

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

République Algérienne
Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement
Supérieur et de la
Recherche Scientifique
Centre Universitaire - Ain
Témouchent



الجمهورية الجزائرية
الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث
العلمي
المركز الجامعي لعين تموشنت

Institut des sciences et de la technologie

Département de Génie Civil

Mémoire pour l'Obtention du Diplôme

Master en Génie Civil

Option : Ingénierie de Structure

Thème :

**VERS DES BATIMENTS MOINS
ENERGIVORES**

-Présenté en juin 2014 par : - BENABBAD Imane

- BELKIHHEL Mourad

Devant le Jury composé de :

Dr	A. TAHAR BERRABAH	Président
M^{me}	M .TABET AOUL	Encadreur
Mr	N. TABET AOUL	Co -Encadreur
Dr	A. BOUAYED	Examineur
M^{me}	W .MOUSSI	Examineur

Année Universitaire 2013-2014

REMERCIEMENTS

Nous remercions, en premier lieu, notre dieu qui a bien voulu nous donner la force pour effectuer le présent travail.

En second lieu, Nous remercions notre encadreur M^{me} TABET AOUL pour ses précieux conseils et sa patience tout le long du chemin pour l'aboutissement de ce projet.

Nous remercions également le professeur M^r TABET Aoul pour son aide tout au long de mes études.

Nos remerciements vont aussi à l'informaticien et ami de la famille Mr RIFFI Mohammed, pour son aide sans laquelle ce projet n'aurait pas pris forme.

Nous remercions également, notre ami Abdou pour ses encouragements qui ont été une bouffée d'air fraîche à chaque instant et son soutien.

Nous remercions tous les membres de ma famille pour leurs aides et leurs soutiens.

Nous remercions tous nos amis pour les instants de joies et de bonheurs.

A la fin, Nous remercions mes enseignants durant toute notre formation et tout le personnel administratif du centre universitaire.

Sans oublier nous remercions tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin.

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail et ma profonde gratitude à ma mère et mon père pour l'éducation qu'ils m'ont prodigué; avec tous les moyens et au prix de toutes les sacrifices qu'ils ont consentis à mon égard, pour le sens du devoir qu'ils m'ont enseigné depuis mon enfance.

A mes grands-parents

A mes deux frères Adel et Karim

A tous les membres de ma famille grands et petits.

A tous mes amis.

Mon encadreur et les professeurs de ma formation de Génie Civil.

BENABBAD Imane

DEDICACE

A mes parents

En vous je vois les parents parfaits, toujours prêts à se sacrifier pour le bonheur de leurs enfants, merci pour tout.

A mes frères et mes sœurs, mes cousins et mes cousines.

Je remercie également, mes copains :

Radwane , Nabil, Amine, Ahmed, Mazouni, fouad, said, madjid.

Mes amis de Ain Témouchent, SBA, Alger et Blida.

Les familles : BELKIHHEL, BENABBAD.

A mes amis qui m'ont soutenu durant mon projet.

BELKIHHEL Mourad

Sommaire

Titre	N° page
RESUME	12
INTRODUCTION GENERALE	14
CHAPITRE I : LA CONSOMMATION D'ENERGIE DANS LE SECTEUR DU BATIMENT	16
I.INTRODUCTION	17
II.PROBLEMATIQUE ENERGETIQUE	18
III.DEFINITION DE L'ENERGIE	20
IV.LES TYPES D'ENERGIES	22
IV.1.LES COMBUSTIBLES FOSSILES	22
IV.2.LES ENERGIES RENOUVELABLES	23
V. LES ENERGIES FOSSILES	23
V.1. LES CONSEQUENCES DE LA HAUTE CONSOMMATION D'ENERGIE FOSSILE	23
V.2. EFFET DE SERRE ET CHANGEMENTS CLIMATIQUES	24
VI. LA CONSOMMATION ENERGETIQUE EN ALGERIE	26
VI.1. LA CONSOMMATION D'ENERGIE DANS LE SECTEUR MENAGER EN ALGERIE	28
VII. L'ENERGIE ET LE DEVELOPPEMENT DURABLE	29
VIII. LE RECOURS AUX ENERGIES RENOUVELABLES POUR UN DEVELOPPEMENT DURABLE	30
IX. LES TYPES D'ENERGIES RENOUVELABLES UTILISEES DANS LES BATIMENTS	30
IX.1. L'ENERGIE DU SOLEIL	30
IX.1.1. LE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE	30
IX.1.2. LE SOLAIRE THERMIQUE	30
IX.2. L'ENERGIE DU VENT	31
IX.3. L'ENERGIE DE LA TERRE	31
X. MAITRISE DE L'ENERGIE ET LA REGLEMENTATION THERMIQUE EN ALGERIE	31
X.1. PRESENTATION DES DTR (C 3-2, C 3-4, C 3-31)	33
XI. CONCLUSION	34
CHAPITRE II : L'ECONOMIE D'ENERGIE ET L'EFFICACITE ENERGETIQUE DANS LES BATIMENT	35
I.INTRODUCTION	36
II. DEMARCHE EFFECTUEE PAR L'ALGERIE	36

