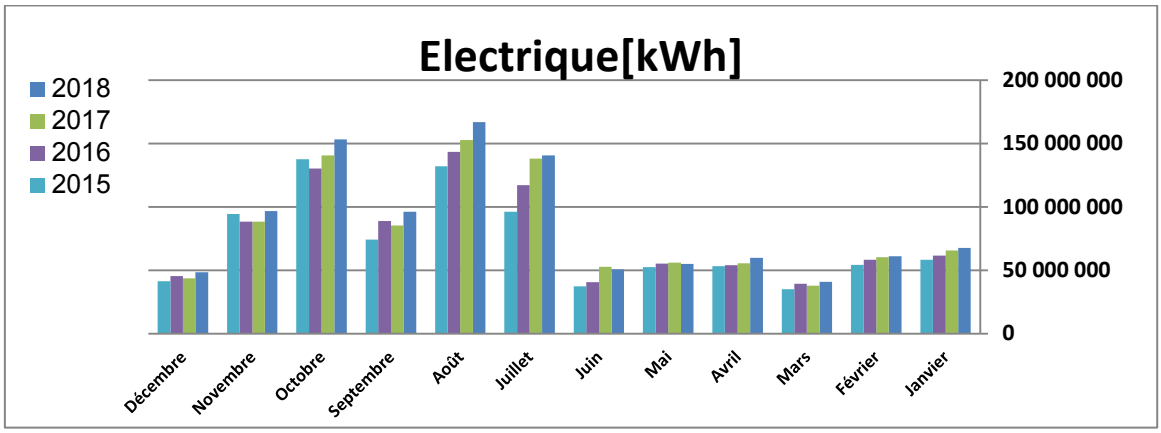


Figure I.8*:* Evolution de la consommation électrique à Ouargla dans le secteur résidentiel (Sonalgaz 2015-2018)

I.1.5.Bilan énergétique 2017 : La consommation interne en hausse

Une courbe toujours ascendante qui engloutit une part importante de la production destinée à l'export, et qui évolue beaucoup plus rapidement que les capacités de production d'hydrocarbures en déclin depuis 2014. La Sonatrach, a souligné à plusieurs reprises, en s'exprimant sur le sujet, que la majorité de ce qui sera découvert et produit dans les années à venir «servirait à peine à couvrir la consommation intérieure».

Pour Sonatrach, les perspectives sont toutefois moins sombres au vu des projets gaziers d'envergure réceptionnés ou en cours de l'être. Il s'agit du projets de Timimoun avec 5 millions de mètres cubes/an réceptionné en mars 2018, du champ de Reggane Nord qui totalise 8 millions de mètres cubes/an, et du champ de Touat d'une capacité de 12,8 millions de mètres cubes de gaz annuellement.

Il faut savoir que l'Algérie a produit 100 milliards de mètres cubes par jour de gaz en 2017, dont 55 milliards de mètres cubes/jour ont été exportés, alors que le reste a servi à combler la demande interne.

Si la voracité des consommateurs a été tempérée pour les produits pétroliers en 2017, grâce aux taxes introduites dans le cadre de la loi de finances, il en est autrement pour le gaz et l'électricité dont la hausse de consommation continue de peser sur les capacités d'exportation de l'Algérie.

Ainsi, selon le bilan du secteur pour 2017, la consommation nationale d'énergie a connu une hausse modérée (+1,5%) pour atteindre 57 millions de tonnes équivalent pétrole (tep), tirée essentiellement par la consommation de gaz naturel (+3%), alors que celle des produits pétroliers a baissé (-1,2%).

Pour le gaz naturel, la consommation nationale a atteint 40,4 milliards de mètres cubes en 2017, soit une croissance de +2,8% par rapport à 2016. La demande est tirée surtout par les enlèvements de Sonelgaz (+7,8%) avec la hausse de la consommation des centrales (+8,4%) et de sa clientèle de gaz naturel (+7%).

Pour l'électricité, la consommation a connu une hausse de 10% comparativement à l'année 2016 pour se situer à 60 GWh. Elle a été tirée surtout par la demande des clients de haute tension, avec une hausse de +20%. La demande continue d'enregistrer des pics en termes de puissance maximale appelée (PMA), durant la saison estivale.

Elle a atteint en 2017 un pic de 14,2 GW, en forte hausse (+11%) par rapport à la pointe de l'été 2016 qui fut de 12,8 MW, selon ce qu'indique la revue Energie éditée par le ministère.**[12]**

I.2. Confort et Climat

I.2.1.Le confort

I.2.1.1.Définition du confort thermique

Le confort thermique a été défini comme l'état satisfaction vis-à-vis de l'environnement thermique établi par échange thermique entre le corps et son environnement**[13].**

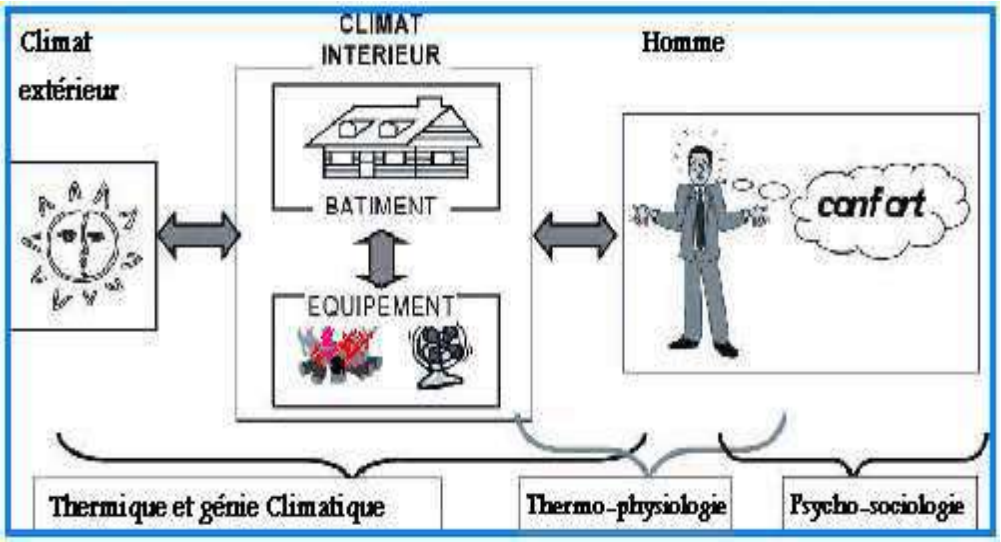


Figure I.9: Enchaînement des divers phénomènes intervenant dans les caractéristiques du confort thermique **[13].**

I.2.1.2.La notion de confort thermique

Le confort thermique est une notion qui à l'heure actuelle fait encore l'objet de nombreuses recherches. Il est défini consensuelle ment comme « une condition de l'esprit qui exprime une satisfaction avec l'environnement thermique qui l'entoure ».

Cette notion de confort, évolutive dans le temps, est principalement définie par sa négative: l'inconfort et varie selon les géographies et les sociétés.

Le confort thermique a deux composantes le confort « global » et le confort « local ». Le confort « global » concerne les conditions environnementales et le confort « local» est associé aux non uniformités proches du corps humain.

La difficulté majeure est de caractériser une sensation humaine par une valeur numérique sachant que le confort thermique est une notion très complexe faisant intervenir des facteurs physiques, physiologiques et psychologiques…**[14]**

On peut le résumer comme :

Confort thermique =Equilibre entre l'homme et l'ambiance

I.2.1.3.Les variables principales du confort global

Le confort global dépend de 4 variables environnementales :

- Température de l'air
- Température radiante moyenne
- Vitesse de l'air
- Humidité de l'air

Il dépend aussi de 2 variables physiologiques :

- L'activité (ou métabolisme)
- La vêture

I.2.1.4.Principaux facteurs d'inconfort local :

- Les mouvements d'air
- Un gradient vertical de température
- Une asymétrie de température radiante
- La température de sol

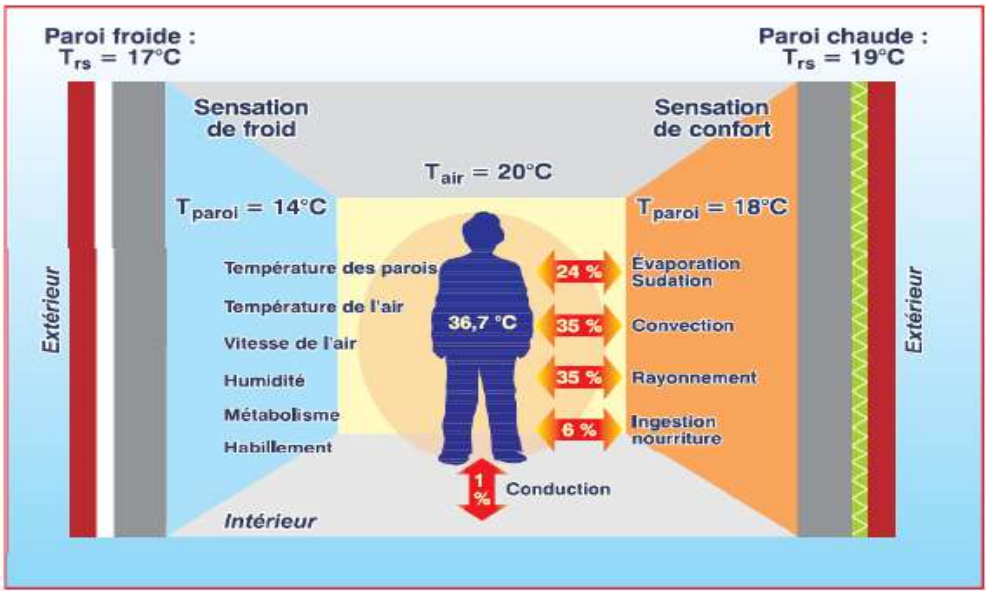


Figure I.10: Les échanges thermiques du corps humain. [15]

I.2.1.5.les différents types de confort

I.2.1.5.1.Le confort dans l'habitat

'un des rôles de l'habitat 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 régler les échanges de chaleur avec son environnement. La notion du confort thermique dans un bâtiment est reliée non seulement à la qualité des ambiances intérieures, mais aussi à la quantité d'énergie à fournir par les équipements. Dans les milieux bâtis, le confort thermique constitue une exigence essentielle à laquelle le concepteur doit apporter les réponses nécessaires. Le choix des caractéristiques thermiques de la construction et de ses équipements a pour but de réaliser, hiver et été, le confort thermique de l'occupant. Ce confort est défini par un certain nombre d'exigences. L'énoncé des exigences devrait être fait sous forme de combinaisons de valeurs de tous les facteurs qui caractérisent l'ambiance : la température de l'air, les températures radiantes (température des parois d'enceinte), la vitesse de l'air, l'humidité de l'air et la température du sol [16].

I.2.1.5.2.-Définition du « confort visuel»

D'après le Syndicat de l'Eclairage de France, le *confort visuel* fait référence aux« conditions d'éclairage nécessaires pour accomplir une tâche visuelle déterminée sans entraîner de gêne pour l'oeil». [17]

Selon L. MUDRI, il implique « l'absence de gêne qui pourrait provoquer une difficulté ,une peine et une tension psychologique, quel que soit le degré de cette tension ». [17]

Quant à l'association Haute Qualité Environnementale, elle définit le « *confort visuel*»comme la dixième cible du projet de bâtiment de Haute Qualité Environnementale. Ses exigences élémentaires en matière d' éclairage sont les suivantes :

- éclairage naturel optimal en terme de confort et de dépenses énergétiques.
- éclairage artificiel satisfaisant et en appoint de l'éclairage naturel.
- relation visuelle suffisante avec l'extérieur.

Le confort visuel, cible importante pour un établissement d'enseignement, est largement fonction des apports d'éclairage naturel qui procure une meilleure qualité de lumière, tant au niveau physiologique que psychologique, qu'un éclairage électrique. [17.18] .

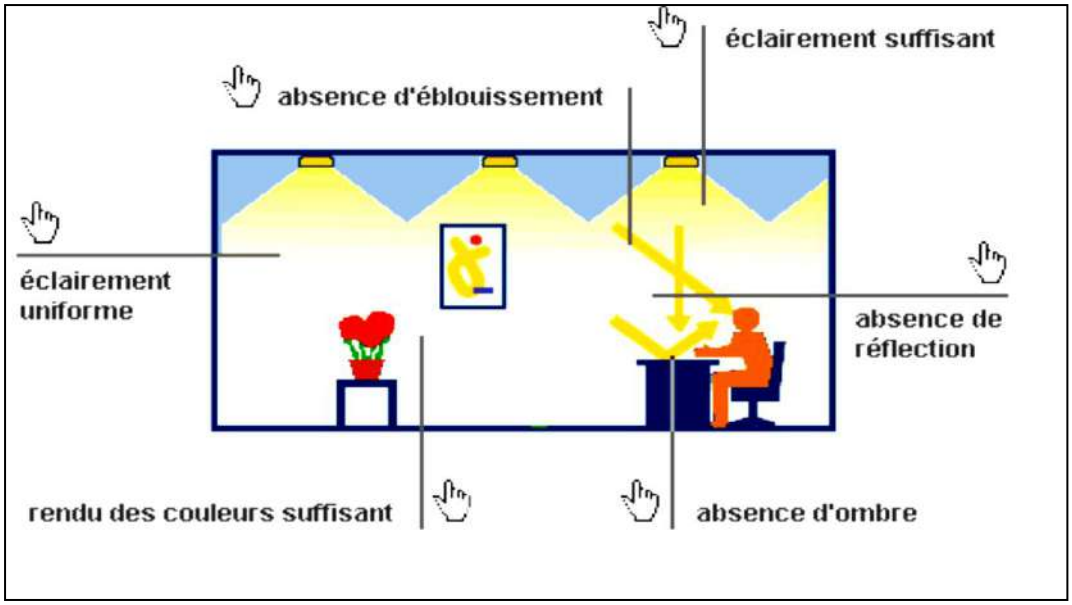


Figure I.11: Eléments du confort visuel.[19]

I.2.1.5.3.Confort acoustique

Le confort acoustique dépend de la dynamique sonore, c'est-à-dire de l'émergence du son sur le bruit de fond.

Le confort acoustique peut être défini comme la sensation de gêne assurée par l'environnement sonore d'un individu ou d'un groupe d'individus, dont les éléments sont : l'intensité des sons, la propagation et les temps de réverbération, la durée, la nature et le contexte (notion d'acceptabilité sociale des bruits) [6,20].

I.2.1.5.4.Le confort tactile

Il dépend essentiellement des températures de surface avec lesquelles il peut y avoir un contact direct et fréquent avec la peau. C'est notamment le cas des sols. Le confort est bon lorsque la température de paroi n'est ni trop froide ni trop chaude. Les ponts thermiques qui provoquent des zones froides en hiver et des zones chaudes en été doivent être évités. Les **systèmes de chauffage** par le sol doivent limiter les températures des sol.

Les matériaux de finition doivent être faiblement conducteurs, comme les planchers bois, afin de limiter les **écarts detempérature** lorsque la **qualité thermique** est insuffisante. Ils doivent être plutôt conducteurs, afin d'**homogénéiser lestempératures**, comme le carrelage par exemple, lorsque les qualités thermiques sont bonnes comme dans les maisons passives. Dans ces constructions le confort tactile est amélioré du fait que les parois ont des températures trèsproches de celles de l'air et marcher pieds nus sur un sol de béton n'est plus systématiquement inconfortable.[21].

I.2.2.Le climat

I.2.2.1.Définitions

Le climat, C'est un terme technique pour désigner la température de l'air et les précipitations comme la pluie, la grêle ou la neige.et ensemble des phénomènes météorologiques qui caractérisent l'atmosphère et son évolution en un lieu donné.

I.2.2.2.Un changement climatique

Ou dérèglement climatique, correspond à une modification durable (de la décennie au million d'années) des paramètres statistiques (paramètres moyens ,variabilité) du climat global de la Terre ou de ses divers climats régionaux. Ces changements peuvent être dus à des processus intrinsèques à la Terre, à des influences extérieure sou, plus récemment, aux activités humaines. **[22]**

Dans les travaux du **GIEC**, le terme « changement climatique » fait référence à tout changement dans le temps, qu'il soit dû à la variabilité naturelle ou aux activités humaines. **[23]**

Le changement climatique anthropique est le fait des émissions de gaz à effet de serre engendrées par les activités humaines, modifiant la composition de l'atmosphère de la planète**[3]**. À cette évolution viennent s'ajouter les variations naturelles du climat.

Au contraire, dans la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques ,le terme désigne les changements dus aux activités humaines. La Convention-cadre utilise le terme « variabilité climatique » pour désigner les changements climatiques d'origine naturelle. **[24]**.

I.2.2.3.**Classification des climats:**

I.2.2.3.1**Classification du climat dans le monde :**

Les climats dans le monde La climatologie est une science récente qui donne une description et une explication de la répartition des climats. La classification la plus fréquente admise est celle de Vladimir Koppen, météorologue soviétique du début du siècle ; elle est établie d'après des seuils thermiques et pluviométriques (figureI-11) :

Koppen divise le monde en 05 grandes zones climatiques qu'il symbolise chacune par une lettre de l'alphabet [25].

Type A : est le climat Tropical Humide : caractérisé par de fortes précipitations et une température toujours supérieure à 18°C .Parfaitement représenté au niveau de l'équateur, se dégrade au fur et mesure que l'on se rapproche des tropiques jusqu'à devenir un climat aride.

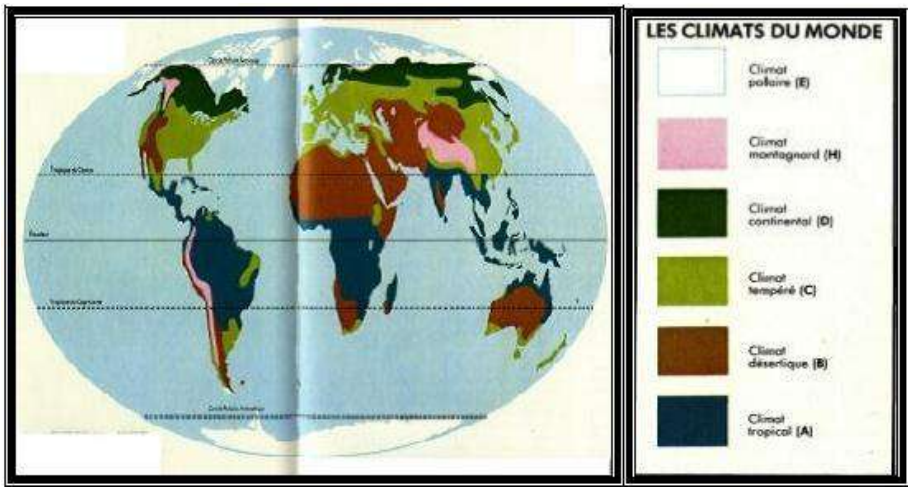
Type B : est le climat Désertique : Le total des précipitations annuelles est inférieur à 250 mm, la chaleur très forte et l'évaporation intense. Supérieure à –3°C, le plus chaud supérieur à 18°C. Ce climat connaît quatre saisons bien tranchées.

Type D : est le climat Continentale : froid avec de long hivers neigeux ; la température moyenne du mois le plus froid est inférieure à –3°C mais la température moyenne du mois le plus chaud est à peine supérieure à 10°C.

Type E : est le climat Polaire: la température moyenne du mois le plus chaud est toujours inférieure à 10°C.

Type H : est le climat de Montagne en raison de l'altitude, des données comparables à celles du climat polaire.

Type C : est le climat Tempéré : en général celui des régions comprises aux latitudes moyennes ; les critères sont une amplitude thermique annuelle modérée, une moyenne du mois le plus froid



FigureI-12: Classification des climats selon KÖppen. [25].

I.2.2.3.2.Le climat des zones arides et semi-arides

Le groupe des climats secs et chaudes ou désertiques rassemble on fait toutes les zones arides ou semi-arides situées de part et d'autres des deux tropiques 15° et 35° Nord et Sud de l'équateur. Ce sont des déserts chauds et leur localisation correspond à celle des zones anticycloniques subtropicales au-dessus des continents. C'est sur le continent africain que l'on trouve la majeure partie des régions rattachées à ce climat : de la Mauritanie et l'Egypte (ce qui inclut donc l'ensemble de la zone saharienne ainsi qui ses bordures, le «sahel», Nord et Sud). S'ajoutant la péninsule Afrique le Pakistan.

Enfin, plus au Nord, ce groupe est représenté en Asie centrale par la ceinture de déserts froids s'étendant de la mer caspienne pratiquement jusqu'à pékin **[25].**

I.2.2.4.Les éléments du climat

a. Le rayonnement solaire

Les rayons du soleil peuvent être directs ou indirects: ils affectent le bâtiment soit directement en pénétrant de l'intérieur par les ouvertures et en chauffant les pièces, soit indirectement en absorbant les murs extérieurs du bâtiment.

b. La température

La température de l'air est liée à l'ensoleillement, l'altitude et latitude. La température varie fortement entre les zones exposées ou à l'ombre, le jour et la nuit, le type de sol, le vent …etc. La température de l'air intervient sur l'évaporation, le rayonnement et le mouvement des masses d'air. La capacité de réchauffement et de refroidissement de la surface de la terre est une facture important déterminant la température de l'air [26].

I.2.2.4.3.L'humidité

L'atmosphère, de par sa nature, contient une certaine quantité de vapeur d'eau qui provient de l'évaporation des surfaces et broie les plantes. La température de l'eau que l'air peut contenir est l'une des fonctions de la température, car l'humidité influence sa sélection et la durée de vie du matériau.

c. Les précipitations

Une masse d'air suffisamment humide dépassera, en se refroidissant, la quantité d'eau qu'elle peut contenir, et cet excédent condense en brouillard, pluie, etc….. . La fréquence et la quantité de précipitations sont deux données importantes pour l'habitat et le choix des matériaux [26].

d. Les vents

Les vents sont des courants crées par la différence entre zone de haute et de basse pression. La rotation de la terre engendre la direction des vents. Les vents peuvent aussi être générés par la différence de température entre deux surfaces (terre-eau) .

I.2.2.5.Le cas de l'Algérie

L'Algérie est un pays de la zone subtropicale du Nord-africain. Son climat est très différent entre les régions (Nord-Sud, Est-Ouest). Il est de type méditerranéen sur toute la frange nord qui englobe le littoral et l'atlas tellien (étés chauds et secs, hivers humides et frais), semi-aride sur les hauts plateaux au centre du pays, et désertique dès que l'on franchit la chaine de l'atlas saharien.

En Algérie les précipitations sont caractérisées par une variabilité spatio-temporelle très marquante.

La tranche de pluie annuelle décroit à mesure que l'on avance vers le sud et tombe à moins de 100 mm au sud de l'atlas saharien, cette valeur étant habituellement considérée comme marquant le début du désert. A la décroissance des pluies du Nord au Sud se superpose une décroissance de l'Est à l'Ouest.

Les bordures Nord Centre et Est reçoivent en moyenne des quantités annuelles de précipitations variant entre 600 et 1150 mm. Elles sont de ce fait plus arrosées que le reste du pays. Les bordures Nord-Ouest par exemple enregistrent des totaux annuels moyens de l'ordre de 250 à 500 mm (voir carte pluviométrique annuelle de l'Algérie du Nord **[27]**.

I.2.2.6.Analyse climatique de la ville de Ouargla

.a.Présentation de la Ville

La ville de Ouargla est située au Sud-est de l'Algérie, à une distance de 800 km d'Alger. La wilaya d'Ouargla couvre une superficie de 211980 km2. Elle se trouve dans le Nord-Est de la partie septentrional du Sahara (5° 19' longitude Est, 31°57' latitude Nord). Elle se trouve à une altitude de 157 m. La ville de Touggourt est située au Sud-est nord de Ouargla à une distance de160 km de wilaya et620 km d'Alger . La ville de Touggourt couvre une superficie de 481km2. Elle se trouve à une altitude de70 m [28].

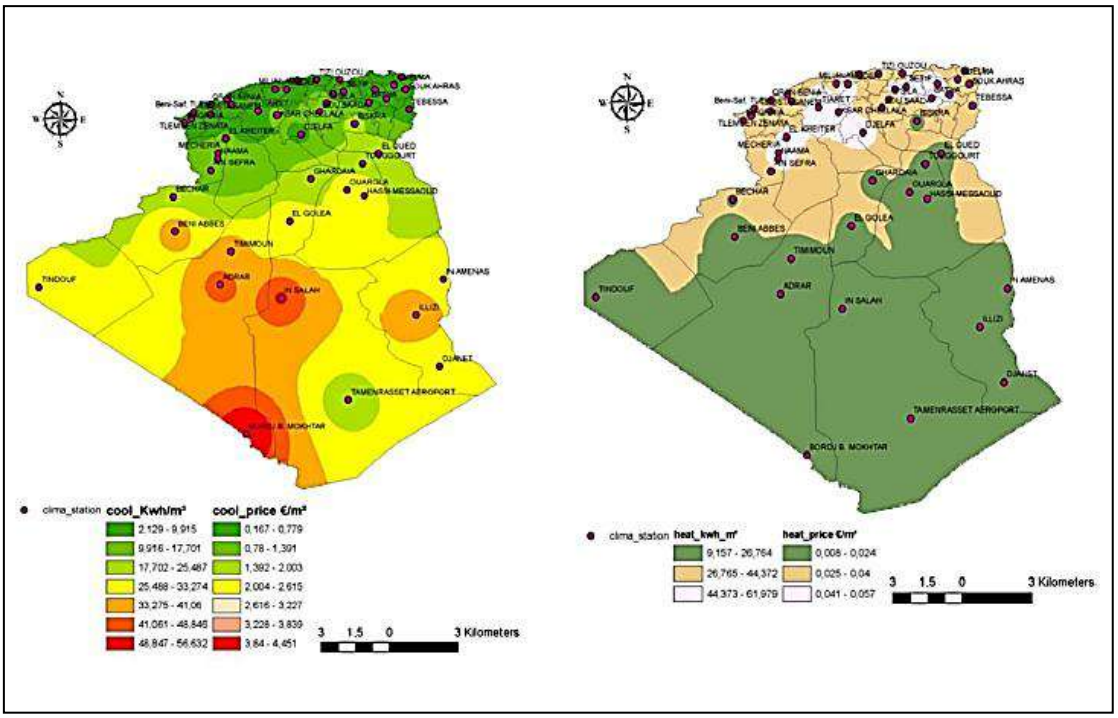


Figure I.13 : Les zones climatiques en Algérie[26].

I.2.2.7.Classification climatique

D'après la classification zonale dans la **figure I.13**«la ville objet de l'étude est située dans la zone climatique d'hiver H3c et la zone climatique d'été E4» La situation d'Ouargla, dans une zone limitée au sud par le Sahara avec son climat aride et, lui permet d'avoir des caractéristiques spécifiques.

- Un été plus chaud et sec, ou l'écart de température est important.
- Un hiver froid et sec, avec un écart de température important.

Conclusion

L'art de bâtir en prenant en compte l'influence des facteurs climatiques n'est pas une invention du 20éme siècle. L'architecture bioclimatique se distingue de l'architecture conventionnelle par le fait que l'exploitation de l'énergie solaire est intégrée dans la conception du bâtiment, cette conception permet de diminuer considérablement les besoins de chauffage et de climatisation. Cependant pour minimiser ces dépenses énormes en matière de consommation énergétiques, (Chauffage, climatisation), on doit adapter l'habitation aux éléments du climat.

Le secteur résidentiel est la plus consommateur d'énergie il présente 28% de la consommation finale dans le monde, et 42% à l'échelle national .

La consommation d'énergie électrique dans la ville d'Ouargla dans la période d'été est plus importante par rapport à la période d'hiver. La consommation d'énergie par les équipements de CVC (chauffage, ventilation et climatisation) dans les bâtiments varie de 16 à 50% de la consommation totale d'énergie.

Chapitre II

L’isolation thermique des bâtiments

Introduction

Dans ce chapitre, nous donnons brièvement quelques rappels sur les différents modes de transfert de chaleur par conduction, par convection et par rayonnement rencontrés généralement dans le bâtiment. Dans ce chapitre nous donnons aussi les types d'isolation thermique dans les bâtiments, et les différents matériaux d'isolation.

II.1.La définition des Transfert de chaleur

Le transfert thermique peut être défini comme la transmission de l'énergie d'une région à une autre sous l'influence d'une différence de température. Il est régi par unecombinaison de lois physiques. La littérature traitant du transfert de chaleur reconnait essentiellement trois modes de transmission thermique : la conduction, la convection et le rayonnement **[30].**

II.1.2.Les modes des Transfert de chaleur

On distingue habituellement trois modes de transfert de chaleur :

II.1.2.1 Transfert par conduction

La conduction est le moyen par lequel la chaleur circule de proche en proche dans un matériau ou passe d'un corps à un autre en contact physique direct, par simple interaction moléculaire. Les molécules du secteur le plus chaud se heurtent vivement entre elles et transmettent leur énergie de vibration aux molécules voisines.

Le flux de chaleur va toujours des zones chaudes vers les zones froides. Lorsque les molécules s'échauffent à la surface d'un corps sous l'effet du rayonnement solaire, elles transmettent cette chaleur aux molécules voisines, et de proche en proche, la chaleur captée se répartit dans toute la masse du corps, jusqu'à équilibre thermique.

La vitesse de progression du flux de chaleur à travers un corps, sa conductivité thermique, dépend de l'aptitude de ses molécules et de ses électrons à recevoir et à transmettre la chaleur. Par exemple, un métal paraîtra plus froid au toucher qu'un morceau de bois, pourtant à la même température. Cela tient au fait que le métal a une conductibilité plus élevée et que la chaleur s'écoule de la surface vers l'intérieur plus rapidement que dans le bois. La sensation de froid est d'autant plus intense que la chaleur retirée de la main vers le métal par conduction est plus importante.

Les gaz sont généralement de mauvais conducteurs. Aussi, les matériaux comportant déminés cules cellules d'air en grand nombre sont habituellement de mauvais conducteurs et donc de bons isolants. Les matériaux d'isolation utilisés dans la construction illustrent bien cela, ils renferment une multitude de petits espaces d'air et se caractérisent par leur légèreté **[31].**

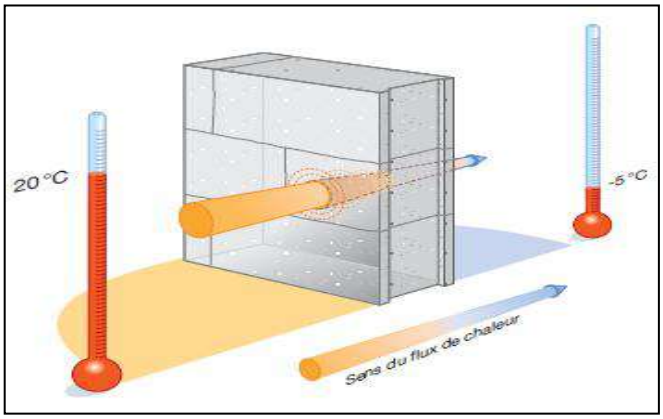


Figure II.1: Transfert de chaleur par conduction**[44].**

II.1.2.2. Transfert par 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 du 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**[30].**

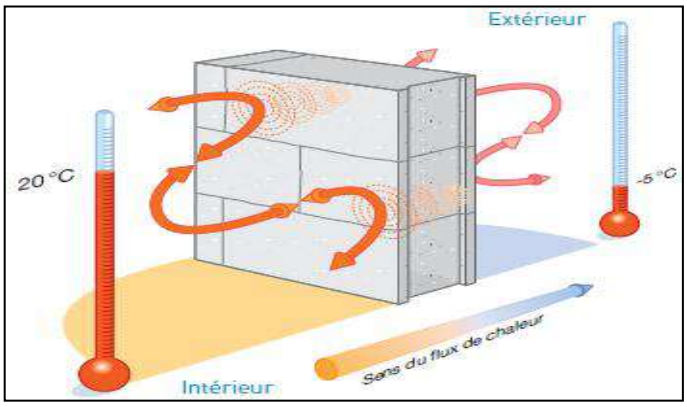


Figure II.2: Transfert de chaleur par convection[44].

II.1.2.3. Transfert par 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 **[32].**

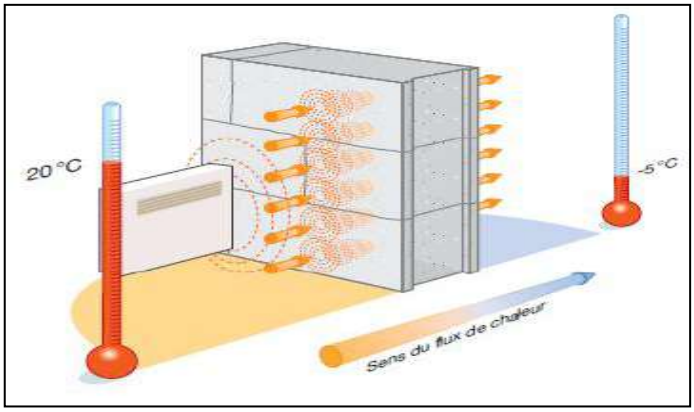


Figure II.3.Transfert de chaleur par rayonnement**[44] .**

II.2. Notions thermiques

II.2.1. Flux thermiques

Le flux thermique est la quantité d'énergie thermique qui traverse une surface isotherme par unité de temps **[32].**

$q = \frac{\partial Q}{dt}\ (W)$…….. (1.1)

II.2.2. Conductivité thermique

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 **[33].**

$\lambda = q\frac{e}{\Delta T}\ (W/m.K)$ ……. (1.2)

II.2.3. Résistance thermique

La résistance thermique (notée R) correspond a la capacité d'un matériau a 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**) [33].**

$R = \frac{e}{\lambda}(m^2.K/W)$ …… (1.3)

II.2.4. Le coefficient de transmission calorifique

Le coefficient de transmission calorifique (notée *U)* caractérise les déperditions thermiques d'un matériau ou d'une paroi. C‘est l‘inverse de la résistance thermique (*R*) **[34].**

$U = \frac{1}{R}\ (W/m^2.K)$ …… (1.4)

II.2.5. Capacité thermique massique

On appelle capacité thermique massique *(Cp)* la quantité de chaleur qu‘il faut appliquer à 1kg de matière pour élever sa température de 1K **[34].**

II.2.6. Capacité thermique

La capacité thermique est l‘énergie qu‘il faut apporter à un corps pour augmenter sa température de un 1K. Elle s‘exprime en (J/K). C‘est une grandeur extensive **[34].**

$C = Cp \times m$ …… (1.5)

II.3 Isolation thermique

II.3.1. Définitions

L’isolation thermique est la propriété que possède un matériau de construction pour diminuer le transfert de chaleur entre deux ambiances. Elle permet à la fois de réduire les consommations d’énergie de chauffage ou de climatisation (limite les déperditions en hiver et les apports en été), et d’accroitre le confort (maintien les températures et l’hygrométrie aux niveaux de confort d’été comme d’hiver et règle le problème de parois froides en hiver et chaude en été**) [35].**

II.3.2.Matériau isolant

Substance ou mélange de substances dont les propriétés d’isolation résultent de sa nature chimique et ou de sa structure physique.

II.3.3Système d’isolation thermique

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

II.3.4. Les isolants thermiques

Les isolants thermiques sont essentiellement caractérisés par leur résistance thermique et leur inertie thermique. Ils permettent d'éviter les déperditions ainsi que le phénomène de pont thermique.

II.3.4.1. L'isolation par l'intérieure

Consiste à isoler un bâtiment de l'intérieur en apposant un isolant derrière une cloison maçonnée ou une ossature, procédé le plus utilisé par les constructeurs à cause de sa facilité de mise en œuvre. Son inconvénient est qu'il annule l'inertie thermique de la paroi isolée et n'évite pas les ponts thermiques sur la maçonnerie.

II.3.5. L'isolation par l'extérieur

Consiste à installer l'isolant sur la surface extérieur du mur. Ce souvent la solution la plus couteuse mais aussi la plus performante. Elle constitue la meilleure isolation pour le confort d'été et d'hiver car elle permet de conserver l'inertie thermique forte des murs intérieurs et supprime les ponts thermiques.

Un bon isolant est évidement une mauvaise conducteur de la chaleur. En générale las matériaux les plus légers sont de meilleurs isolants plus le matériau est

dense, plus les atomes sont proches les uns des autres, ce qui signifie que le transfert d'énergie d'un atome à un autre est plus facile.

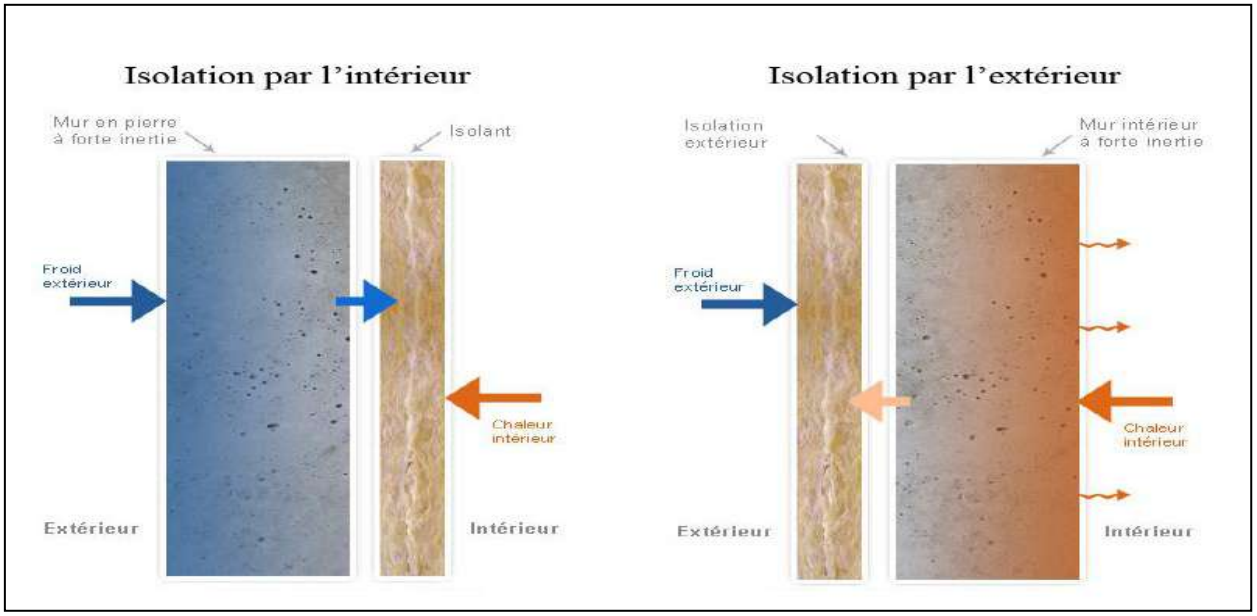


Figure II.4 : Isolation intérieur et extérieur des murs[43].

II.3.5.1. Les avantage de l'isolation thermique

L'intérêt principal de l'isolation thermique c'est qu'elle permet de réduire la dépendance sur les systèmes (mécanique/ électrique) pour exploiter le bâtiment confortablement et, par conséquent, conserve l'énergie et les ressources naturelles associées **[36].**

En plus de confort thermique, il existe également plusieurs autres avantages de l'utilisation d'isolation thermique dans le bâtiment qui peuvent être résumées comme suit **[36].**

II.3.5.2.Avantage économique

Des économies d'énergie importantes peuvent être atteintes à l'aide d'utilisation d'isolation thermique, avec peu de dépenses en capital. Il réduit les coûts d'exploitation de l'énergie.

II.3.5.3.Avantage environnemental

L'utilisation d'isolation thermique non seulement réduit les coûts d'exploitation de l'énergie, mais entraîne également des avantages environnementaux comme la valorisation des déchets rejetés qui causent des émissions polluantes.

II.3.5.4.- Réduire le niveau de bruit

L'isolation peut réduire le bruit nuisible et stressant des espaces voisins ou de l'extérieur. Cela améliore le confort acoustique des bâtiments isolés.

II.3.5.5.Intégrité structurale d'un bâtiment

Les fortes variations de température peuvent causer des mouvements thermiques indésirables, ce qui pourrait endommager la structure du bâtiment. La préservation des bâtiments avec des fluctuations minimales de température contribue à la préservation de l'intégrité des structures de bâtiments. Ceci peut être réalisé par l'utilisation d'une isolation thermique appropriée en augmentant ainsi la durée de vie des structures du bâtiment.

II.3.5.6.Empêchement de condensation de vapeur

Bonne installation de l'isolation thermique aide à prévenir la condensation de vapeur sur la surface de bâtiment. Cependant, il faut faire attention à éviter les effets néfastes de la structure du bâtiment dommageable, qui peuvent résulter de mauvaise installation de

matériaux d'isolation ou une mauvaise conception. En plus, les pare-vapeur sont généralement utilisés pour empêcher la pénétration d'humidité dans un isolant à basse température.

II.3.5.7.Protection contre le feu

Si le matériau isolant approprié est choisi et correctement installé, il peut aider à retarder la chaleur et à empêcher l'immigration de flamme dans la construction en cas d'incendie.

II.4. Les différents types des isolants

En thermique, un isolant thermique est un matériau ayant une faible conductivité thermique. Les principaux matériaux d'isolation disponibles actuellement vous sont présents dans les fiches suivantes, il peut être classé en trois types selon l'origine de leur matière première.

II.5. Les différentes méthodes d'isolation

II.5.1. Toiture

Il est courant d'entendre que dans une maison non isolée, c'est le toit qui est responsable majoritairement des déperditions thermiques. En réalité, tout dépendra de la forme du bâtiment, de la surface du toit par rapport aux murs. On peut néanmoins parler de 20 à 30 % des pertes selon la configuration du toit. Toiture-terrasse, combles aménagés ou combles perdus, les déperditions et les méthodes d'isolation ne seront pas les mêmes.

Si la toiture est déjà un peu isolée ce pourcentage va sensiblement diminuer. Un diagnostic thermique initial permettra de connaître les proportions exactes de déperditions par rapport aux autres parois afin de déterminer les priorités d'amélioration.

Figure II.5 : Méthode isolation toiture.

II.5.2. Murs

L'isolation thermique des murs par l'extérieur (ITE) est une technique utilisée pour isoler les murs d'une habitation par l'extérieur. Alors que l'isolation thermique des murs par l'intérieur (ITI) est plutôt recommandée dans la construction neuve, l'ITE convient idéalement à des chantiers de rénovation.**[37]** .

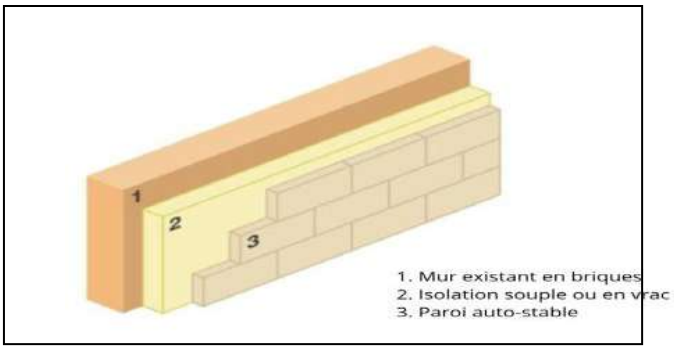


Figure II.6: Méthode isolation un mur.

II.5.3. Fenêtres

La fenêtre est deux fois en tant que point d'isolation thermique, la trame doit être sélectionnée et des fenêtres avec une bonne isolation thermique, ce qui prend en compte le type de trame (bois, plastique, métal).

Figure II.7: méthode isolation fenêtre.

II.5.4. Planchers

Une maison perd de la chaleur par toutes ses parois extérieures. Les pertes par la Planchers peuvent représenter 10% de la facture totale de chauffage refroidissement. En isolant le solpar panneaux isolants, on réduit durablement les dépenses énergétiques.**[37]** .

Figure II.8 : méthode isolation plancher.

II.6. Les Propriétés et performances d'un matériau isolant

Lors d'un choix de matériau d'isolation, il est intéressant, dans une démarche de construction, de ne pas limiter ses critères de choix aux seules performances thermiques du matériau. Le choix d'un isolant devrait se faire sur base des critères suivants:

II.6.1. Propriétés thermiques

Elles sont généralement décrites par des notions telles que la conductibilité thermique (W/m²K). Petit à petit, on tend vers une description intégrant les propriétés de masse des matériaux isolants. Par exemple, on parle de plus en plus souvent de l'effusivité thermique (la racine carrée du produit de la masse volumique, 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 restituer de la chaleur (inertie thermique). Utilisée en combinaison avec la conductibilité thermique, cette grandeur est intéressante lorsque l'on évoque les isolants massifs**[37]** .

II.6.2. Propriétés techniques

Le comportement au feu, la perméabilité à la vapeur d'eau, le comportement à l'humidité, le type de mise en œuvre, la stabilité dans le temps, l'isolation acoustique**[39]**.

II.6.3. Propriétés environnementales

Impact énergétique de la production, du transport, risques pour la santé, maintenance, traitement en fin de vie (recyclage) etc. Ces propriétés sont identifiables par des données centralisées tels que les écobilans. Ces derniers mettent en avant les résultats d'analyse de différents impacts environnementaux relatifs aux produits de construction. L'analyse des impacts est transversale, elle intègre l'ensemble du cycle de vie des produits. Parmi les critères analysés nous retrouvons : les émissions de gaz à effet de serre ; la production de gaz

acidifiants ; l'origine des ressources (renouvelable, non-renouvelable) ; l'économie des ressources ; la production de déchets ; toxicité pour l'eau et les êtres humains **[37]**.

II.6.4. Propriétés économiques

Coût du matériau, de sa mise en œuvre et selon le cas de sa maintenance, en rapport avec le type d'utilisation et les 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 **[37]**.

II.7. Les différents types des isolants

En thermique, un isolant thermique est un matériau ayant une faible conductivité thermique. Les principaux matériaux d'isolation disponibles actuellement vous sont présents dans les fiches suivantes, il peut être classé en trois types selon l'origine de leur matière première :

II.7.1. Les isolants végétaux

Cette catégorie d'isolant répondant aux principaux critères 'éco construction, elle s'inscrit tout fait dans la philosophie HQE. Peu énergivores au moment de leur fabrication, biodégradables, ces matériaux se présentent sous diverses formes : vrac, laine, conglomérat, rouleaux, panneaux. Leur coût encore élevé devrait sous la demande constante des prescripteurs avoir tendance à baisser sérieusement à moyen terme **[38]**.

II.7.1.1. Fibres de bois

Les fibres de bois sont obtenues par défibrage de chutes de bois résineux. Elles peuvent être utilisées en vrac ou transformées sous forme de panneaux. Pour ce faire une pate épaisse est formée par adjonction d'eau et d'adjuvants**[39]**

Figure II.9 : Fibre de bois en panneau.

II.7.1.2.Béton de chanvre

Le béton de chanvre est constitué d'un mélange à base de chènevotte, d'un liant généralement de la chaux formulée et d'eau. Le dosage en liant est très variable et dépend de l'usage qui en est fait : blocs préfabriqués, conglomérats banchés ou projetés à la machine, enduits isolants**.[40]**

Figure II.10 : Béton de chanvre

II.7.2.Les matériaux minéraux

Constitues principalement de ressources minérales vierges ou issus en partie du recyclage pour certains. Sous forme de laines de verre ou de roche **[41]**.