III. L'EFFICACITE ENERGETIQUE	37
III.1. LE DIAGNOSTIQUE DE PERFORMANCE ENERGETIQUE	37
IV. CLASSIFICATION DES BATIMENTS EFFICACES ENERGETIQUEMENT	38
V. BATIMENT ECONOMOME EN ENERGIES	38
VI. LA CONCEPTION BIOCLIMATIQUE	40
VI. 1. LES PRINCIPES DE L'ARCHITECTURE BIOCLIMATIQUE	40
VI. 2. LES BASES DE CONCEPTION D'ENSEMBLES	40
VI. 2.1. LA FORME ET LA COMPACTITE (BATIMENT COMPACT)	40
VI. 2.2. L'ORIENTATION	41
VI. 2.2.1. LES CLASSES D'ORIENTATIONS	42
VI. 3. L'ENSOLEILLEMENT ET LES REVETEMENTS EXTERIEURS DE L'ENVELOPPE	43
VI.4. EFFETS DE L'ORIENTATION DES FENETRES SUR LES TEMPERATURES INTERIEURES	44
VI.5. FENETRES ET PROTECTIONS SOLAIRES	44
VI.6. COMPOSITION DU PLAN INTERIEUR DU LOGEMENT	44
VI.7. LES STRATEGIES BIOCLIMATIQUES:	45
VI.7. 1. SYSTEME DE CHAUFFAGE SOLAIRE PASSIF (CONFORT D'HIVER) :	45
VI.7.2. SYSTEME DE RAFRAICHISSEMENT PASSIF (CONFORT D'ETE) :	46
VII. LE CONFORT THERMIQUE :	47
VII.1. LA NOTION DU CONFORT THERMIQUE :	47
VII.2. LES DIFFERENTES SAISONS DU CONFORT	48
VII.3. LES CLES DU CONFORT THERMIQUE :	48
VII.3.1. ISOLER	48
VII.3.2. VENTILER	48
VII.3.3. AERER	48
VIII. CONCLUSION :	49
CHAPITRE III : L'ECONOMIE D'ENERGIE DANS LES BATIMENT D'HABITATION	50
I. INTRODUCTION	51
II. L'ISOLATION THERMIQUE PERFORMANTE DE L'ENVELOPPE	51
II.1. LE CONFORT D'HIVER	52
II.2. LE CONFORT D'ETE	53
II.3. LES DIFFERENTS TYPES D'ISOLANTS	53