II.7.2.1.La laine minérale

Les laines de verre et de roche sont les isolants conventionnels les plus utilisés dans le bâtiment. La laine de roche est obtenue à partir de la fusion de roche volcanique (basalte) de fondant et de coke industrielle. Une pâte est alors obtenue, fibrée et encollée par des liants chimique (résine phénoliques) avant d'être stabilisé par chauffage en étuve.

La laine de verre est obtenue par un procédé industriel similaire, mais à partir de la fusion de sable siliceux et /ou de verre recyclé.

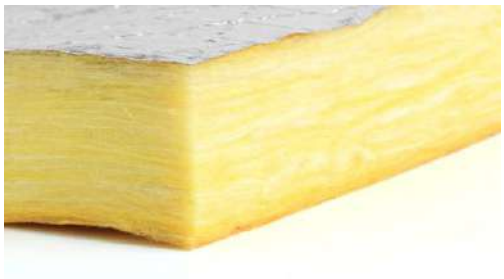


Figure II.12 : laine de verre

Figure II.11 : laine de roche.

II.7.2.2.Terre cuite

La terre cuite est composé d'argile séchée au soleil pendant un an qui sera mélangée à de l'eau, du sable et de la sciure de bois, le mélange obtenu sera broyé, humidifié, moulé et cuit. Les produits finis, utilisés encore aujourd'hui, restent les mulots (briques pleines) pour leur fonction décorative mais aussi les blocs à alvéoles verticale multiple ou mono mûrs en terre cuite.**[39]**

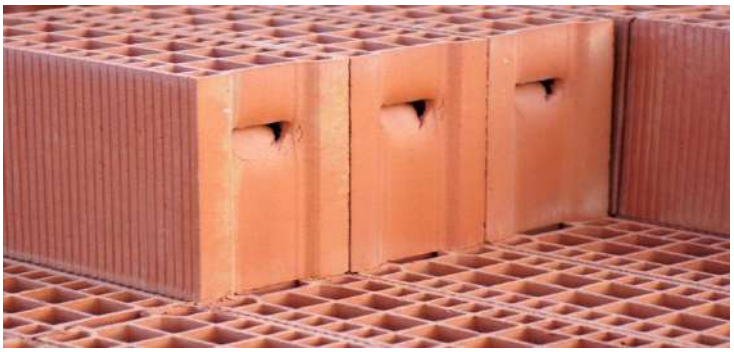


Figure II.13 : Brique mono mûr en terre cuite.

II.7.3. Les matériaux synthétiques

Issus de ressources pétrochimiques, donc non renouvelables et fortement émettrices de gaz à effet de serre. Pour la plupart dépourvus de toute sensibilité à l'humidité, ces matériaux peuvent être particulièrement indiques pour le traitement des zones fortement soumises à l'humidité (soubassement, sous-dalle)**[41]**

II.7.3.1. Le polystyrène (expansé et extrudé)

Ces isolants sont produits par l'industrie du pétrole, le plus souvent à partir d'un ou de plusieurs dérivés du processus de raffinage. Le polystyrène expansé est obtenu par polymérisation des billes de styrène qui en sont issues avec de l'eau et du gaz pentane.

Le polystyrène extrudé est obtenu après polymérisation du styrène par extrusion sous pression d'une pâte de fusion grâce à un gaz lourd.**[39]**

Figure II.14 : Polystyrène

II.7.3.2. Les polyuréthanes

Les mousses de polyuréthanes sont obtenues par catalyse et expansion à partir d'un mélange d'iso cyanate, de polyol, et d'un gaz expansée (CO2) avec ajout de stabilisant et d'ignifugeants.**[39]**

Figure II.15 : Les polyuréthanes.

II.8. Les étapes de fabrication types des isolants

II.8.1. Le procédé de fabrication du(polystyrène expansé)

II.8.1.1. Matière première

Le procédé de fabrication du polystyrène expansé utilise peu d'énergie. Peu consommateur de matière première, le PSE est obtenu à partir de molécules de styrène et d'eau. Le polystyrène se présente sous la forme de billes de petit diamètre (0,2 à 3 mm). Sous l'action de la vapeur d'eau et de la chaleur (étape suivante d'expansion), la bille se dilate pour atteindre jusqu'à 50 fois son volume initial. Sa micro structure cellulaire lui confère une excellente résistance mécanique, ce qui renforce la stabilité de ses performances. Une fois expansé, le PSE se compose de 98% d'air et de 2% de matière **[42]**.

Figure II.16 :Matière première(polystyrène expansé)[43]

II.8.1.2.Conditionnement

Les billes de polystyrène sont livrées pour être transformées. Elles sont conditionnées dans des «octabins » d'environ une tonne. 2 m3 de matière première représentent 100 m3 de produit fini. Deux types de billes sont traitées : les blanches ou les graphitées de couleur grise, renforcées en graphite pour améliorer les performances thermiques. A noter que les doublages PSE blancs, un peu délaissés aujourd'hui au profit des graphités, peuvent être utilisés comme complément d'isolation.**[43]**

Figure II.17. Conditionnement [43]

II.8.1.3.Phase de pré-expansion : de la bille à la perle

Cette étape d'expansion consiste à brasser la matière première dans une cuve, à l'intérieur de laquelle on injecte de la vapeur d'eau à 105°C. On passe de l'état bille à l'état perle, aux caractéristiques différentes de celles de la bille : la masse d'une perle est 20 fois plus petite que celle d'une bille expansible[**44]**

Figure II.18. Phase de pré-expansion : de la bille à la perle [43]

II.8.1.4.Phase de stabilisation ou maturation

Les perle de polystyrène qui ont été expansées sont stabilisées dans des silos de toile pour permettre l'échange matière-vapeur d'eau Dans l'usine de polystyrène située à Ouargla,silos de 550 m3 chacun sont installés.[43]

Figure II.19. Phase de stabilisation ou maturation[43]

II.8.1.5.Etape de transformation

Cette étape du moulage a pour but d'assembler les perles et d'en faire un bloc géométrique qui sera découpé. Elle consiste à remplir un moule fermé puis à injecter une nouvelle fois de la vapeur d'eau pour réexpanser les perles dans un milieu fermé (phase non photographiée). Sous l'effet de la vapeur (par thermocontact), les perles vont se souder les unes aux autres pour former le bloc. Cette étape est importante pour le recyclage, car c'est à ce niveau que les déchets recyclés peuvent être introduits (30% maximum). Après cette phase, il sort des blocs de 7 m3 environ. Le site produit 10 blocs en une heure. [43]

Figure II.20.Etape de transformation[43]

II.8.2. Le procédé de fabrication du(Fibre)

Le palmier dattier est une plante qui pousse dans des climats très sévères dans les zones arides et semi arides, on ne connaît pas cette espèce à l'état sauvage. Il est typiquement cultivé dans les oasis sahariennes. Il existe plus de 2600 espèces de palmiers. Le palmier dattier est une monocotylédone à croissance apicale dominante qui ne contient pas de bois, tandis qu'un arbre possède un tronc, le palmier possède un stipe. De plus, il existe des palmiers mâles et des palmiers femelles, c'est ce qu'on appelle une plante dioïque.

Ce végétal mesure généralement entre 15 et 25 mètres et peut atteindre parfois les 30 mètres de hauteur, sa durée de vie peut même dépasser les 100 ans.

Le palmier dattier développe plusieurs types de fibres, parmi ces fibres celle de surface appelée dans la région du Sahara life. Notons que la couche des fibres augmente la durabilité du stipe du palmier dattier et le protège contre les chocs externe set les endommagements dus aux animaux, réduit également les contraintes dues à la température très élevée de la saison de l'été, et faible pendant la saison de l'hiver à cause de ces propriétés d'isolation thermique. Ainsi que cette fibre ce trouve près du Jeune palme (Guemara) de couleur blanche et a une texture molle et entoure un cercle de 6 cm figure (III.1) de diamètre environ. Les principales propriétés physiques de ce type de fibre sont résumées dans le tableau III.1 [44.46].

Figure II.21 : fibre du Palmier dattier avant l'opération du broyage

-pour obtenir le matériau d'isolation nous l'écrasons avec une machine de broyage

Figure II.22: La machine utilisée pour écraser la fibre

Tableau II.1 : Principales propriétés physiques des fibres de palmier dattier (Dokar, Elghers, D-Nour et D-Bida) [45.46]

Propriété	**Minimum -Maximum**
Diamètre (mm)	0.10 -1.00
DensitéAbsolue (kg/m3)	1300.00 -1450.00
DensitéApparente(kg/m3)	512.21 -1088.81
Teneur en eau naturelle(%)	9.50 -10.00
Tauxd’humidité	9.50- 10.50%
Tauxd’absorption (après 24 H)	96.83- 202.64 %

Figure II.23: La matière première du fibre

Conclusion:

L'isolation thermique à pour réduire la grande perte d'énergie à la lumière de la demande croissante pour les différents types d'énergie et de contrôle absolu des grandes puissances isolation thermique conduit à des économies d'énergie et offrir un confort thermique pour les êtres humains, en particulier dans les zones désertiques.

Chapitre III

Matériels et méthodes

Introduction

Ce chapitre va définir l'objectif de l'étude ainsi que les paramètres du bâtiment cas de base, qui est créé selon des paramètres qui reflètent au plus pris la réalité de la construction résidentielle en Algérie ; ces paramètres impliquent les dimensions, les différentes zones, les caractéristiques des matériaux qui composent l'enveloppe du bâtiment en plus des coordonnées géographiques.

Le second temps sera l'occasion de développer la méthodologie choisie pour l'étude des besoins énergétiques, ainsi que la pertinence du choix de l'outil de simulation.

En dernier lieu on évoquera les mesures d'efficacités énergétiques, qui impliquent des modifications sur la structure du cas de base, ces modifications seront mentionnées pour chaque mesure.

III.1. Objectif de l'étude

L'objectif de la présente étude est d'évaluer l'évolution des besoins énergétiques en fonction des mesures d'efficacité énergétique passives et les conditions de confort thermique, d'un bâtiment de base créé selon des paramètres qui reflètent au plus pris la réalité de la construction résidentielle en Algérie.

III.2 Plan général du cas de base

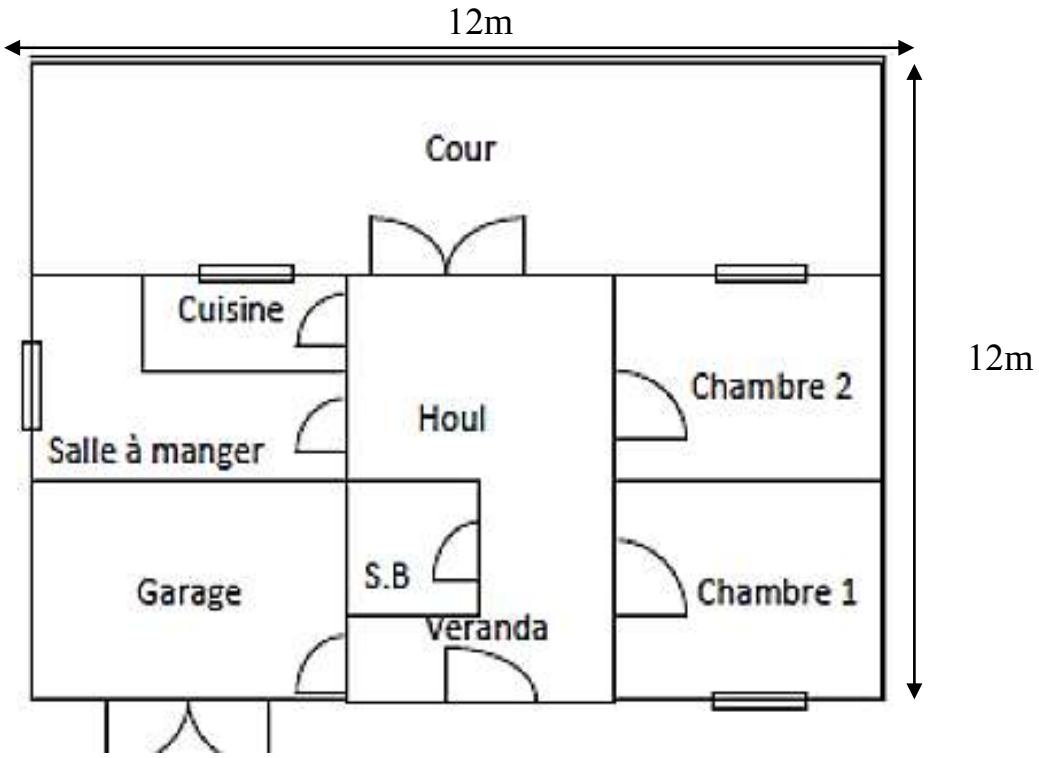


Figure III.1 : plan générale de bas.

La maison a une surface de 144 m^2, pour un volume de 432 m^3. L'entrée est orientée vers l'EAST comme l'indique la figure ci-dessus. Les murs extérieurs non isolés sont en brique creuse d'une épaisseur de 15 cm avec un mortier de ciment et l'intérieur et extérieur, alors que les séparations sont en brique creuse de 10 cm.

Le plancher bas est constitué d'une de 05cm de béton, couvert de carrelage (la sous-chape est en mortier de ciment d'une épaisseur de 2 cm). La toiture est en béton d'une épaisseur de 05cm et une chape en mortier de ciment.

Type des fenêtres

Les fenêtres à simple vitrage qui ont un coefficient U=5.74$W/$ ($m2.K$) et un coefficient g=0.87

III.3. Caractéristiques thermiques des matériaux

Les caractéristiques thermiques des matériaux utilisés dans le cas de base sont représentées dans le tableau :

Tableau III.1 : Caractéristiques thermiques des matériaux.

Matériaux	Conductivité thermique (KJ/hmK)	Chaleur spécifique (KJ/kgK)	Densité (kg/m^3)	Epaisseur (m)
Briquecreuse	1,7	0,79	720	0,15
Briquecreuse	1,8	0,79	720	0,10
Mortier	4,15	0,84	2000	0,01
Carrelage	6,14	0,7	2300	0,2
Béton	7,76	0,8	2400	0,1

III.3.1 Détails des parois de l'enveloppe de l'habitat étudié

Les parois constituant l'enveloppe de l'habitat sont détaillées comme suit :

III.3.1.1Toiture

Tableau III.2 : matériaux constituant des murs extérieurs.

Matériau	Epaisseur (cm)
Mortier	01
Brique creuse	10
isolation	(1___20)
Brique creuse	10
Mortier	01

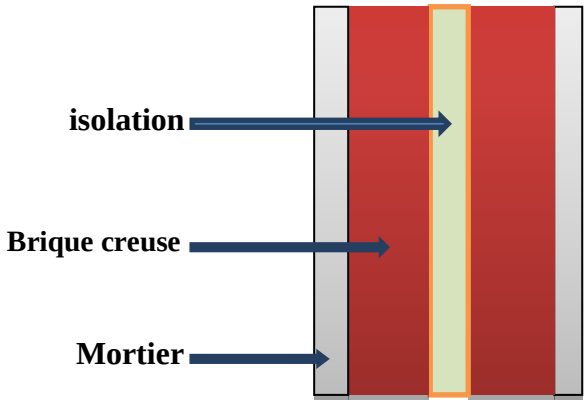


Figure III.2 Schéma du mur .

III.3.1.2Toiture

Tableau III.3 : Matériaux constituant du Plancher haut**.**

Matériau	Epaisseur (cm)
Mortier	10
Brique creuse	15
Béton	05

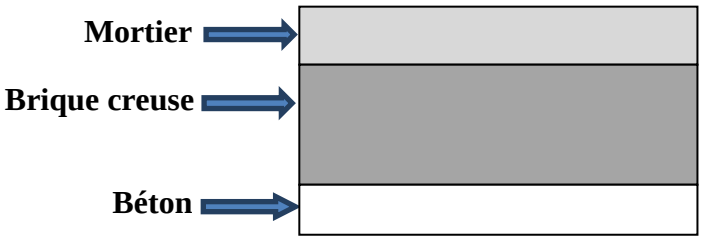


Figure III.3 : Schéma du Toiture.

III.3.1.3Plancher bas

Tableau III.4 : Matériaux constituant du Plancher bas**.**

Matériau	Epaisseur (cm)
Carrelage	2.50
Mortier	03
Béton	05

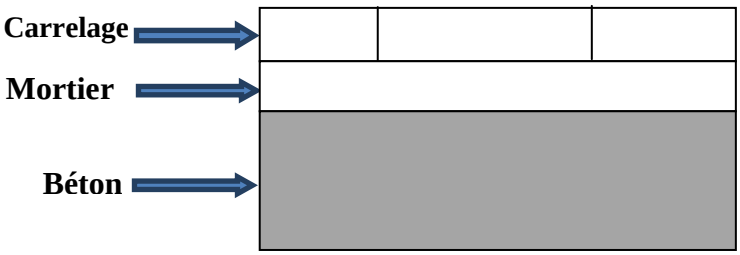


Figure III.4 Schéma du Plancher bas.

III.4. Logiciel de simulation TRNSYS (Transirent System Simulation)

III.4.1. Introduction sur TRNSYS

En raison du coût et des durées expérimentales, la simulation est un moyen efficace pour mettre au point et étudier le comportement thermique des bâtiments en régime variable.

Mais il est nécessaire de savoir ce que l'on cherche pour utiliser l'outil de façon optimal.

L'informatique offre la possibilité d'effectuer des calculs qui seraient longs, fastidieux et répétitifs. A. Chatelet et al affirment que « *pour l'architecte, la simulation doit permettre de valider rapidement des options fondamentales, d'explorer et de commencer à optimiser certains choix…pour un meilleur confort et des charges de fonctionnement moindre* ».

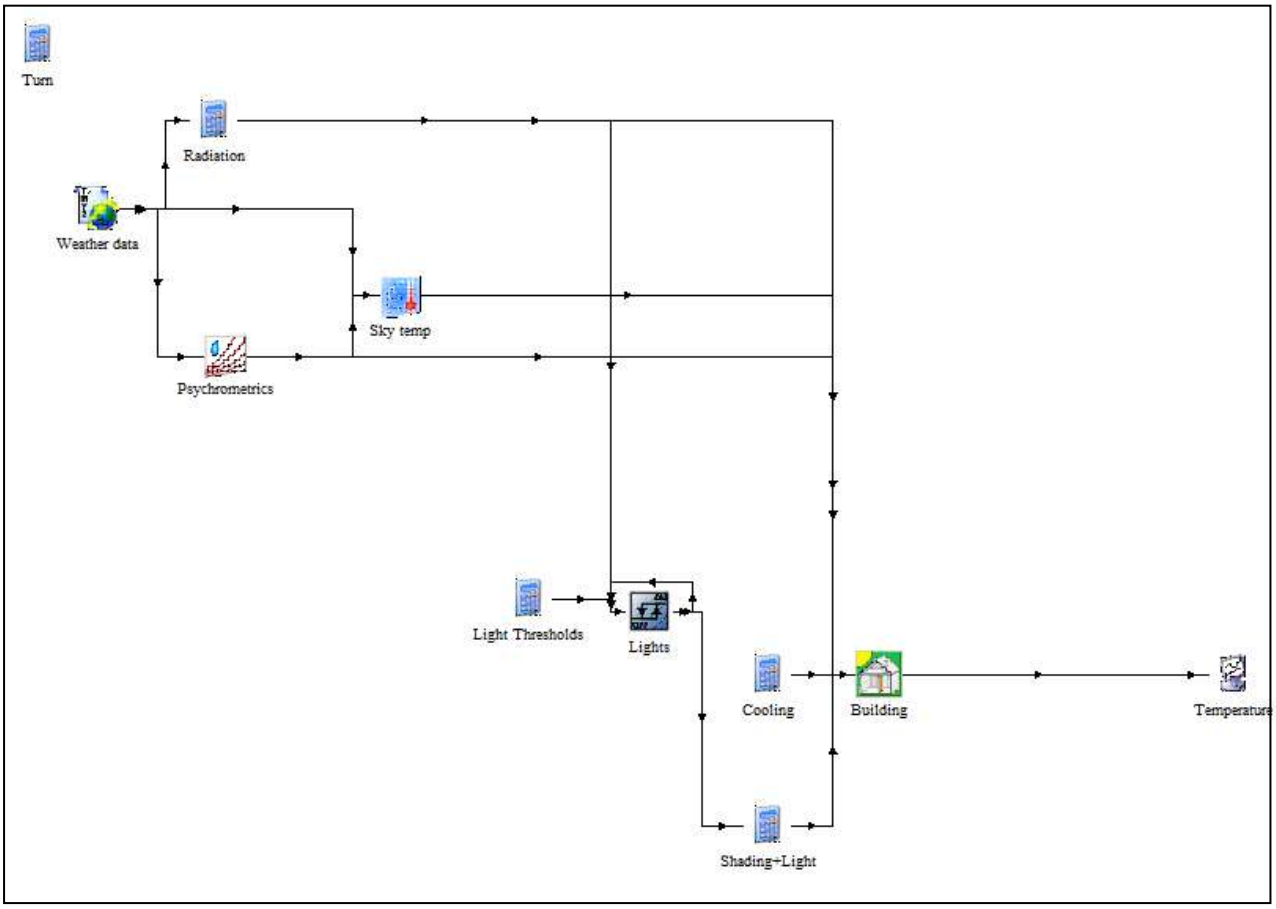


Figure III.5. Schéma d'interface de TRNSYS.

III.4.2- Description du logiciel

TRNSYS (TRaNsient System Simulation Program) est un logiciel modulaire de simulation dynamique des systèmes thermique en général, et aussi dédié au calcul des performances thermiques des bâtiments multizones et de leurs équipements.

Ce logiciel a été développé au laboratoire « solarenergy » à l'université Wisconsin Madison. USA, il possède une interface évaluée, extensible flexible transparente et ouverte, permettant d'ajouter de nouveaux composants et concepts. Un projet de simulation consiste : à choisir un ensemble de modèles mathématiques, de composants physiques (en s'appuyant soit sur des modèles existant dans la bibliothèque, soit en les créant) et consiste aussi à décrire les interactions entre les modèles.

III.4.3-Limites du logiciel TRNSYS :

Les limites de TRNSYS pour la simulation thermique d'un aréna sont du nombre dedeux : le transfert aéraulique et le rayonnement entre les surfaces internes. En effet, TRNSYS ne calcule pas de champ de vitesse d'air entre les différentes zones thermiques ce qui nous oblige à spécifier les débits d'air échangé entre les zones. D'autre part, TRNSYS considère les surfaces internes comme étant des surfaces noires et ne nous permet pas de changer l'émissivité des surfaces internes de l'enveloppe du bâtiment.

III.4.4-Données introduites :

Description du bâtiment et données météo (fournies avec le programme pour certaines villes), description des éléments du système thermique et de leur fonctionnement. Des liens existent avec certains programmes de dessin pour faciliter la saisie des données décrivant le bâtiment (notamment IISiBat).

III.4.5-Avantages :

- Grâce à son approche modulaire, TRNSYS est extrêmement flexible pour modéliser un ensemble de systèmes thermiques à différents niveaux de complexité (modules avec procédures de calcul plus ou moins élaborées).
- L'accès au code source permet aux utilisateurs de modifier ou d'ajouter des composants qui ne figurent pas dans la librairie d'origine.

- Une vaste documentation sur les sous-programmes y compris des explications, les usages usuels et les équations de base.
- Une définition très souple de la période de simulation : choix du pas de temps, du début et de la fin de la simulation.

III.4.6- Inconvénients :

Pas de valeur ou de système par défaut, l'utilisateur doit donc posséder et introduire l'ensemble exhaustif des données définissant le bâtiment et le système.

III.5-TRNBUILD :

En raison de la complexité d'un bâtiment multizone, les paramétrés du TYPE 56 né sont pas définis directement dans le dossier d'entrée de TRNSYS. Au lieu de cela, deux dossier sont assignés contenant l'information exigée, la description de bâtiment (*BLD) et la fonction de transfert d'ASHRAE pour des murs (*TRN). Plus d'information sur le type 56peuvent être obtenues à partir du TRNSYS principal Manuel de référence.

TRNBUILD (autrefois connu sous le nom de PREBID) a été développé pour fournir un outil facile à utiliser pour *BLD Et* les dossiers de TRN. Commençant par quelques données de base de projet, l'utilisateur décrit chaque zone thermique alternativement.

En conclusion, les sorties désirées sont choisies. Toutes les données saisies sont archivées dans un prétendu dossier de bâtiment (*BUI), un dossier lisible des textes. Le dossier BUI est très maniable pour vérifier les données saisies dans TRNBUILD.

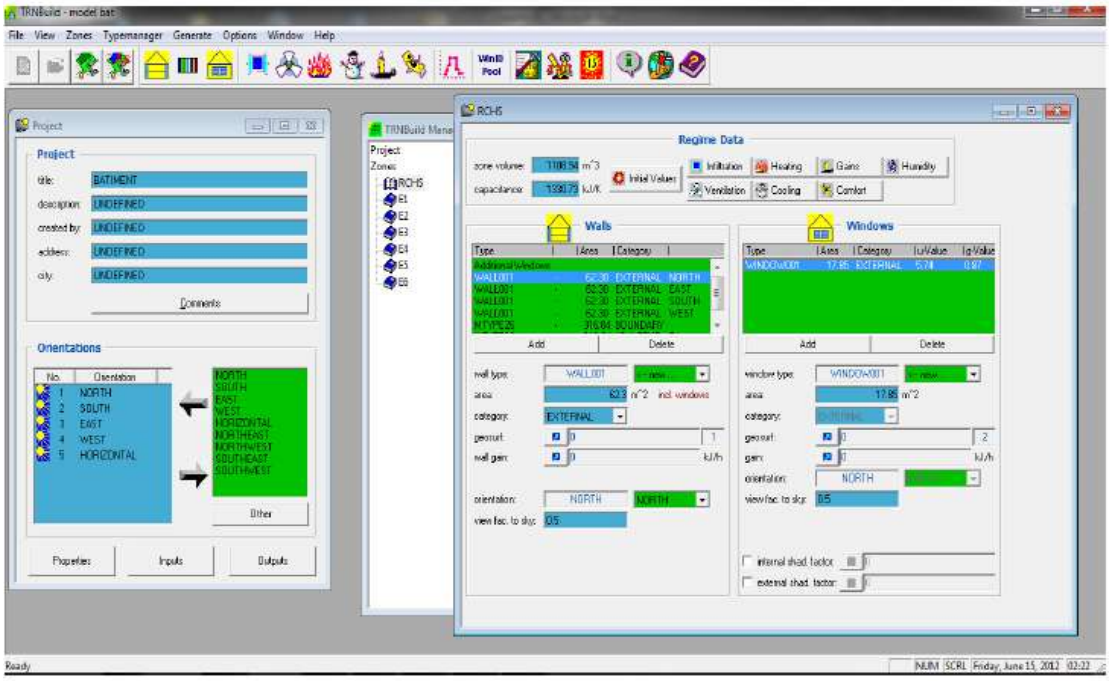


Figure 6: l'interface avec les données saisies dans TRNBUILD

III.6. La méthodologie de simulation

Pour étudier les besoins énergétiques du projet en va faire une série de simulations thermiques dynamiques :

Une simulation « du cas de base », de notre projet initial on déduit la consommation du cas de base.

Des simulations pour des cas optimisé**,** qui a pour but de chercher les cas les plus optimaux par la variation des mesures d'efficacité énergétique et de laquelle on déduit la consommation du cas optimisé.

III.6.1.Consignes de température :

Selon le document technique réglementaire en application en Algérie, les températures de confort pour le chauffage et la climatisation dans les chambres sont respectivement ($21°C$, $24°C$) et les autres espaces (cuisine, salle d'eau et couloir) sont ($18°C$, $27°C$).

Dans notre travail en va jouer sur les mesures d'efficacité énergétique passives qui concernent l'enveloppe du bâtiment. Il s'agit :

- Des types des matériaux de construction.
- De l'impact de l'isolation

III.6.2.Etat des lieux des besoins thermiques du cas de base

Cette étape consiste à paramétrer le logicielle TRNSYS avec les données caractéristiques du cas de base à l'aide du TRNBUILD (Type 56) ainsi que les données météorologiques de la ville d'Ouargla, et on fixe le pas de calcul à une heure pour chaque itération, enfin on simule pour obtenir l'évolution de la température moyenne de l'air à l'intérieur de chaque zone ainsi que les besoins énergétiques de chauffage et de climatisation en énergie utile (EU). La figure ci-dessous montre l'évolution de la température.

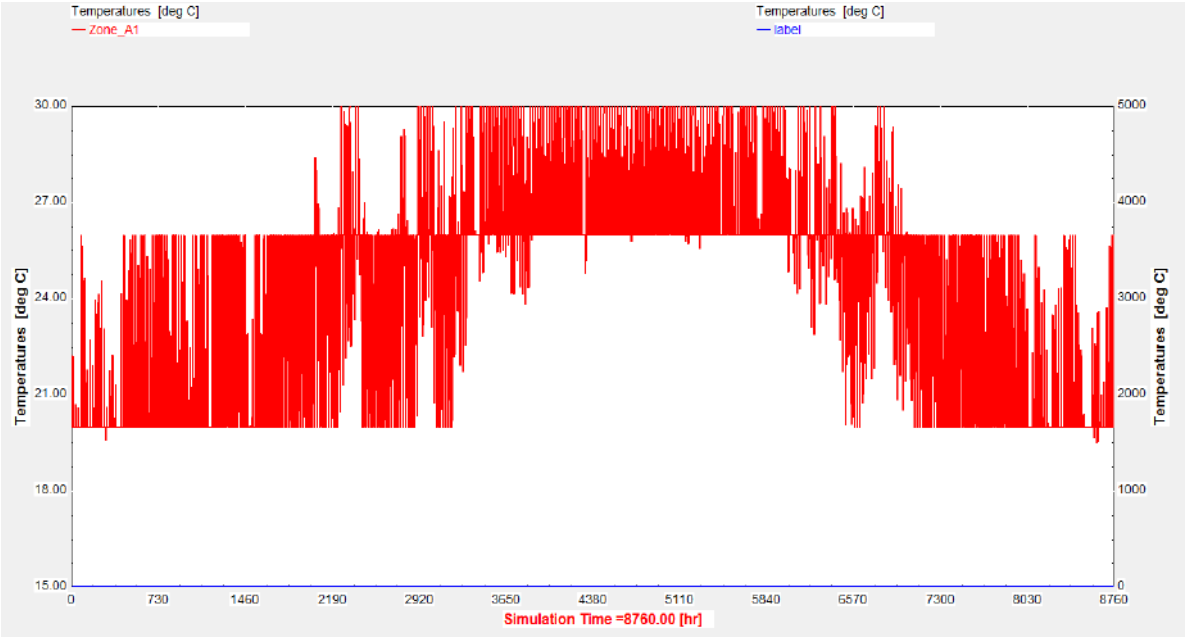


Figure III 7. : Evolution annuelle de la température intérieure.

TableauIII.5. : Besoins énergétiques mensuelle.

mois	jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec	totale
Chauffage [KWh]	3541	1892	1251	245.6	32.78	0	0	0	0	111.2	1375	3545	11990
Refroidissement [KWh]	63.51	566.7	13.73	3088	5457	7217	8293	7778	5821	3652	583.6	24.08	43290

Les besoins énergétiques de chauffage et de climatisation en énergie utile (EU) du bâtiment (cas de base) se révèlent être de l'ordre de 11990 (KWh/an) pour le chauffage et de 43290 (KWh/an) pour la climatisation soit un besoin total annuel de 55910 (KWh).

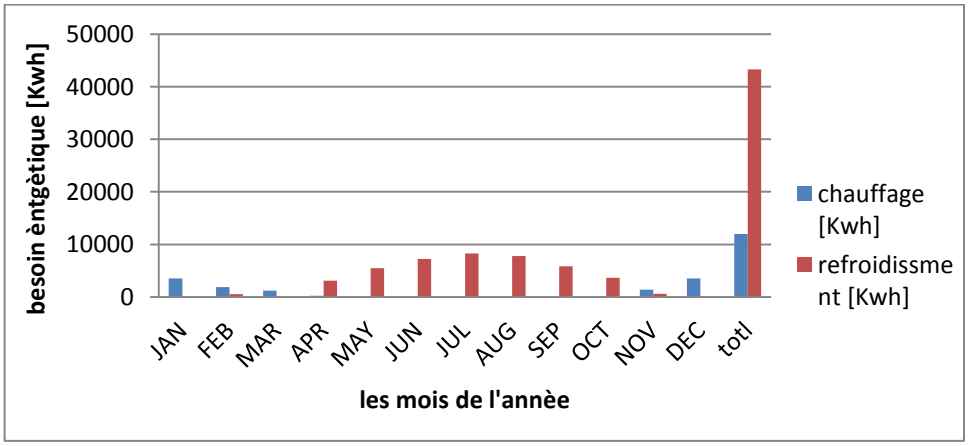


Figure III.8.L'évolution mensuelle des besoin énergétique.

La performance énergétique de notre cas est de l'ordre de 388.26KWh_{EU}/m^2an (on obtient cette performance on divisant le besoin total annuel par la surface du bâtiment 144m^2).

III.6.3. Types des matériaux de construction

La simulation se fera sur la pertinence du choix des matériaux des façades extérieurs, ainsi nous retiendrons trois types des matériaux en plus de notre cas de base qui est construit en brique creuse de 15 cm, à savoir le parpaing de 20 cm, ainsi qu'une composition : Double murette en briques creuses (15cm et10cm) avec une isolation . Les caractéristiques des matériaux sont décrites dans le tableau suivant :

Tableau III.6: Caractéristiques des matériaux de construction.

Matériaux	Conductivité thermique (KJ/hmK)	Chaleur spécifique (KJ/kgK)	Densité (kg/m^3)	Epaisseur (m)
Brique creuse	1,7	0,79	720	0,15
Brique creuse	1,8	0,79	720	0,10
polystyrène	0.11	1.18	35	0.05
fibre	0.8039	0.89821	1910.8	0.05

Au cœur de cette simulation on va étudier l'effet de l'isolation sur l'efficacité énergétique en utilisant le polystyrène et fibre expansé comme un isolant pour les matériaux conventionnels dont les caractéristiques thermiques sont:

polystyrène:λ=0.141(KJ/hmK), C=1.38 (KJ/kgK) et d=25 (kg/m).

fibre:λ=0.8039(KJ/hmK), C=0.8982 (KJ/kgK) et d=1910.8 (kg/m3)

En utilisant le polystyrène

L'isolation sera utilisée selon une épaisseur allant de 1 à 20 (cm) pour l'extérieur, le toit et le plancher bas .Pour déterminer quelle partie doit être isolée en priorité, nous examinerons l'effet isolant en fonction de l'emplacement de l'isolation, soit à l'extérieur, soit dans les murs extérieurs et le toiture, c'est-à-dire isolant en polystyrène.

En utilisant le polystyrène

Nous faisons la même chose pour la fibre, sera utilisée selon une épaisseur allant de 1 à 20 (cm) pour l'extérieur, le toit et le plancher bas .Pour déterminer quelle partie doit être

isolée en priorité, nous examinerons l'effet isolant en fonction de l'emplacement de l'isolation, soit à l'extérieur, soit dans les murs extérieurs et le toiture

Comparaison

Dans cette partie, nous comparons le polystyrène et la fibre avec la consommation d'énergie la plus basse et le coût le plus bas.

Conclusion

L'objectif de l'étude étant mis au point : évaluer l'évolution des besoins énergétiques en fonction des mesures d'efficacité énergétique choisies, sur un bâtiment conçu sur la base des habitudes constructives et les données géographiques et météorologiques locales (la ville d'Ouargla).

Le logiciel TRNSYS sera utilisé pour faire les simulations :

La première est la simulation de cas de base, qui intègre les données spécifiques du bâtiment (cas de base) afin de simuler les besoins énergétiques de ce dernier. La deuxième cas est la simulation du cas optimisé qui consiste à appliquer une-à-une les mesures d'efficacité pour dégager en chaque mesure suivant l'impact de cette dernière sur le besoin énergétique du cas de base.

Ce chapitre a été consacré aux matériels et méthodes qui serons mis en œuvre pour cette étude, le prochain sera dédié aux résultats des simulations du projet.

Chapitre IV

Résultats et discussion de la simulation

Introduction

Se protéger des rigueurs du climat a été, toujours, recherché par l'homme en créant l'intérieur de son abri des conditions relativement confortables. L'adaptation de l'habitat à L'égard du rayonnement solaire et des facteurs climatiques en général se fait de manière naturelle. Le tout premier objectif est de mettre en évidence et la valorisation du rôle de l'isolateur thermique pour la détermination de consommation d'énergie, en amont de la conception du projet.

La valeur actuelle nette (VAN)

- **Définition**

La valeur actuelle nette est un indicateur de rentabilité pour un projet d'investissement, elle est égale à la somme des flux de trésorerie actualisés au temps zéro diminué du montant du capital initial I_0.

La formule de calcul se présente comme suit :

$$VAN = \sum_{t=1}^{n} \frac{CF_K}{(1+t)^k} - I_0$$

Tel que :

VAN : Valeur actuelle nette ;

CFK : Cash-flow généré à la période k ;

t : Le taux d'actualisation 9%;

k : L'ordre de l'année d'exploitation ;

n : La durée de vie de l'investissement.

Règle de décision

Si la valeur actuelle nette est positive, ça signifie que le projet d'investissement est rentable (acceptable).

Pour comparer deux projets (ou plus) en retient celui qui offre la plus forte VAN.

- **Avantages de la VAN**

La valeur actuelle nette permet une décision objective suivant le signe de la valeur trouvée ;

C'est une méthode qui tient compte des flux de trésorerie suivant leur chronologie dans le temps.

- **Inconvénients de la VAN**

Elle ne permet pas la comparaison entre deux investissements dont la durée de vie différente ;

Elle est très influencée par le taux d'actualisation

Le taux de rentabilité interne (TRI)

- **Définition**

« Le taux de rentabilité interne est le taux d'actualisation qui annule la valeur actuelle nette (VAN) . Ainsi, le TRI est le taux pour lequel la somme des cash-flux est équivalent au capital investi (I_0).

La formulation mathématique du TRI se présente comme suit :.

$$VAN = 0 \rightarrow \sum_{t=1}^{n} \frac{CF_K}{(1+t)^k} - I_0$$

$$VAN = 0 \rightarrow \sum_{t=1}^{n} \frac{CF_K}{(1+t)^k} = I_0$$

Tel que:

CF : Cash-flow actualisé;

t : Le taux d'actualisation ;

k : ordre d'année ;

I0 : Capital initial ;

VAN : Valeur actuelle nette.

- **Règle de décision**

Ce critère est généralement simple à appliquer, on ne met en œuvre que les projets présentant un TRI supérieur ou égal au taux de rendement exigé par un investisseur.

Pour des projets de même taille et mutuellement exclusifs on retient celui qui affiche le TRI le plus élevé.

- **Avantages du (TRI)**

Facile à comprendre et à appliquer ;

Etroitement liée à la VAN et mène généralement aux mêmes décisions avec des flux monétaires conventionnels.

- **Inconvénients du (TRI)**

Le TRI n'a pas une signification financière réelle .

IV. 1. Matériaux de consommation d'énergie sans effet d'isolation

IV.1.1. Résultats de simulation

Matériaux de construction Brique creuse 10cm (Double murette)

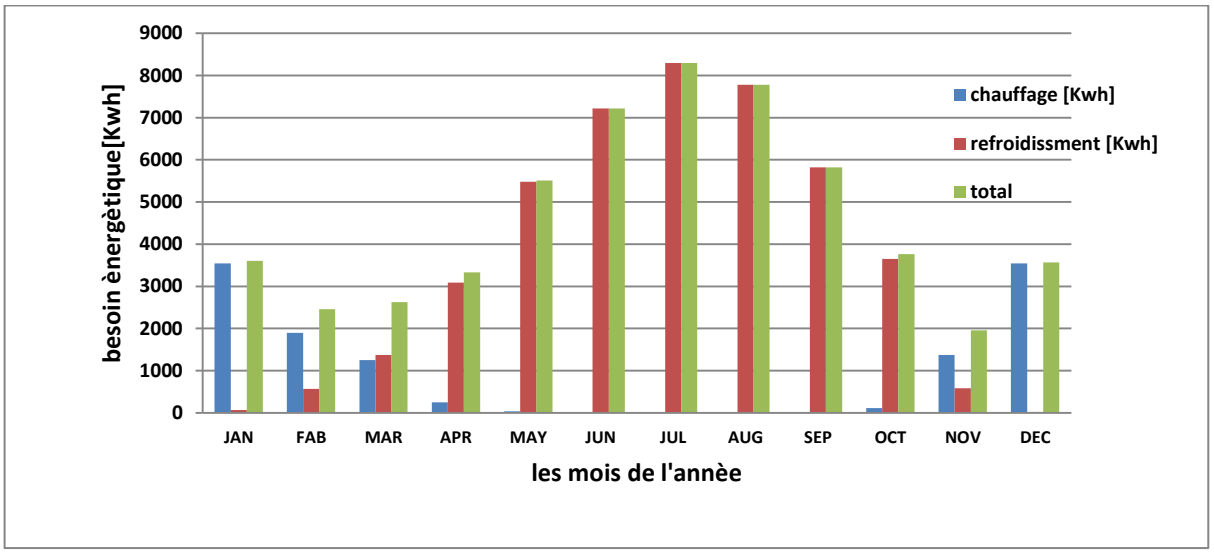


Figure IV.1 : L'évolution mensuelle des besoins énergétiques (sans effet d'isolation)

IV.2. L'impact de L'isolation

IV.2.1. Premier partie (L'impact de L'isolation Polystyrène expansé)

IV.2.2.1. Mur

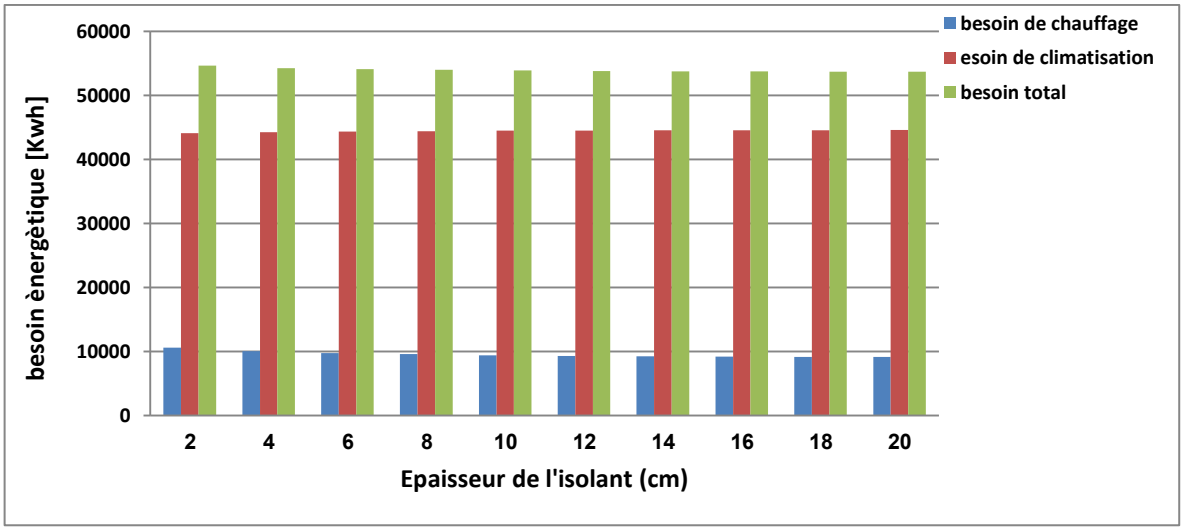


Figure IV.2 : L'évolution du besoin énergétique annuel en fonction du l'épaisseur de l'isolant.

IV.2.2.2. Toiture

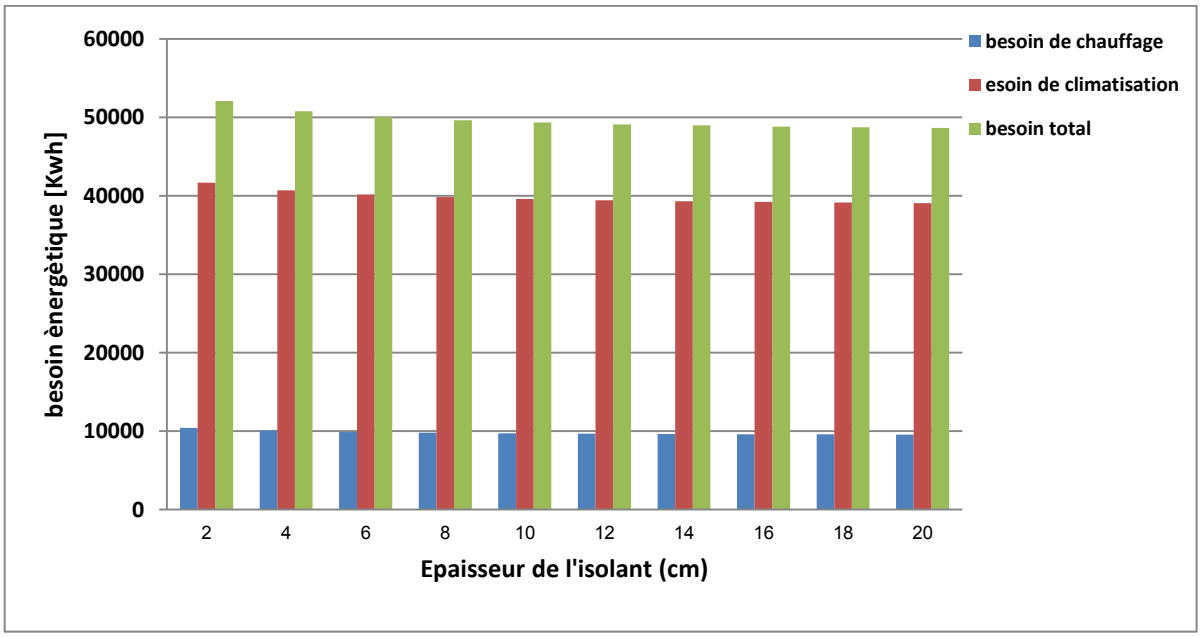


Figure IV.3 : L'évolution du besoin énergétique annuel (L'impact de l'isolation de toiture).