II.4. LES CARACTERISTIQUES THERMIQUES D'UN ISOLANT PERFORMANT	54
II.4.1. LA CONDUCTIVITE THERMIQUE (λ) (EN W/M.°C)	54
II.4.2. RESISTANCE THERMIQUE « R » (EN M ² . °C/W)	54
II.4.3. L'EPAISSEUR (E)	55
II. 5. LES TYPES D'ISOLATION	56
II. 5. 1. L'ISOLATION PAR L'INTERIEUR	56
II. 5.2. L'ISOLATION PAR L'EXTERIEUR :	56
II. 5.3. L'ISOLATION THERMIQUE LES PARTIES A ISOLER	57
II. 5.4.ISOLATION DES TOITURES TERRASSES	57
II. 5.5. ISOLATION RENFORCES DES MURS	57
II. 5.5.1. PAR L'EXTERIEUR	57
II. 5.5.2. PAR L'INTERIEUR	57
II. 5.6. ISOLATION DU PLANCHER	58
II. 5.7. ISOLATION DES FENETRES	58
II. 5.8.ISOLATION DE LA PORTE D'ENTREE	58
II. 6.L'ISOLATION ET L'HUMIDITE	58
III. MATERIAUX DE CONSTRUCTION ET LEURS PERFORMANCES THERMIQUES	58
III. 1) LA CAPACITE THERMIQUE (PC)	59
III 2) LA DIFFUSIVITE THERMIQUE (A)	59
V. 3) L'EFFUSIVITE THERMIQUE (B)	60
III. 4) L'INERTIE THERMIQUE	60
III. 5) LE COEFFICIENT DE TRANSMISSION SURFACIQUE (U)	61
III. 6) LA MASSE VOLUMIQUE	61
IV. TRAITEMENT POUSSE DES PONTS THERMIQUES	62
IV.1. LES MEILLEURS TRAITEMENTS DES PONTS THERMIQUES	63
IV.1.1. UNE BONNE MISE EN ŒUVRE	63
IV.1.2. L'ISOLATION PAR L'EXTERIEUR	63
V. L'ETANCHEITE A L'AIR	64
V.1.SOLUTIONS EFFICACES	65
VI. UNE VENTILATION PERFORMANTE	65
VI.1.TYPES DE VENTILATIONS	66

VI.1.1.LA VENTILATION NATURELLE	66
VI.1.2.VENTILATION MECANIQUE	66
VII. DES FENETRES PERFORMANTES	67
VII.1. VITRAGE ET PROPRIETE THERMIQUE	67
VII.1.1. LE FACTEUR SOLAIRE	67
VII.1.2. LE FACTEUR THERMIQUE	67
VII.1.3. LE FACTEUR LUMINEUX (TL)	67
VII.2. LE DOUBLE OU TRIPLE VITRAGE POUR L'ECONOMIE D'ENERGIE	68
VII.3 .LE DOUBLE OU TRIPLE VITRAGE	68
VII.3.1.UNE FENETRE DOUBLE VITRAGE	69
VII.3.2.UNE FENETRE TRIPLE VITRAGE	69
VII.3.3.FENETRE AVEC LAME D'AIR OU DE GAZ RARES (ARGON, KRYPTON, XENON)	70
VII.3.4.LA TRANSMISSION THERMIQUE DE LA VITRE UG (EN W/M ² .°C)	70
VII.3.5.LA TRANSMISSION THERMIQUE DE LA VITRE	70
VII.3.6.LA TRANSMISSION THERMIQUE GLOBALE DE LA FENETRE	70
VIII. CHAUFFAGE A HAUT RENDEMENT	70
VIII. 1.TYPES DE CHAUFFAGES	71
VIII. 1.1. CHAUFFAGES AU GAZ NATUREL	71
VIII. 1.1.1-UNE CHALEUR AGREABLE ET CONFORTABLE	71
VIII 1.1. 2-ECONOMIQUE	71
VIII. 1.1.3-IMPACT REDUIT SUR L'ENVIRONNEMENT	71
VIII. 1.2.CHAUDIERE A CONDENSATION AU GAZ NATUREL	71
VIII.1.3.LE CHAUFFAGE ELECTRIQUE	73
VIII.1.4.PLANCHER CHAUFFANT	74
IX.CONCLUSION	75
CHAPITRE IV : ETUDE THERMIQUE	76
I.INTRODUCTION	77
II. DEFINITION DU PROJET	77
III.CALCUL DES DEPERDITIONS THERMIQUES	78
III.1.CALCUL DES COEFFICIENTS DE TRANSMISSIONS SURFACIQUE (K) :	79
III.2. DEPERDITIONS SURFACIQUE (DS)	83