IV.2.2.3. Mur et Toiture

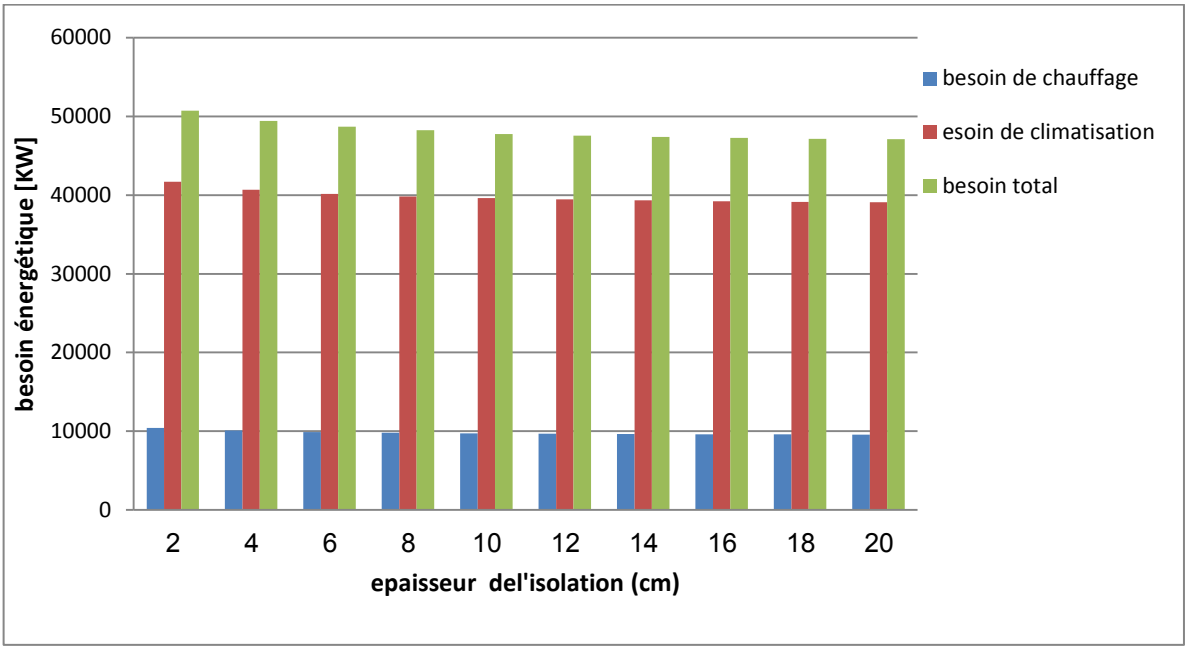


Figure IV.4 : L'évolution du besoin énergétique annuel (L'impact de l'isolation de mur et toiture).

IV.2.2.4. Comparaison de l'isolation de l'enveloppe du bâtiment

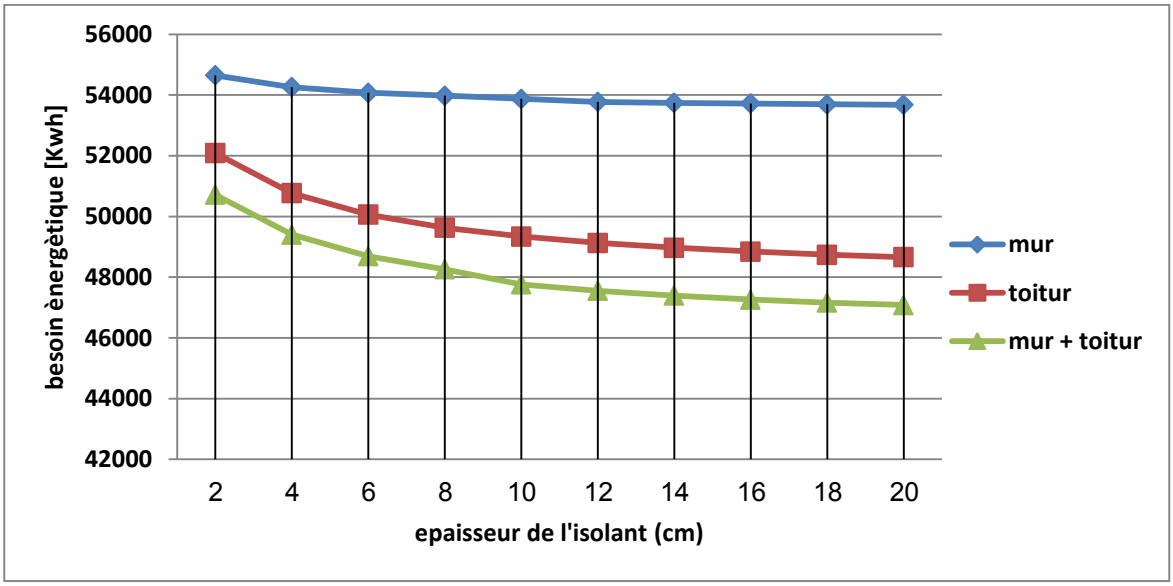


Figure IV.5 : L'évolution du besoin énergétique annuel (L'impact de L'isolation Polystyrène expansé).

Discussions:

Les résultats ont montré que l'isolation de la toiture et des murs ont un impact important sur le gain énergétique total bien que ce soit dans des proportions différentes.

L'isolation la toiture peut apporter un gain de l'ordre de 12.99%, mais l'isolation de la toiture et des murs à un gain de 15.81%, beaucoup plus important que les murs, en plus l'isolation de la toiture permettent une baisse du besoin énergétique en chauffage et en climatisation simultanément.

IV.2.2.5. L'épaisseur optimale d'isolation

Pour trouver l'épaisseur optimale d'isolation, on a fait une étude sur les variations des couts (isolation, énergie et total) par une isolation extérieure de la toiture et des murs avec une épaisseur d'isolation variable de polystyrène expansé.

IV.2.2.5.1. 1.Le cout de ’isolation à Polystyrène expansé

Tableau IV.1 Le cout de ’isolation à Polystyrène expansé

L’épaisseur De l’isolation(cm)	1	2	3	4	5	6	8	10	12	14
Coût De l’isolation(DA)	150	270	360	450	525	603	661.5	708	756	780

IV.2.2.5. 2. L'impact de l'isolation de toiture(Prix 1kwh =**4DA**)

Tableau IV.2 : calcul des Valeur Actuelle Nette **(**VAN**)** Durée de vingt ans(20ans)

Prix 1Kwh(DA)	4DA	14DA
Épaisseur optimale (cm)	3	10
ValeurActuelleNette **(**VAN**)**	122944.9	630055.2.

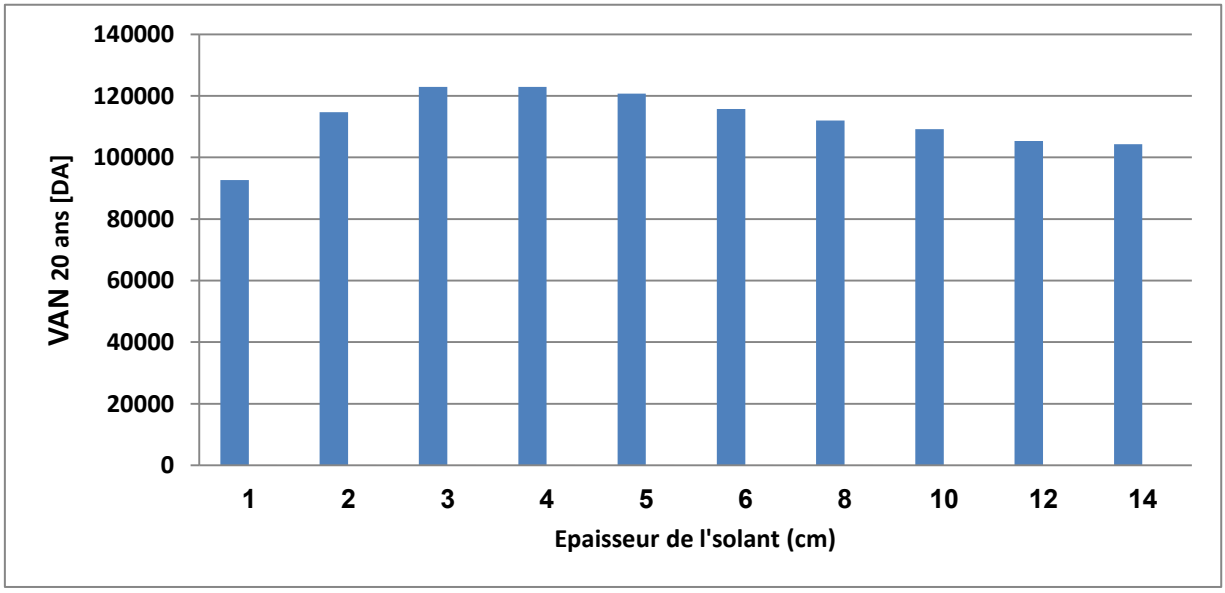


Figure IV.6 : L’évolution du besoin énergétique en fonction épaisseur l'isolation de toiture le cas prix**1kWh =(4DA).**

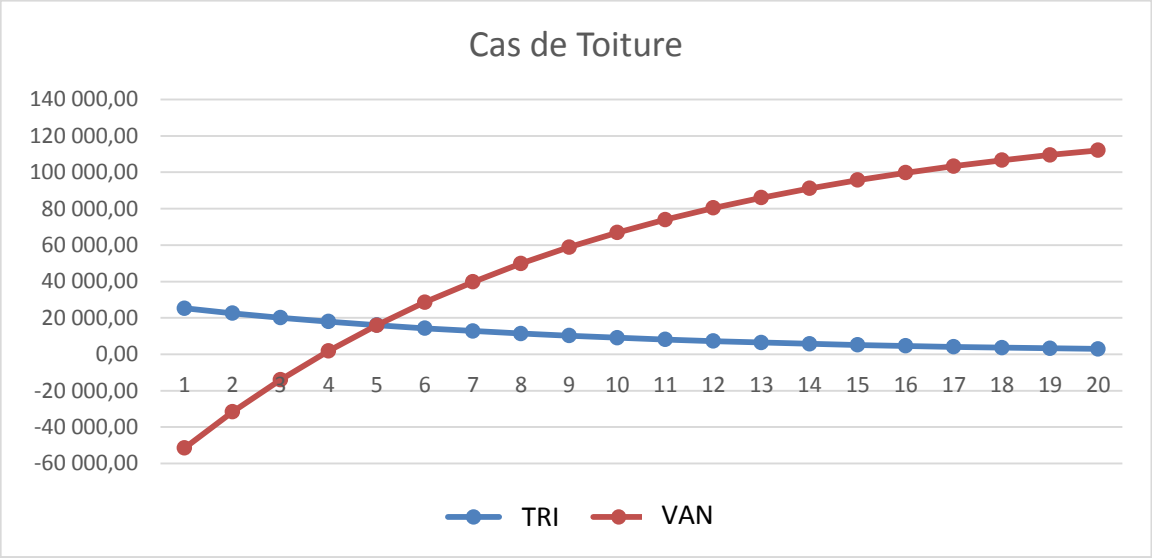


Figure IV.7 : L'évolution du besoin van 20ans (**L'épaisseur optimale d'isolation e=(3cm)**).

IV.2.2.5. 3. L'impact de l'isolation de toiture Prix1Kwh=(**14DA**)

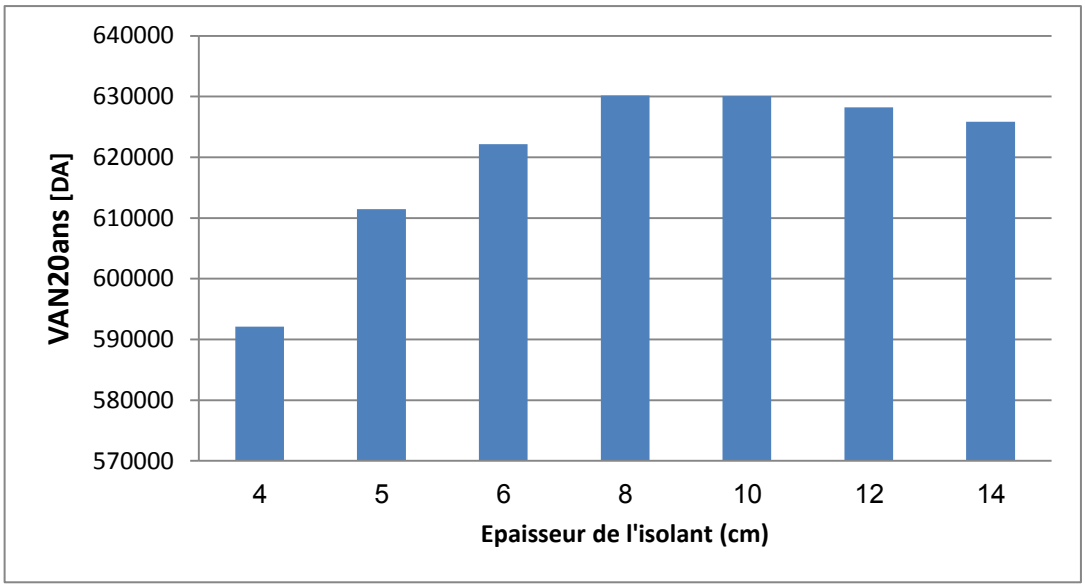


Figure IV.8 : L'évolution du besoin van 20ans (L'impact de l'isolation de toiture le prix =(14DA).

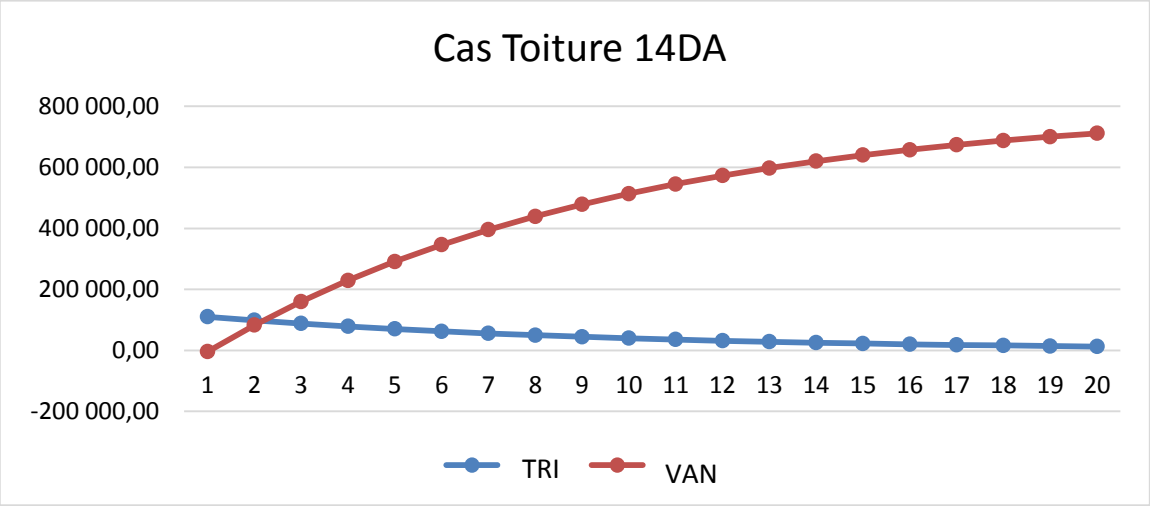


Figure IV.9 : L'évolution du besoin van 20ans (**L'épaisseur optimale d'isolation e=(14cm)**

Dans l'expérience d'isolation pour le cas **Toiture**, la meilleure valeur de la (VAN) est égale à 122944.9correspond l'épaisseur de 3cm, dans le cas du prix 1kw=(14 DA), la meilleure valeur de la (VAN) est égale à 630055.2 nous obtenons l'épaisseur optimum est de 10 cm.

IV.2.2.5. 4. L'impact de l'isolation de Mur Prix 1Kwh =(**4DA**)

Tableau IV.3 : calcul des Valeur Actuelle Nette **(**VAN**)**Durée de vingt ans(20ans)

Prix 1Kwh(DA)	4DA	14DA
Épaisseur optimale (cm)	1	3
ValeurActuelleNette **(**VAN**)**	16045.9959	140154

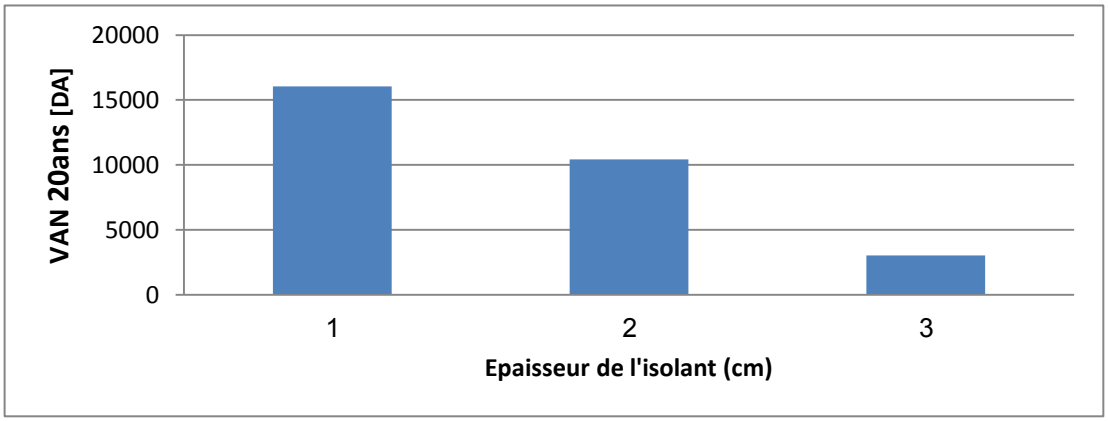


Figure IV.10 : L'évolution du besoin van 20ans (L'impact de l'isolation de mur le prix **(4DA).**

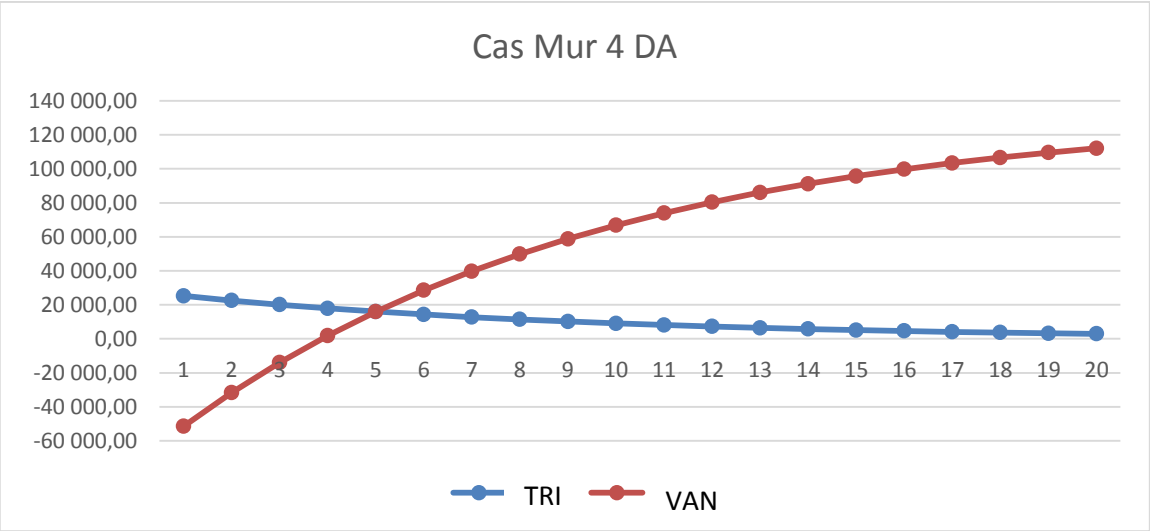


Figure IV.11 : L'évolution du besoin van 20ans (**L'épaisseur optimale d'isolation e=(1cm)**

IV.2.2.5. 5. L'impact de l'isolation de Mur Prix 1Kwh=(**14DA**)

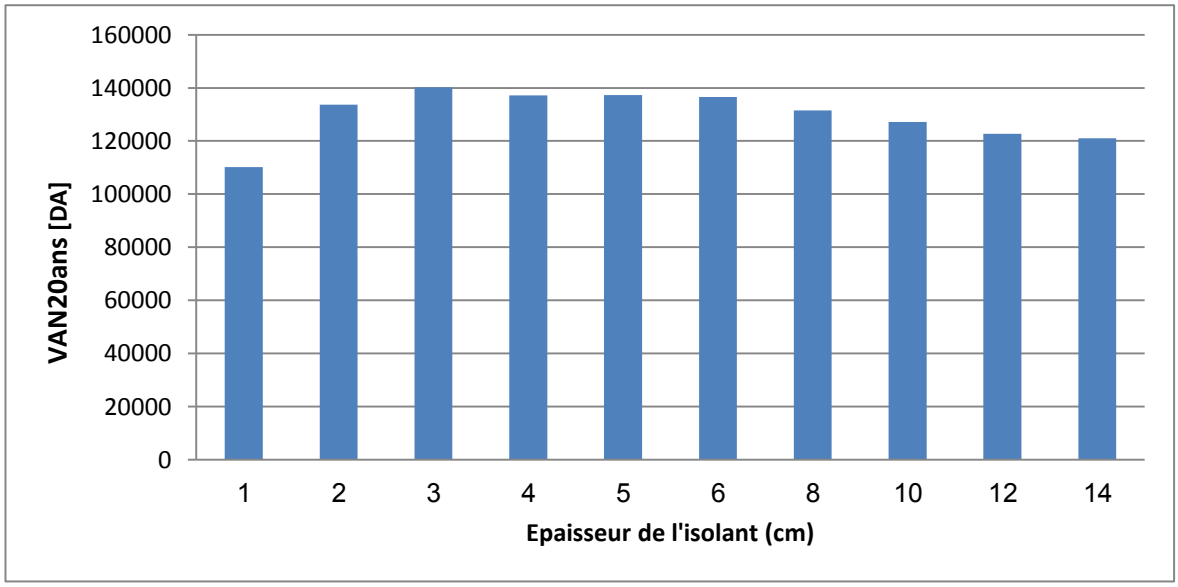


Figure IV.12 : L'évolution du besoin van 20ans(L'impact de l'isolation de mur le prix=**(4DA).**

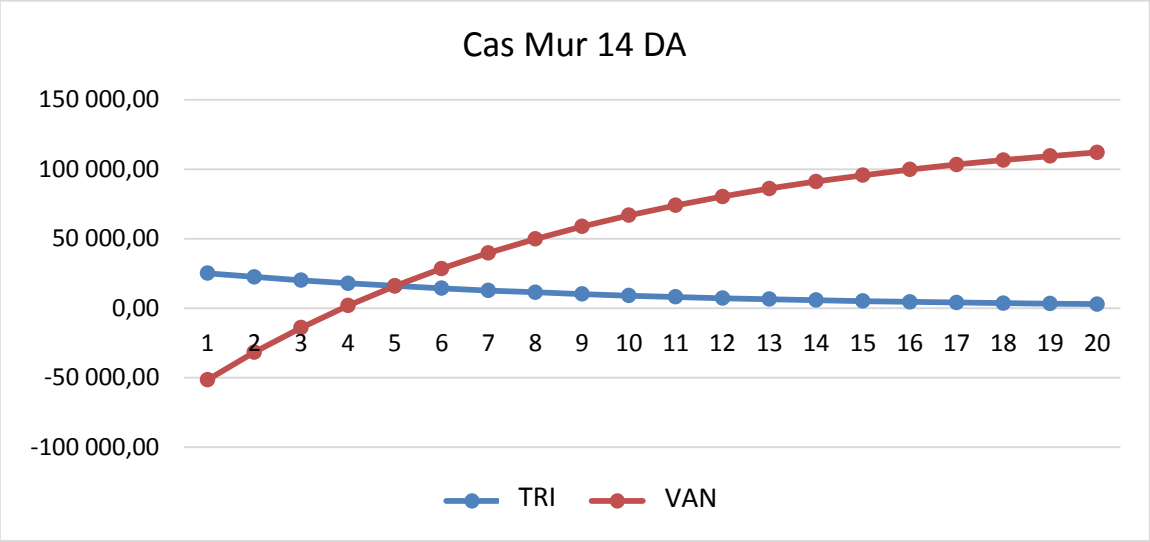


Figure IV.13 : L'évolution du besoin van 20ans (**L'épaisseur optimale d'isolation e=(3cm)**

Dans le cas d'isolation du Mur, on constate que la meilleure valeur de la VAN est égale à 16045 DA correspond l'épaisseur de 1 cm où nous prenons le prix de 1kw =4D, contre une meilleure valeur de VAN est égale à 140154 correspond l'épaisseur de 3 cm.

IV.2.2.5. 6. L'impact de l'isolation de Mur et Toiture Prix 1Kwh =(4DA).

Tableau IV.4 : calcul des Valeur Actuelle Nette **(**VAN**)**Durée de vingt ans(20ans).

Prix 1Kwh(DA)	4DA	14DA
Épaisseur optimale (cm)	2	5
ValeurActuelleNette **(**VAN**)**	116714.434	700958.9

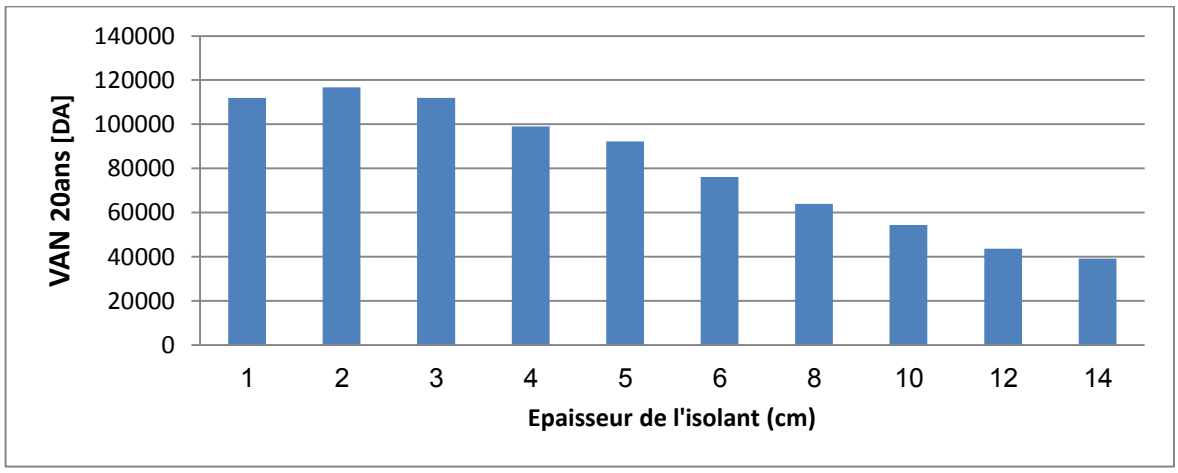


Figure IV.14 : L'évolution du besoin van 20ans (L'impact de l'isolation de mur et toiture le prix **(4DA))**

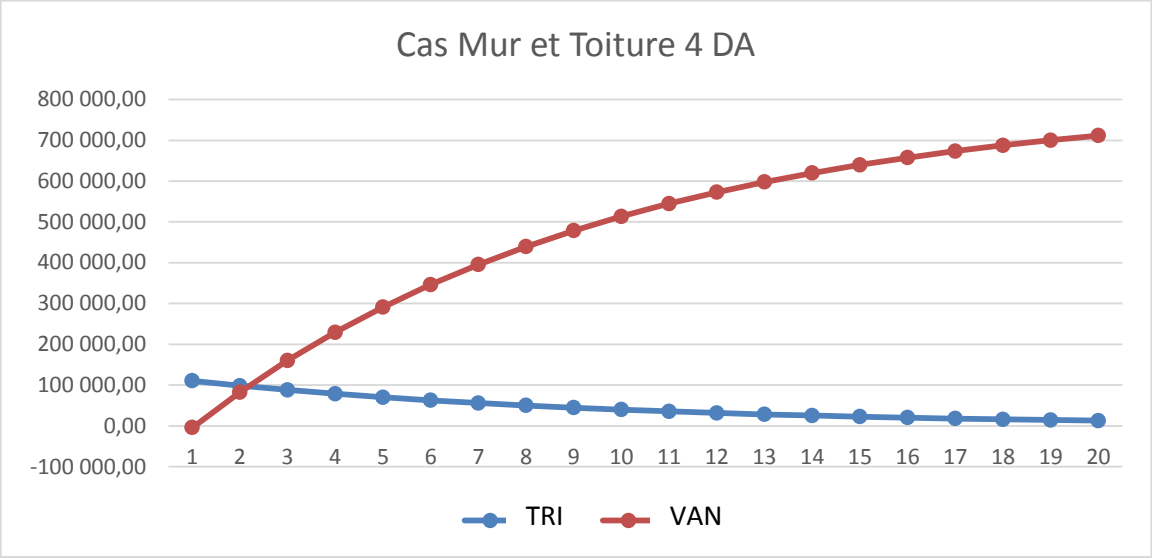


Figure IV.15 : L'évolution du besoin van 20ans (**L'épaisseur optimale d'isolation e=(2cm)**).

IV.2.2.5. 7. L'impact de l'isolation de Mur et Toiture Prix1Kwh =(**14DA**).

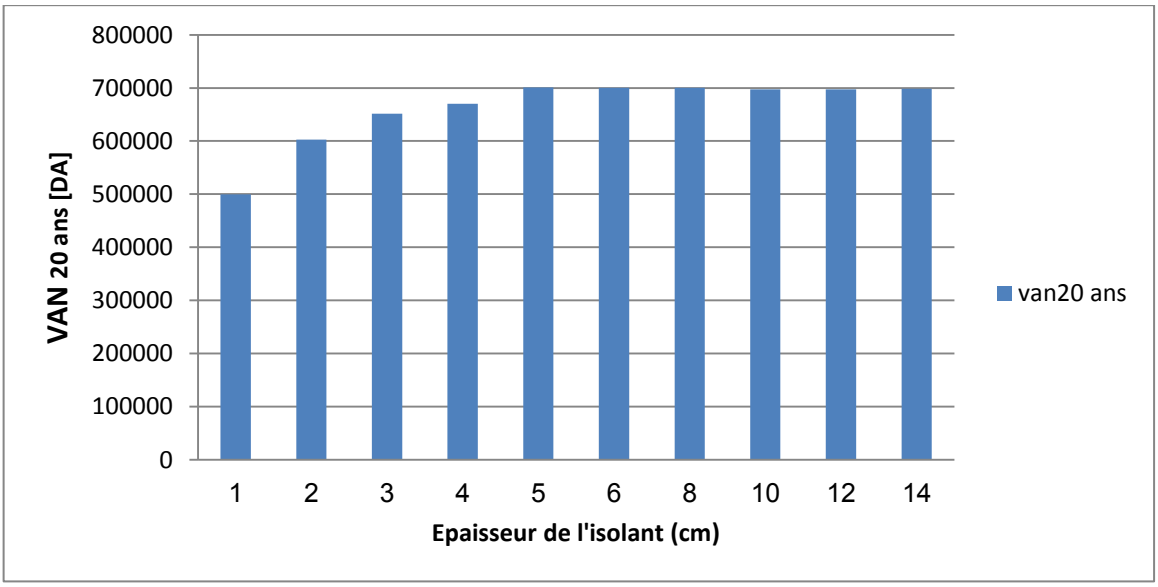


Figure IV.16 : L'évolution du besoin van 20ans L'impact de l'isolation de mur et toiture le prix **(14DA).**

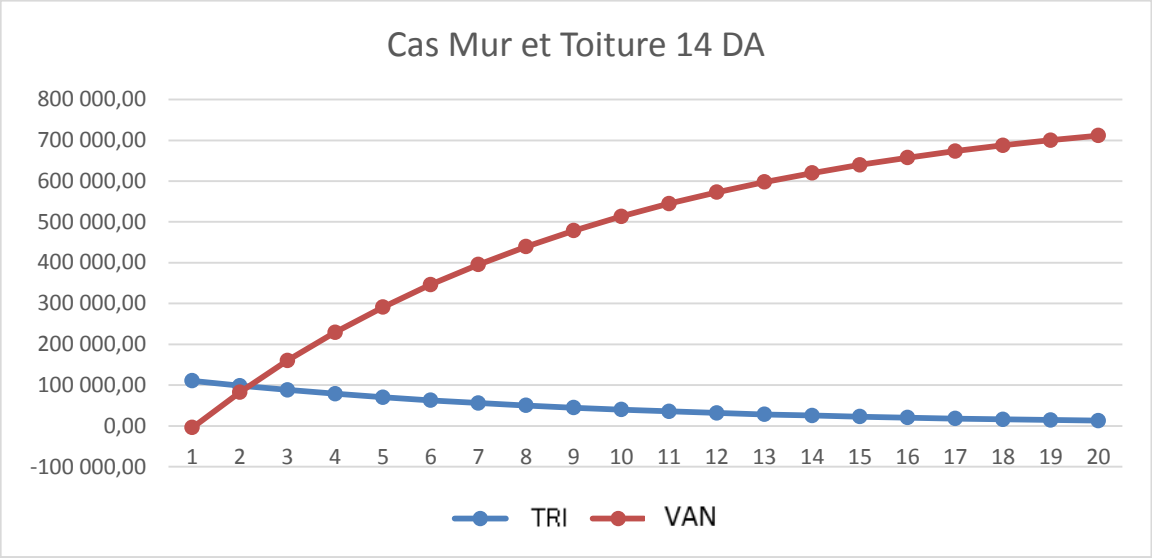


Figure IV.17 : L'évolution du besoin van 20ans (**L'épaisseur optimale d'isolation e=(5cm)**).

Dans l'expérience d'isolation pour le cas **Mur et Mur Toiture**, la meilleure valeur de la (VAN) est égale à 116714.4correspond l'épaisseur de 2 cm, dans le cas du prix 1kw=14 DA), la meilleure valeur de la (VAN) est égale à 700958.9 nous obtenons l'épaisseur optimum est de 5 cm.

IV.2.3. Deuxième partie (L'impact de L'isolation fibre)

IV.2.3.1. Mur

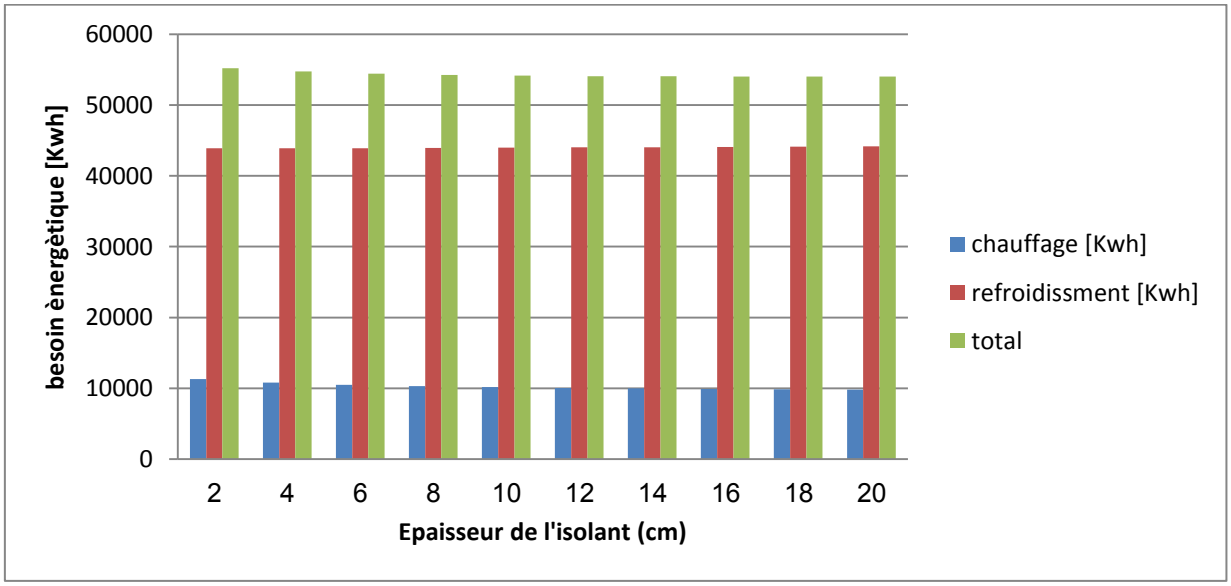


Figure IV.18 : L'évolution du besoin énergétique annuel (L'impact de l'isolation des murs).

IV.2.3.2. Toiture

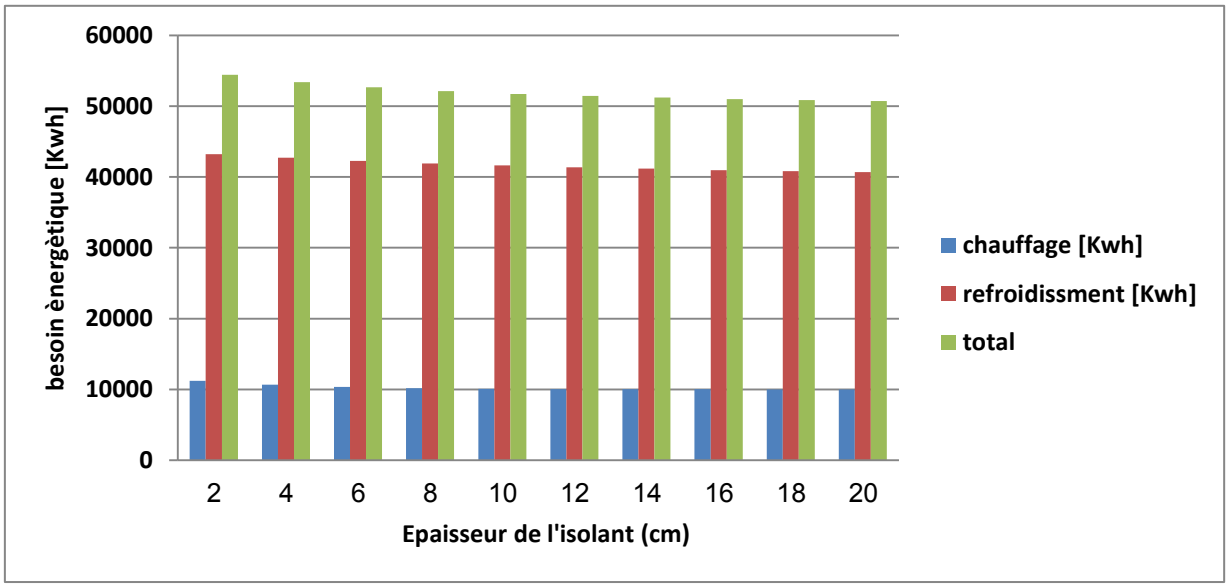


Figure IV.19 : L'évolution du besoin énergétique annuel (L'impact de l'isolation de toiture).

IV.2.3.3. Mur et Toiture

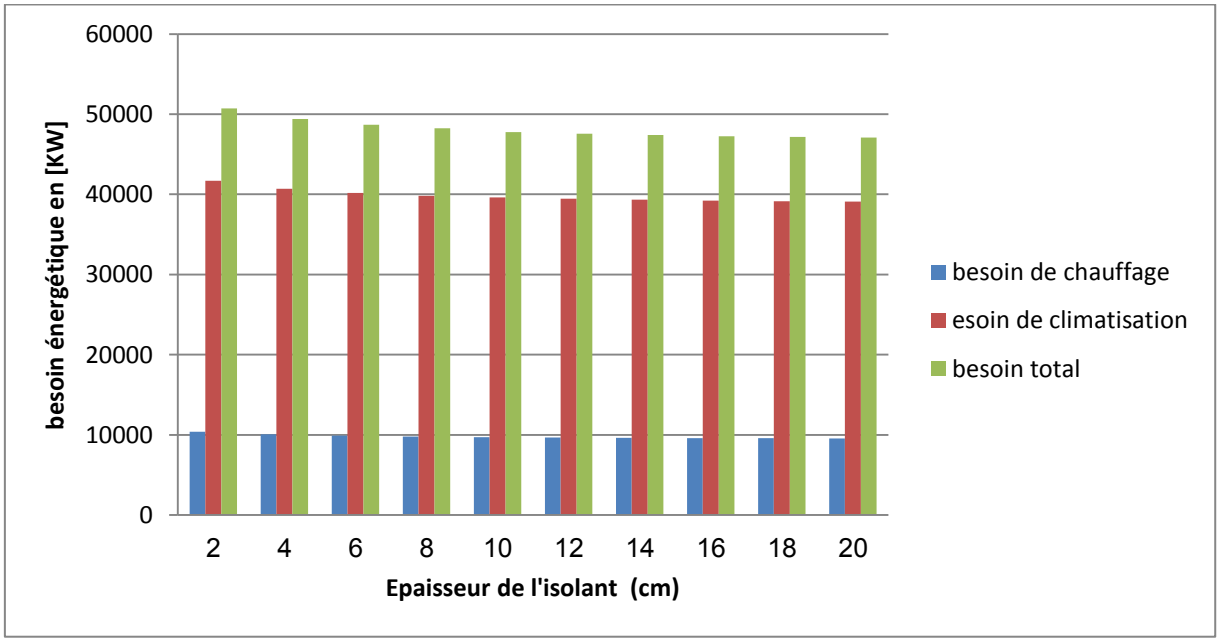


Figure IV.20 : L'évolution du besoin énergétique annuel (L'impact de l'isolation de mur et toiture).

IV.2.3.4. Comparaison de l'isolation de l'enveloppe du bâtiment

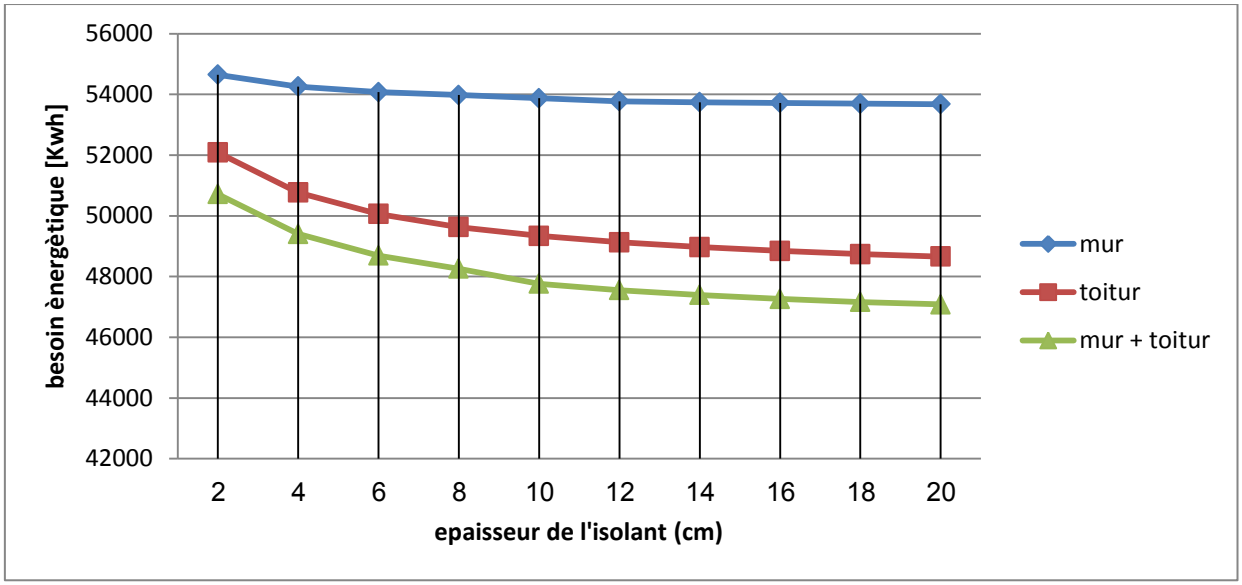


Figure IV.21 : L'évolution du besoin énergétique annuel (**L'impact de L'isolation fibre**).

Discussions:

Les résultats ont montré que l'isolation de la toiture et des murs extérieurs ont un impact important sur le gain énergétique total, bien que ce soit dans des proportions différentes,

L'isolation de la toiture peut apporter un gain de l'ordre de 9.35%, mais l'isolation de la toiture et des murs extérieurs à un gain de 13.05%, beaucoup plus important que les murs extérieurs, en plus l'isolation de la toiture permettent une baisse du besoin énergétique en chauffage et en climatisation simultanément. On constate que il y a une diminution notable sur la consommation due à l'épaisseur d'isolation toiture et toiture mur commence par 2cm jusqu'à 10 cm où l'épaisseur de l'isolation devient moins important en point de vue énergétique. D'après l'étude techno économique l'épaisseur optimum est lié directement en prix de KWh , on remarque que pour le prix 1kwh=14DA nous donne la meilleur VAN=554975.5 qui correspond 6cm, en revanche le cas de prix 1kwh= 4DA (soutenir par l'état) l'épaisseur optimum devient égale 4cm. Cela explique l'importance de l'étude techno économique.