III.3.DEPERDITIONS LINEIQUES (DL) :	85
III.4.DEPERDITIONS PAR RENOUVELLEMENT D' AIR (D' AIR) :	86
III.5.DEPERDITIONS TOTALES :	86
III.6.LE POURCENTAGE DU FLUX DE CHAQUE ELEMENT PAR RAPPORT AU	87
IV.CALCUL DE LA PUISSANCE DE CHAUFFAGE	89
V.LE PRIX DU CHAUFFAGE (1KWH = 1.779 DA)	89
VI. DEUXIEMME CAS	90
VI.1.DEPERDITIONS DU MUR EXTERIEUR	92
VI.2.DEPERDITIONS LINEIQUES (DL)	92
VI.3.CALCUL DU FLUX DE CHALEUR ϕ	92
VI.4.LE FLUX TOTAL	92
VII. TROISIEMME CAS	93
VII.1. DEPERDITIONS SURFACIQUE (DS)	94
VII.2.DEPERDITIONS LINEIQUES (DL)	95
VII.3.DEPERDITIONS TOTALES	96
VIII.CONCLUSION	97
CONCLUSION GENERALE	98
RECOMMANDATIONS	
BIBLIOGRAPHIE	

Liste des figures

titre	page
Partie 1	
Figure I -1 : Les besoins en énergie dans une habitation	11
Figure I -2 Organisation des contenus sur le thème de l'énergie	13
Figure I -3 : Bilan de l'énergie primaire et finale	14
Figure I -4 : Les émissions de CO ₂ dans le monde par secteur	17
Figure I - 5: Consommation d'énergie en million de tonnes équivalentes pétrole (Mtep) par secteur	18
Figure I -6 : Consommation d'énergie par secteur (période 2000-2012) Source : D.G.E, 2012	19
Figure I -7 : La consommation électrique dans le secteur ménager	20
Partie 2	
Figure II- 1: Diagnostic des performances énergétiques	30
Figure II-2 : Les 7 clés d'un bâtiment économe en énergie	31
Figure II-3 : Orientation d'une maison par apport au soleil	34
Figure II-4 : Coefficients d'absorption pour différents matériaux et couleurs	35
Figure II- 5 : Répartition de l'espace intérieur d'un logement par rapport au climat	37
Figure II-6 : Concept de la stratégie de chaud	38
Figure II-7 : Concept de la stratégie du froid	38
Partie 3	
Figure III-1 : L'impact de l'isolation d'une paroi sur l'ambiance intérieure d'une pièce	44
Figure III-2: Matériaux isolants	45
Figure III.3 : Isolation d'un mur par l'intérieur	48
Figure III.4. : Isolation d'un mur par l'extérieur	48
Figure III-5 : Schémas d'un pot thermique	54
Figure III.6. : Comparaison d'un immeuble isolé ou non isolé	55
Figure III-7 : VMC double flux	58
Figure III-8. : Les facteurs énergétiques	60
Figure III-9. Exemple de fenêtre double et triple vitrage	61
Figure III-10 : Chaudière à condensation au gaz	64
Figure III-11 : Convecteur électrique	65
Figure III-12 : Les panneaux rayonnants	65
Figure III-13 : Le radiateur à chaleur douce	65
Partie 4	
Figure IV .1 : Plan du RDC	69
Figure IV.2 : Les pertes thermiques	70
Figure IV.3 Le fuite de chaleur à travers le mur	71
Figure IV.4 La résistance superficielle d'une paroi opaque	71
Figure IV.5. Les déperditions par les ponts thermiques	78
Figure IV.6. La résistance thermique d'une paroi homogène	83
Figure IV.7. Coefficient de transmission surfacique U	84
Figure IV.8. Coefficient de transition thermique des fenêtres U_w	88

Liste des tableaux

Titres	page
Partie 1	
Tableau I -1 : Réserves d'énergies primaires fossiles (bases 2012)	16
Partie 3	
Tableau III-1 : Valeur du coefficient de conductivité thermique des principaux isolants	47
Partie 4	
Tableau IV.1 les caractéristiques climatiques	70
Tableau IV.2 : Mur extérieur	71
Tableau IV.3 : Mur cloison	72
Tableau IV.4 : Les coefficients de transmission des portes et fenêtres	72
Tableau IV.5 : Les coefficients $K_{v\eta}$ des vitrages nus sont donnés dans le tableau suivant :	72
Tableau IV.6 : Plafond	73
Tableau IV.7 : Plancher bas	74
Tableau IV.8 : Valeurs de r_i et r_e pour diverses configurations :	74
Tableau IV.9 : Conductivité thermique de quelques matériaux	75
Tableau IV.10 : Mur cloison du hall	77
Tableau IV.11: Déperditions surfaciques (DS) du 1 ^{er} cas	77
Tableau IV.12. Les caractéristiques climatiques du site	79
Tableau IV .13 Le pourcentage de chaque élément par rapport au flux total	80
Tableau IV.14.Les pourcentages combinés	82
Tableau IV.15 : Mur extérieur habitation	83
Tableau IV.16: Déperditions surfaciques (DS) du 2 ^{ème} cas	84
Tableau IV.17.Les pourcentages combinés	85
Tableau IV.18 : Mur extérieur	87
Tableau IV.19 : Mur cloison	88
Tableau IV.20 : des coefficients de transmission des portes et fenêtre	88
Tableau IV.21: Déperditions surfaciques (DS) du 3 ^{ème} cas	89
Tableau IV.22.Les pourcentages combinés	90