IV.2.3.5. L'épaisseur optimale d'isolation

IV.2.3.5. 1.Le cout de 'isolation à fibre

Tableau IV.5: Le cout de 'isolation à fibre

L'épaisseur De l'isolation(cm)	1	2	3	4	5	6	8	10	12	14
Coût De l'isolation(DA)	60	118.8	178.8	232.8	292.8	342	446.4	546	640.8	730.8

IV.2.3.5. 2. L'impact de l'isolation de toiture(Prix1kwh =4DA)

Tableau IV.6 : calcul des Valeur Actuelle Nette **(**VAN**)**Durée de vingt ans(20ans)

Prix 1Kwh(DA)	4DA	14DA
Épaisseur optimale (cm)	8	12
Valeur Actuelle Nette **(**VAN**)**	48955.17	375162.5

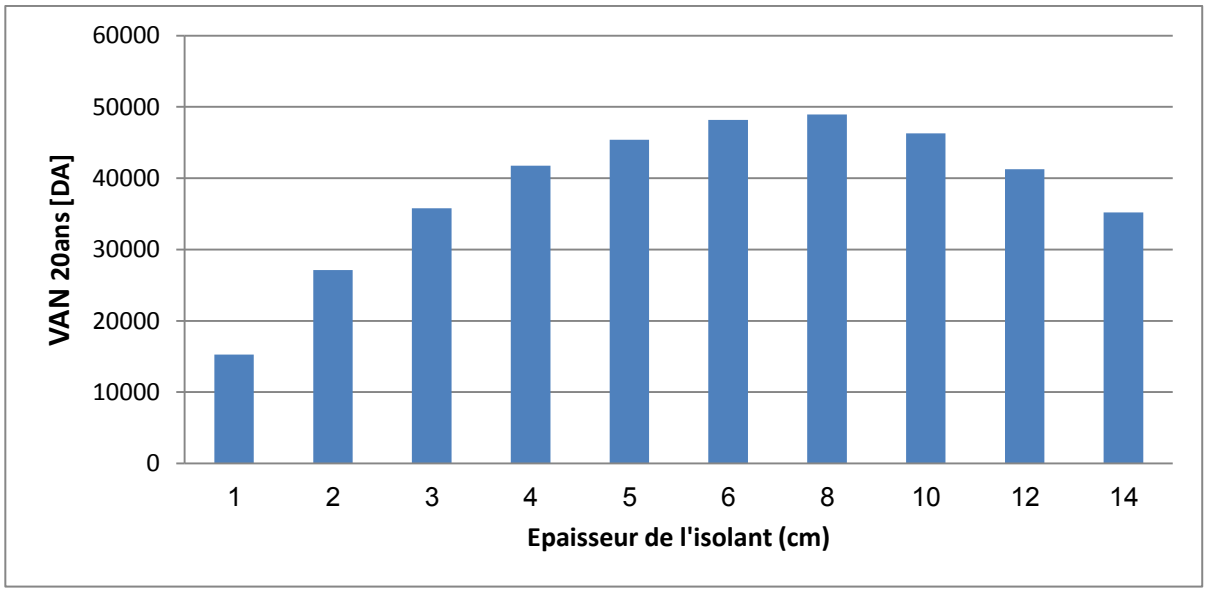


Figure IV.22 : L'évolution du besoin van20ans (L'impact de l'isolation de toiture le prix **(4DA).**

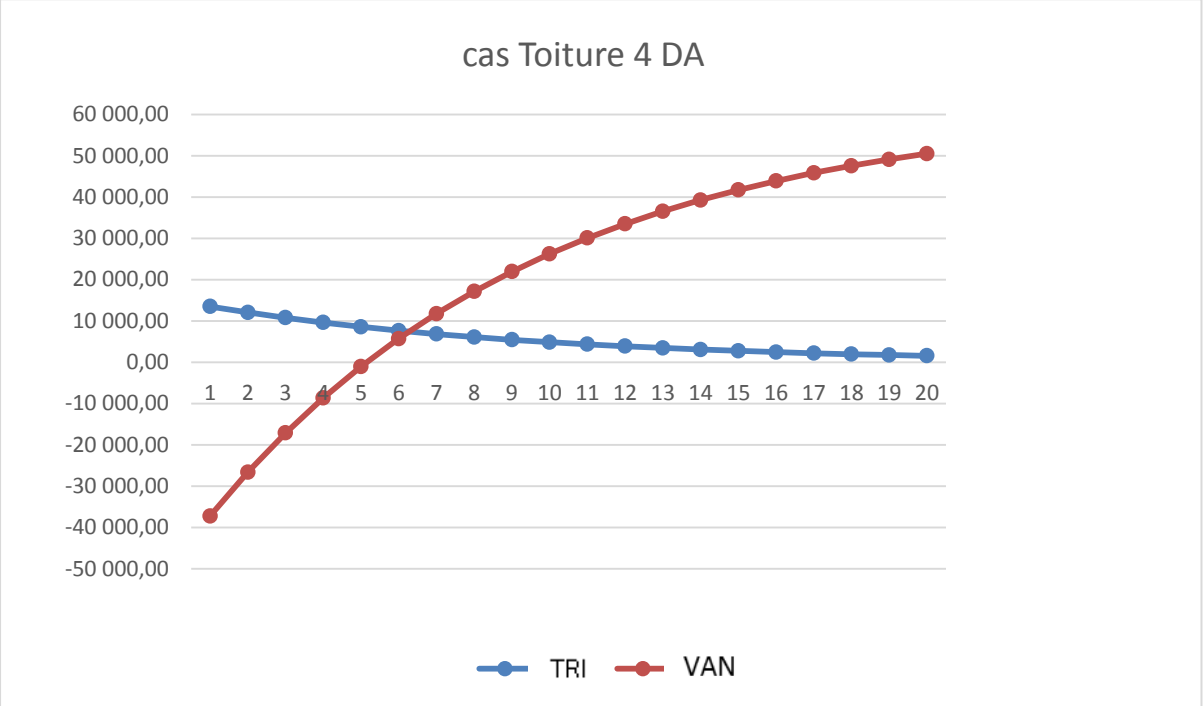


Figure IV.23 : L'évolution du besoin van 20ans (**L'épaisseur optimale d'isolation e=(8cm)**).

IV.2.3.5. 3. L'impact de l'isolation de toiture (Prix1Kwh =**14DA**)

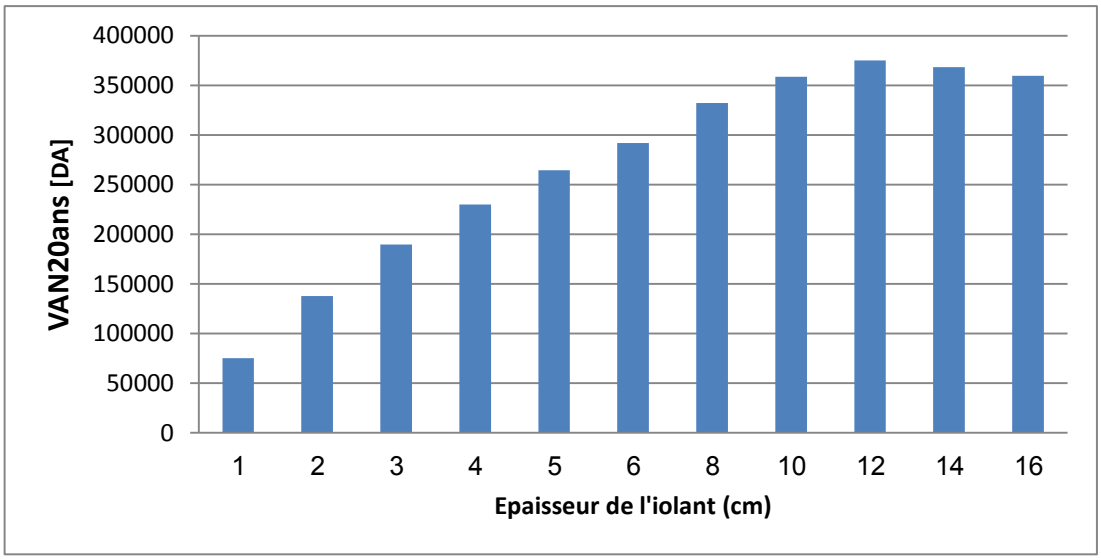


Figure IV.24 : L'évolution du besoin van 20ans (L'impact de l'isolation de toiture le prix **(14DA).**

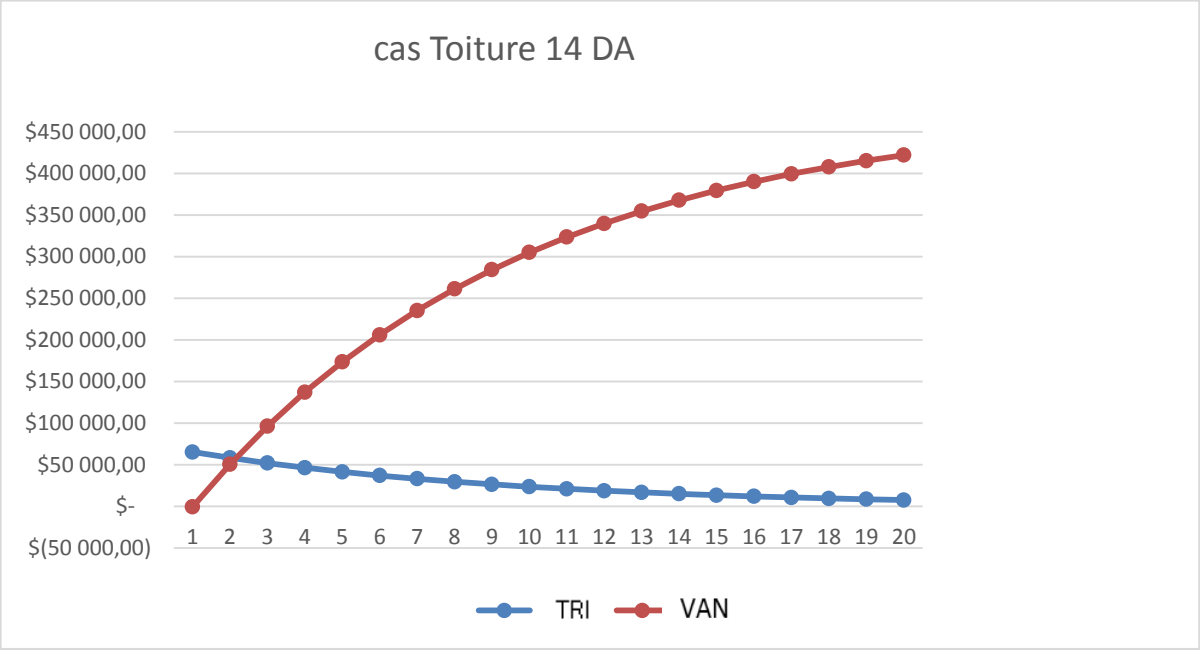


Figure IV.25 : L'évolution du besoin van 20ans (**L'épaisseur optimale d'isolation e=(12cm).**

Dans l'expérience d'isolation pour le cas **Toiture**, la meilleure valeur de la (VAN) est égale à 48955.7correspond l'épaisseur de 8cm, dans le cas du prix 1kw=(14 DA), la meilleure valeur de la (VAN) est égale à 375162.5 nous obtenons l'épaisseur optimum est de 12cm.

IV.2.3.5. 4. L'impact de l'isolation de Mur Prix 1Kwh=(4DA)

Tableau IV.7 : calcul des Valeur Actuelle Nette **(**VAN**)**Durée de vingt ans(20ans)

Prix 1Kwh(DA)	4DA	14DA
Épaisseur optimale (cm)	2	8
Valeur Actuelle Nette **(**VAN**)**	4703.58	109308.27

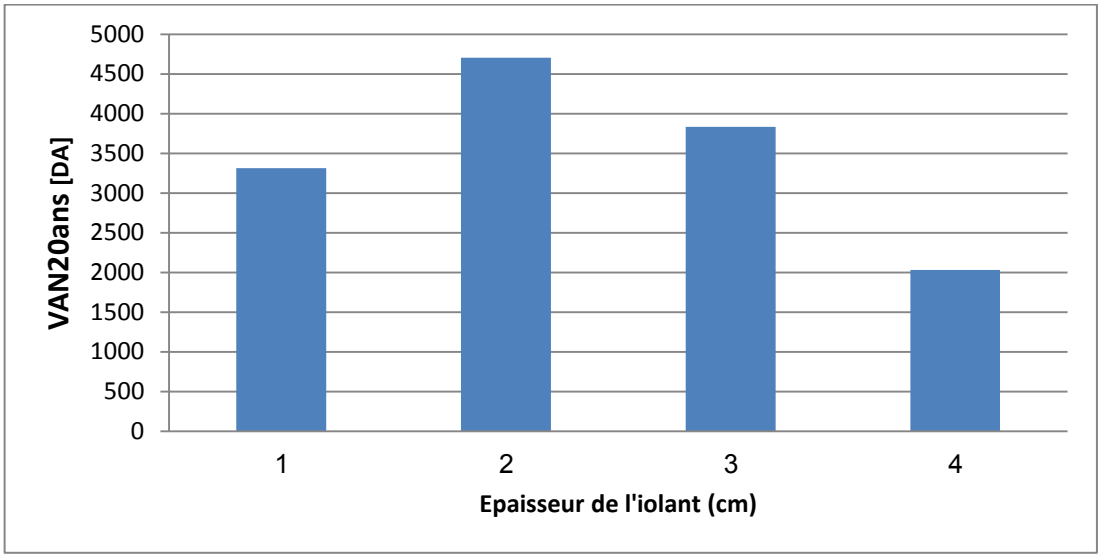


Figure IV.26 : L'évolution du besoin van 20ans (L'impact de l'isolation de mur le prix **(4DA).**

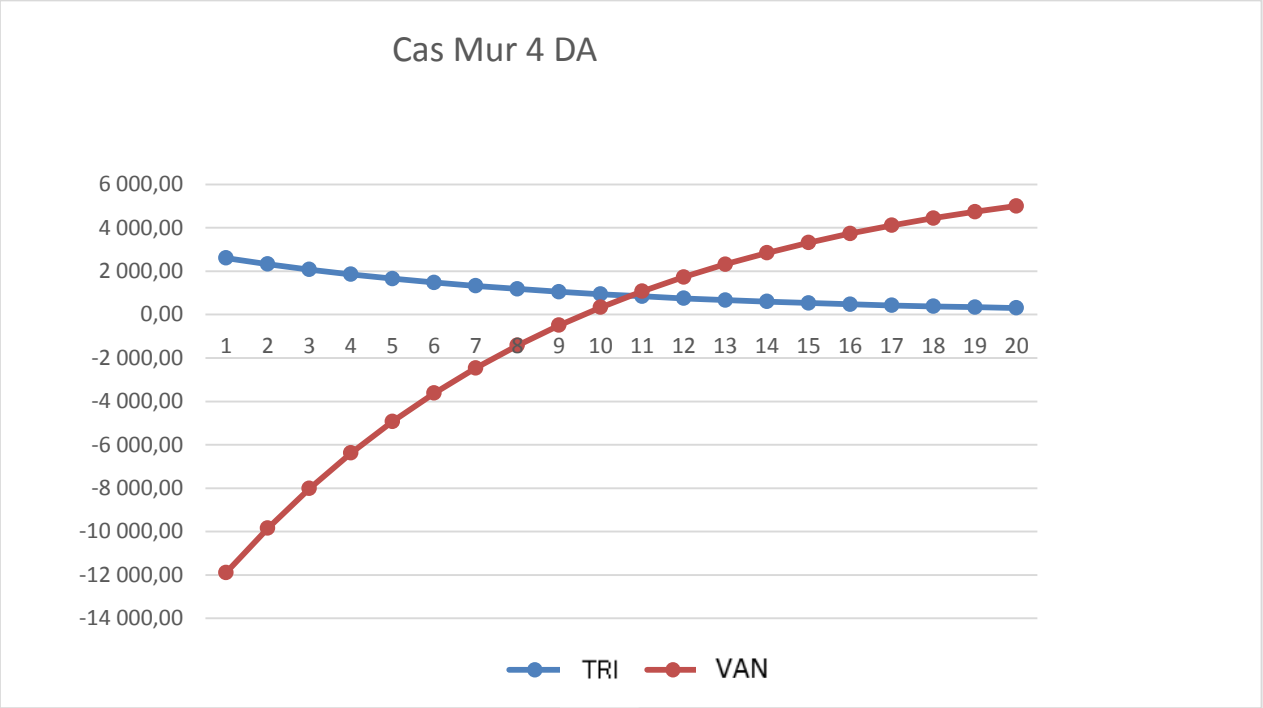


Figure IV.27 : L'évolution du besoin van 20ans (**L'épaisseur optimale d'isolation e=(2cm)**).

IV.2.3.5. 5. L'impact de l'isolation de Mur(Prix =**(14DA**)

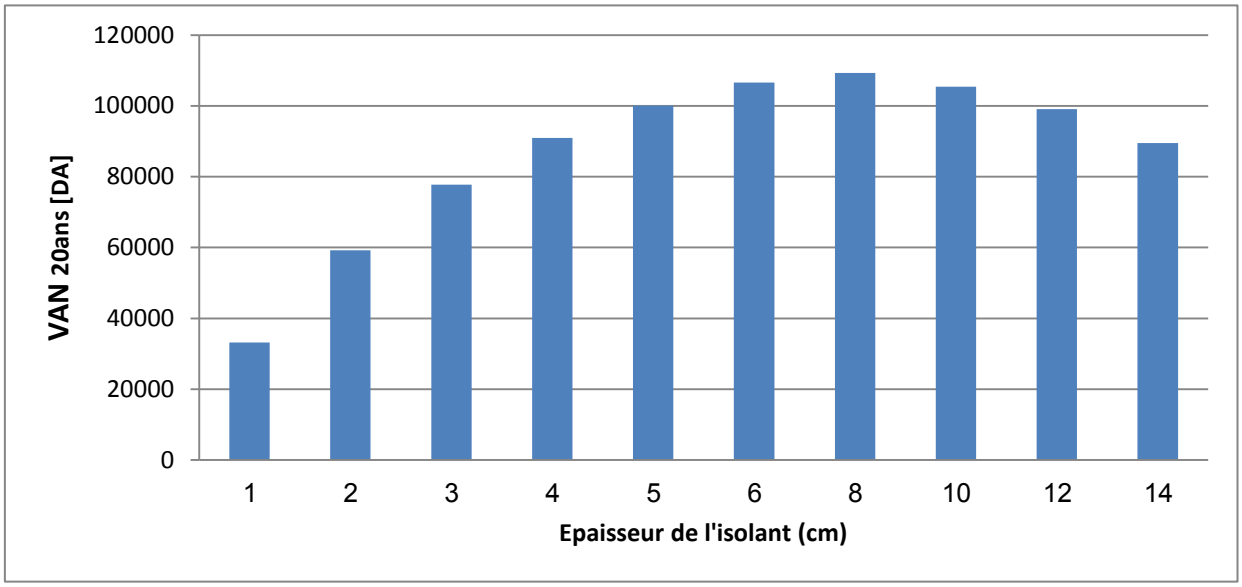


Figure IV.28 : L'évolution du besoin van 20ans(L'impact de l'isolation de mur le prix**(14DA)**

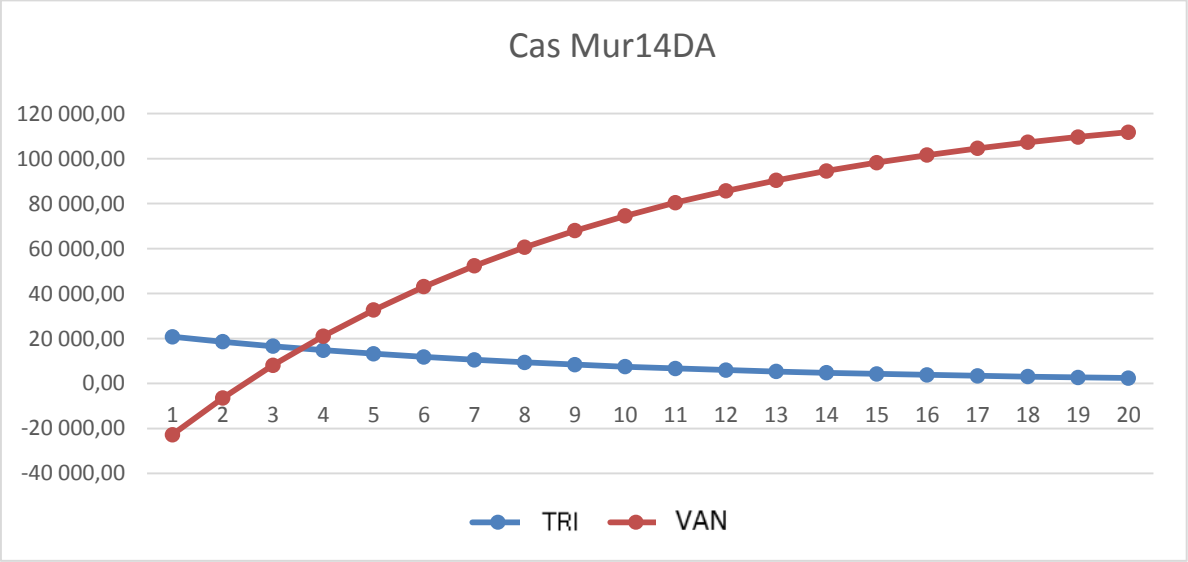


Figure IV.29 : L'évolution du besoin van 20ans (**L'épaisseur optimale d'isolation e=(2cm)**).

Dans le cas d'isolation du **Mur, on constate que** la meilleure valeur de la VAN est égale à 4703.5 DA correspond l'épaisseur de 2 cm où nous prenons le prix de 1kw =4D, contre une meilleure valeur de VAN est égale à 109308.2 correspond l'épaisseur de 8 cm.

.

.

IV.2.3.5. 6. L'impact de l'isolation de Mur et Toiture(Prix =**4DA**).

Tableau IV.8 : calcul des Valeur Actuelle Nette **(**VAN**)**Durée de vingt ans(20ans)

Prix 1Kwh(DA)	4DA	12DA
Épaisseur optimale (cm)	4	6
Valeur Actuelle Nette **(**VAN**)**	91922	554975.7

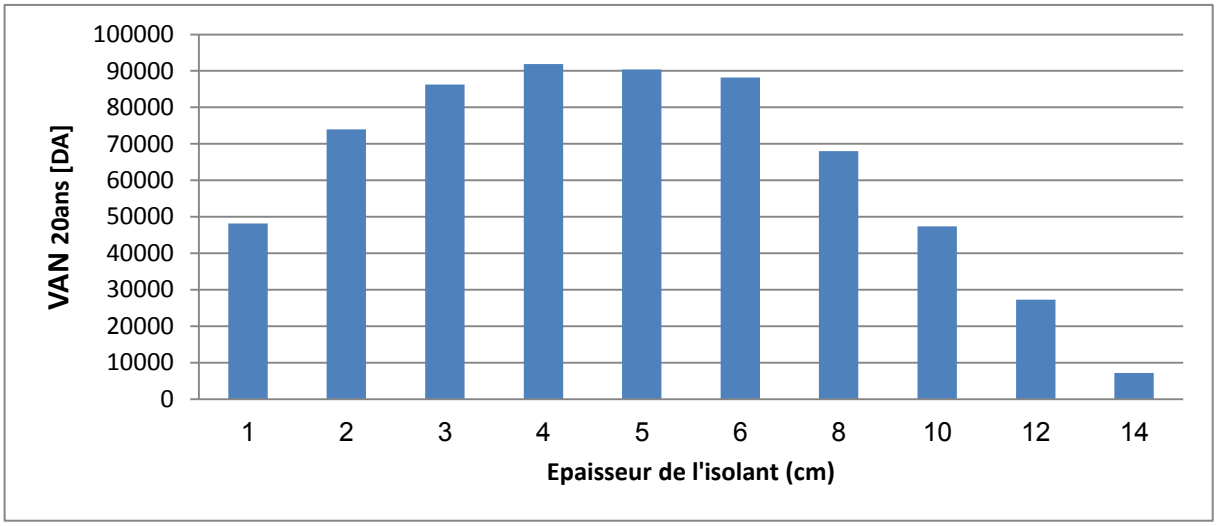


Figure IV.30 : L'évolution du besoin van 20ans(L'impact de l'isolation de mur le prix**(4DA).**

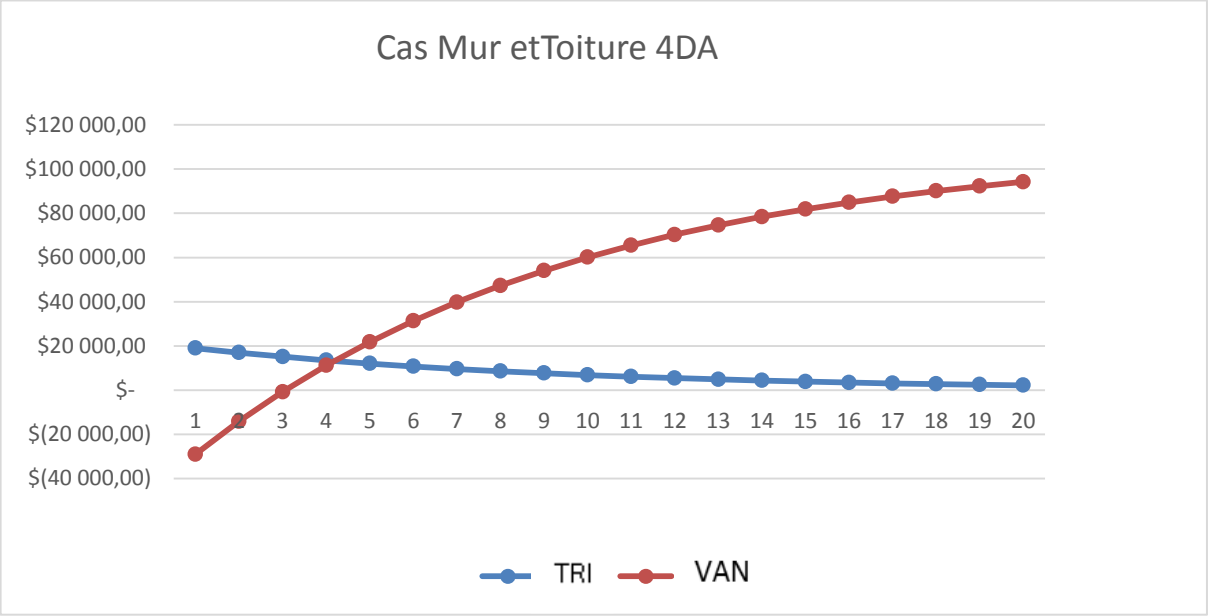


Figure IV.31 : L'évolution du besoin van 20ans (**L'épaisseur optimale d'isolation e=(4cm)**).

IV.2.3.5. 7. L'impact de l'isolation de Mur Extérieur et Toiture Prix1Kwh=(14DA).

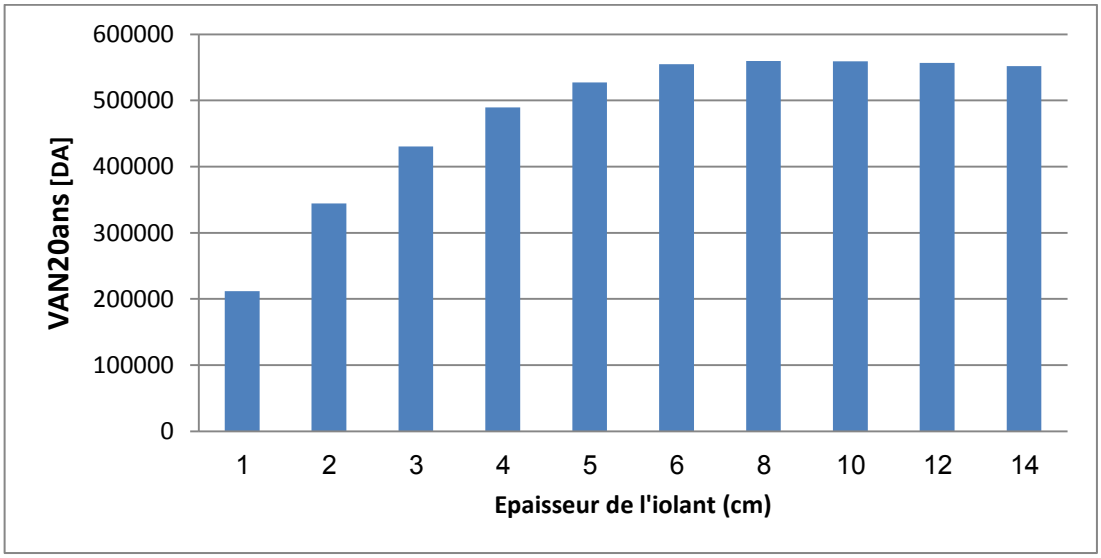


Figure IV.32 : L'évolution du besoin van 20ans L'impact de l'isolation de mur et toiture le prix =(14da).

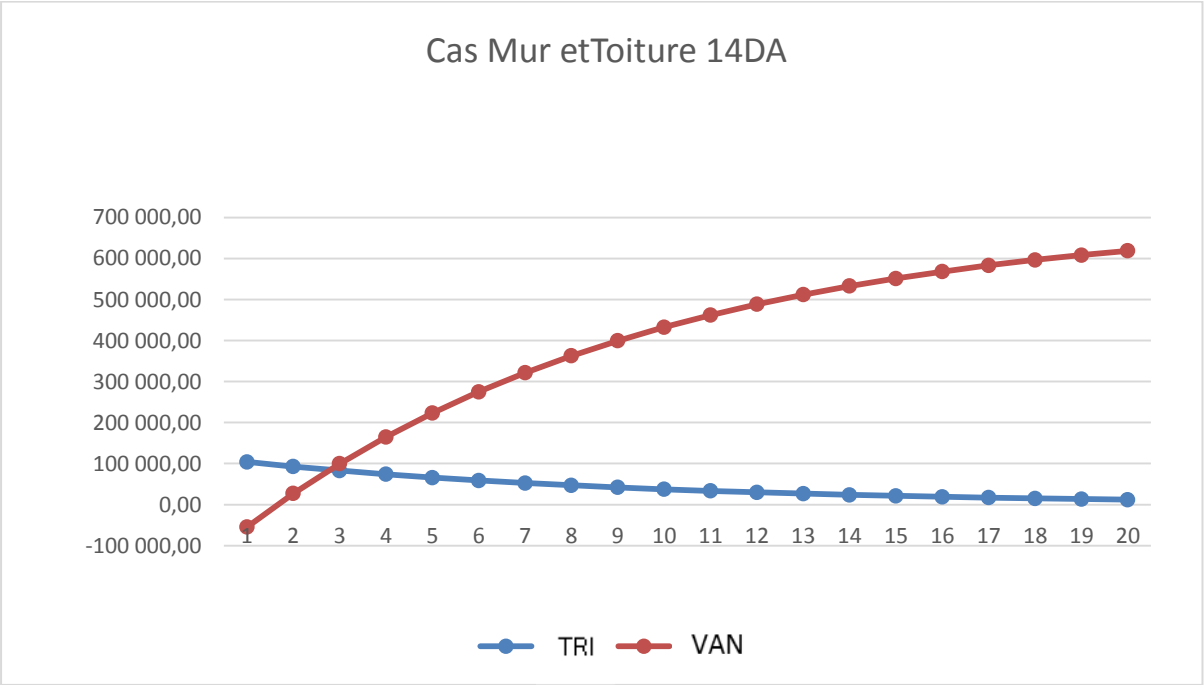


Figure IV.33 : L'évolution du besoin van 20ans (**L'épaisseur optimale d'isolation e=(8cm)**).

Dans l'expérience d'isolation pour le cas **Mur** et **Toiture**, la meilleure valeur de la (VAN) est égale à 91922correspond l'épaisseur de 4cm, dans le cas du prix 1kw=(14 DA), la meilleure valeur de la (VAN) est égale à 554975.7 nous obtenons l'épaisseur optimum est de 6cm.

IV.2.5. Troisième partie Comparaison des types d'isolation

Tableau IV.9 : Besoin énergétique annuel (type d'isolation).

	Cas de base	Isolation à Polystyrène expansé	Isolation à fibre
Besoin de chauffage [kWh]	**11990**	**9045**	10550
Besoin de climatisation [kWh]	**43920**	**41670**	43170
Besoin total [kWh]	**55910**	**50715**	53720
Performance [kWh/m^2 an]	**194.13**	**176.09**	186.52

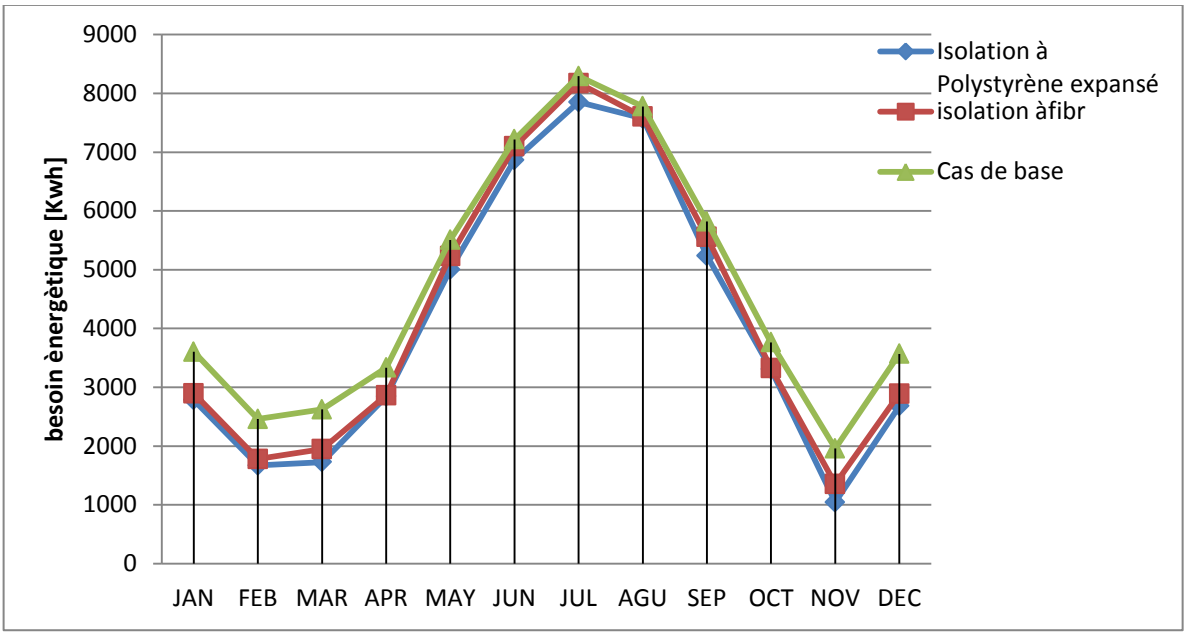


Figure IV.34 : l'effet énergétique de type d'isolation.

Discussions

Les résultats montrent que l'utilisation des Polystyrène expansé comme un matériau de construction donne la moins consommation d'énergie pour le chauffage et pour la climatisation donc, une économie d'énergie plus important par rapport le cas de base et le cas avec fibre . La performance énergétique pour le Polystyrène expansé est égale 176.09 kWh. Cette performance est plus faible par rapport les autre cas.

Les résultats montrent que l'utilisation des Polystyrène expansé comme un matériau d'isolation donne les meilleurs résultats en pont de vue énergétique, il peut réduire la

consommation totale 9.29%kwh pour le cas du prix 1kwh=4DA et 9.29% pour le cas du prix 1KW=14DA

Utilisation de fibre comme un matériau local d'isolation donne le meilleur résultat en point de vue techno économique pour le cas du prix1kwh=4DA, l'épaisseur optimum pour une nouvelle construction (isolation murs et toiture) est 4cm et pour le cas de réhabilitation mur on a trouvé 2cm, et l'épaisseur optimum est 8cm pour le cas toiture cela peut réduire la consommation totale de %3.91

pour le cas du prix 1KW=14DA on a trouvé que le meilleur épaisseur est 6 cm dans le cas d'une nouvelle construction, pour le cas de la réhabilitation des murs le meilleur épaisseur d'isolation est 8cm à diminuer la consommation totale 9.35%

Conclusion

On constate que le Polystyrène expansé donne les meilleurs résultats en pont de vue énergétique comme un matériau d'isolation, en revanche en point de vue technoéconomique la fibre sera plus rentable cela due à le prix de ce dernier (le prix de fibre est la moitié du prix de polystyrène).

D'après notre étude le prix de Kilo watt heures joue le rôle le plus important pour déterminer l'épaisseur optimum, pour cela on a utilisé deux variantes dépond du prix ;

la première variante corresponde le prix actuel utiliser par la Sonelgz (prix soutenir par l'état 1KW=4DA), l'étude montre que l'utilisation de ce prix influe d'une manière négative et rendre l'effet d'isolation moins importante, l'étude preuve que la meilleure épaisseur est 4cm pour le cas de la fibre et 2cm pour le cas de la polystyrène.

Pour la deuxième variante qui utilise le prix réal (prix en marché mondial 1KW=14DA), l'étude montre que l'isolation joue un rôle important soit pour une nouvelle construction ou bien pour l'réhabilitation, d'après notre étude la meilleure épaisseur est 6cm pour le cas de la fibre et 5cm pour le cas du polystyrène, cela due à la Valeur Actuelle Net.

Conclusion Générale

Conclusion générale

Le choix des matériaux utilisés pour la construction de l'enveloppe représente un enjeu considérable pour la réduction des consommations énergétiques dans le secteur du bâtiment.

Dans ce contexte, notre travail est inclus, qui contient une étude sur la réduction de la consommation d'énergie en utilisant plusieurs types d'isolation thermique.

L'objectif principal de notre travail est de contribuer à l'étude de l'isolation thermique des bâtiments dans les zones désertiques, pour réduire la consommation énergétique dans les bâtiments à partir de la réduction des échanges thermiques avec son milieu extérieur. Et pour trouver l'épaisseur optimale d'isolation, et l'emplacement idéal d'isolant dans l'enveloppe du bâtiment .

L'analyse des différents résultats obtenus par les simulations nous ont montré clairement qu'il est possible de réduire la consommation énergétique des bâtiments résidentiels (maison individuelle ou appartement) et ce en prenant en considération quelques aspects simples et importants dès la conception architecturale .

Afin d'assurer une bonne isolation thermique il faut d'utiliser les meilleures techniques d'isolation thermique, et il faut travailler de poser des fondements et des lois pour améliorer et développer l'isolation thermique des bâtiments par la compréhension et l'étude des propriétés physiques et thermiques des matériaux, et de choisir des bons matériaux d'isolation thermiques dans la construction des bâtiments .

En effet, nous avons prouvé qu'un le choix des matériaux de construction ont à faible conductivité thermique peut réduire de manière non négligeable les besoins énergétiques des bâtiments en chauffage en hiver et en climatisation en été .

Les résultats ont montré que L'isolation thermique joue un rôle principal dans la réduction des consommations énergétiques et également dans la création d'un espace de vie sain et plus confortable dans le bâtiment. En effet, une bonne isolation thermique entraine le choix d'équipements de climatisation moins puissants donc plus économiques. Cette étude expérimentale prouve que l'inertie thermique des isolant de fibre de palmier dattier et

polystyrène à une influence positif sur le confort thermique des constructions existe dans les zones aride

La plus part des déperditions énergétiques dans les isolant test sont dues à La Mur ou nous avons trouvé une différence de Consommation d'énergie entre les deux isolant allons jusqu'au 12.99%.

Nous avons également démontré que l'utilisation d'isolant en polystyrène est une solution plus efficace qui donne les meilleurs résultats en termes d'économie d'énergie.

Comme perspectives de notre travail, nous proposons d'abord de réaliser des simulations pour vérifier tous les aspects liés à la réglementation thermique des bâtiments au l'Algérie, et ensuite d'améliorer l'étude sur l'optimisation des caractéristiques de l'enveloppe en ajoutant d'autres paramètres tels que l'inertie thermique et la ventilation et de généraliser notre analyse ou évaluation énergétique aux bâtiments des autres zones climatiques d'Algérie.

[1] Pierre Tittelein, « Environnements de simulation adaptés l'étude du comportement énergétique des bâtiments basse consommation, Thèse de doctorat spécialité génie civil et sciences de l'habitat, Université de Savoie, 2008.

[2] Connaissance des Énergies, d'après (Key World Energie Statistiques 2014, AIE).

[3]Site internet :World : Balances for 2016, Agence internationale de l'énergie, 21 septembre 2018.

[4] Site internet Un Monde d'énergie édition 2017 Publiée en mars 2018

[5] APRUE : Agence nationale pour la promotion et la rationalisation de l'énergie (Algérie) 2014.

[6]DIDA .M «Contribution à l'étude de l'effet d'isolation thermique sur la consommation énergétique des bâtiments» Mémoire master académique Génie mécanique Energétique, Université Kasdi Merbah, Ouargla.2015/2016

[7] Bilan Energétique National Année 2017

[8]Siteinternet:https://www.maghrebemergent.info/algerie-la-consommation-energetique-des-menages-en-hausse-de-pres-de-7/ 12 JUILLET 2018

[9] **AFFOUNE Souad** Analyse des facteurs de la consommation D'électricité Par les petites et moyennes entreprises Cas de Kherrata et sa région Mémoire MASTER Université Abderrahmane Mira de Bejaïa 2016/2017

[10]Site internet:https://maghrebemergent.info/algerie-la-consommation-de-l-energie-electrique JUILLET 2018

[11] Société Nationale de l'électricité et du gaz unité d'Ouargla, Sonelgaz (2017-2018).

[12]Site internet:https://www.elwatan.com/edition/actualite/bilan-energetique-2017-la-consommation-interne-en-hausse-10-06-2018-369899_109-php-2-09-06-201809 JUIN 2018 À 23 H 39 MIN

[13] Alain Liébard, Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques, édition Le Moniteur. (2005).

[14] Alain Liébard, Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques, édition Le Moniteur. (2005).

[15] Site internet http://www-energie.arch.ucl.ac.be/cdrom)

[16]**BENTCHIKOU M.** « 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, Mai 2008.

[17]**BENHARKAT** Sarah« impact de L' éclairage naturel zenithal sur le confort visuel dans les salles de classe» cas d'étude :bloc des lettres de l'université mentouri Constantine **.**mémoire magister option architecture bioclimatique**.**

[18] **Syndicat de l'éclairage** « L'éclairage et le confort visuel ». Paris. p1 [En ligne] www.syndicatéclairage.com (Document pdf consulté le 20 mai 2004)

[19]: **A. DE HERDE** & al.[www-energie.arch.ucl.ac.be]

[20] Akchiche,Z«Etude de comportement d'une cheminée solaire en vue de l'isolationthermique»,MémoiredeMagistèreGéniemécanique,Université KasdiMerbah, Ouargla.2011

[21]site internet https://passivact.fr/Concepts/files/Confort-ApprocheGlobale.html 16/01/2012 - https://passivact.fr/Exemples/LutevaOstal/

[22] Par exemple les variations de l'intensité du rayonnement solaire dues aux variations de l'orbite terrestre, ou aux variations de l'activité solaire

[23]https://350.org/fr/8-impacts-du-changement-climatique-qui-affectent-deja-lafrique/Site officiel du GIEC.

[24] United Nations Framework Convention on Climate Change [archive].

[25]:Keith. Lye, notre planète la terre, Hatier, Fribourg (Suisse), 1985. PP: 52-53.

[26]Climat aride –https://www.universalis.fr**.**

[27] ALAIN M. et ARLETTE Z., « Habitat traditionnel dans le monde éléments pour une approche» Etablissement humains et environnement socio-culturel UNESCO Aout1983.

[28] http://www.meteo.dz/climatenalgerie.php

[29] La daïra de TOUGGOURT http://fr.getamap.net/,2013.

[30]HADDAD Abdelkrim, Transferts thermiques un cours de base pour les étudiants en cycle

de graduation avec plus de 100 problèmes et exercices, Texte imprimé, Alger 2001.

[31] P. Latif et M. Jiji, Heat Conduction, New York.

[32] CLONED J., « Les matériaux isolantes thermiques pour le bâtiment », Centre d'animation régional en matériaux avancé, Mai 2010**.**

[33] **HOLLAERT**, Laurie « 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 2014.

[34] **HAKKOUM Soumia**, « Etude des caractéristiques thermiques et mécaniques des briques en terre cuite traditionnelles dans les régions de la wilaya de Ouargla », Mémoire de Magister, Université de Ouargla 2015

[35]**M. MAZARI**, 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, 2012.

[36] **Dr. Mohammad S**. Al-Homoud, "Performance characteristics and practical applications of common building thermal insulation materials," Building and Environment, vol. 40, pp. 353-366, 2005

[37] guide pratique pour la construction et la rénovation durables des petits bâtiments, matériaux d'isolation thermique : choisir des matériaux sains, avec un écobilan favorable, juillet 2010

[38] **COULOMB Philippe**, HERMANN Guillaume, SARLIN Sophie, L'isolation thermique dans la conception et la réalisation des locaux de travail.

[39] "Guide des matériaux isolants," Espace info: Energie C.A.U.E. de la Haute-Loire,16 rue Jean Solvain, 43000 Le Puy En Velay. www.eie43.fr.

[40] Guide technique « Guide des matériaux isolants ».

[41] Guide des matériaux isolants, Espace info : Energie C.A.U.E. de la Haute-Loire, www.eie43.fr.

[42] **CLONED J**, « Les matériaux isolantes thermiques pour le bâtiment », Centre d‘animation régional en matériaux avancé, Mai 2010.

[43] J'ai visité l'usine de polystyrène située à Ouargla le 2019/04/28

[44] www.aprue.org.dz (Février 2013).

[45] **S.MAZOUZ**, La ville et le désert, Le Bas-Sahara Algérien, ISBN: 2-84586-733-6, Décembre 2005.

[46]**LEMTENNECHE.A** et **BOUGUNOUR.T** «Etude expérimentale des transferts thermique dans un local muni d'un isolation à base végétale». Thème , Mémoire de Master Professionnel Génie mécanique Energétique, Université Kasdi Merbah, Ouargla.2016/2017.

Résumé

Le climat dans les régions sahariennes dans notre pays caractérise par un hiver froid et sec et un été très chaud. Les matériaux de construction utilisés dans ces régions sont le béton et le mortier de ciment, qui présentent une mauvaise résistance thermique ce qui engendre d'énormes dépenses de la consommation énergétique de climatisation et de chauffage. Pour remédier à ce problème il est nécessaire d'installer des matériaux isolants ou de remplacer ces matériaux de construction par un autre matériau ayant une bonne isolation thermique et à faible consommation d'énergie.

Ce travail porte sur la valorisation d'intégration des matériaux isolants pour améliorer la performance thermique de l'enveloppe des bâtiments on a utilisé deux type de martiaux d'isolations le premier est la fibre comme une matière locale et le deuxième c'est le polystyrène. Il s'agit dans une étape important pour valoriser l'effet technoéconomique et le confortable avec moins consommation d'énergie.

La méthodologie de ce travail porte sur les méthodes numériques utilisant la simulation thermique dynamique à l'aide du logiciel de simulation TRNSYS et son interface TRNBuild.

Le résultat a montré que le prix d'un kilo watt heure jeu un rôle principale pour déterminer l'épaisseur optimum dans les bâtiments.

Mots clés: matériaux de construction, épaisseur optimum, prix de kilo watt heures, bâtiments à basse consommation d'énergie .TRNSYS.

Abstract

The climate in the Saharan regions in our country is characterized by a cold and dry winter and a very hot summer. The building materials used in these areas are concrete and cement mortar, which have poor thermal resistance which generates huge expenditures of energy consumption of air conditioning and heating. To remedy this problem it is necessary to install insulating materials or to replace these building materials with another material having good thermal insulation and low energy consumption.

This work focuses on the valuation of integration of insulating materials to improve the thermal performance of the building envelope we used two types of insulation martial the first is the fiber as a local material and the second is polystyrene . This is an important step to enhance the techno-economic effect and the comfort with less energy consumption. The methodology of this work focuses on numerical methods using dynamic thermal simulation using the TRNSYS simulation software and its TRNBuild interface. The result showed that the price of a kilo watt hours plays a key role in determining the optimum thickness in buildings.

Key words: building materials, optimum thickness, kilo watt hour price, low energy buildings TRNSYS.

ملخص

يتميز المناخ في المناطق الصحراوية في بلدنا بشتاء بارد وجاف وصيف حار جدًا. مواد البناء المستخدمة في هذه المناطق هي الخرسانة ، والتي لديها مقاومة حرارية ضعيفة والتي تولد نفقات ضخمة من استهلاك الطاقة للتكييف والتدفئة. لحل هذه المشكلة ، من الضروري تثبيت مواد عازلة أو استبدال مواد البناء هذه بمادة أخرى ذات عزل حراري جيد واستهلاك منخفض للطاقة.

يركز هذا العمل على تقييم تكامل المواد العازلة لتحسين الأداء الحراري لمغلف المبنى ، واستخدمنا نوعين من المواد العازلة العازلة ، الأول هو الألياف كمادة محلية والثاني البوليسترين . هذه خطوة مهمة لتعزيز التأثير التقني والاقتصادي والراحة مع استهلاك أقل للطاقة.

ترك منهجية هذا العمل على الطرق العددية باستخدام المحاكاة الحرارية الديناميكية باستخدام برنامج محاكاة TRNSYS وواجهة TR NBuild الخاصة به.

وأظهرت النتيجة أن سعر كيلو واط ساعة يلعب دورا رئيسيا في تحديد سمك الأمثل في المباني.

الكلمات المفتاحية: مواد البناء ، سمك الأمثل ، سعر الكيلو واط ساعي، المباني منخفضة لاستهلاك الطاقة TRNSYS.