Résumé :

Cette dernière décennie, nous assistons en Algérie à une réalisation multiple et intense de projets de bâtiments qui consomment trop d'énergie (énergivores), et ne sont malheureusement soumis à aucune exigence réglementaire sur le plan du confort thermique et de l'efficacité énergétique. Les paramètres de la conception sont d'ordre fonctionnel et architectural et la dimension énergétique du projet n'est pas toujours considérée comme significative, ce qui conduit à des bâtiments non confortables et énergivores.

La sur consommation d'énergie constitue une réalité dans le bâtiment du fait de son impact sur l'environnement et la facturation pour les habitants ; il est donc considéré comme un élément important de diminuer la consommation d'énergie et agir pour améliorer l'efficacité énergétique dans les bâtiments. Cette efficacité ne peut être assurée que par l'optimisation de l'isolation thermique, l'économie d'énergie et du critère de l'inertie thermique et bien sur la prise en considération des paramètres de l'architecture bioclimatique lors de sa conception en utilisant l'énergie renouvelable.

Par une évaluation du point de vue de bâtiments moins énergivores et le confort thermique, nous avons essayé d'étudier la complexité de l'efficacité énergétique pour une consommation moins énergivore dans les bâtiments à travers les multiples interactions entre le site, le climat, le bâtiment et l'utilisateur.

Mots clés : Bâtiments moins énergivores, bioclimatique, efficacité énergétique, économie d'énergie, énergie renouvelable.

الخلاصة

على مدى العقد الماضي، شهدنا في الجزائر مشاريع متعددة ومكثفة من المباني التي تستهلك الكثير من الطاقة (الطاقة الفائقة) ، والتي لا تخضع للأسف إلى أي متطلبات تنظيمية من حيث الراحة الحرارية وكفاءة الطاقة. إن معايير الهندسة والتصميم في الجزائر لا تخضع إلا للمتطلبات العملية ولا يعتبر النظام المعماري والبعد الطاقة من المشروع دائما كبيرة ، مما يؤدي إلى كفاءة المباني غير مريحة والطاقة الفائقة.

على استهلاك الطاقة هو معترف بها وتبريرها في المبنى بسبب تأثيرها على البيئة والفوترة ل سكان الواقع ؛ ويعتبر ذلك جزءا هاما من تقليل استهلاك الطاقة واتخاذ الإجراءات اللازمة لتحسين كفاءة استخدام الطاقة في المباني. ويمكن تحقيق هذه الكفاءة فقط عن طريق تحسين العزل الحراري والمعيار لتوفير الطاقة الحرارية من الجمود واتخاذ بالطبع في الاعتبار معالم العمارة المناخية البيولوجية في تصميمه باستخدام الطاقة المتجددة.

حاولنا دراسة تعقيد كفاءة الطاقة للتقليل من استهلاك الطاقة في المباني من خلال التفاعلات المتعددة بين الموقع، المناخ

، وبناء والمستخدم.

الكلمات الرئيسية : المباني بطاقة أقل ، الحيوي المناخي ، وكفاءة الطاقة ، وتوفير الطاقة ، والطاقة المتجددة.

Summary:

The last decade , we have witnessed in Algeria multiple and intense projects of buildings that consume too much energy (energy) , and are unfortunately subject to any regulatory requirements in terms of thermal comfort and energy efficiency. The design parameters are functional and architectural order and the energy dimension of the project is not always considered significant , which leads to non- comfortable and energy efficient buildings.

On the energy consumption is a recognized and justified in the building because of its impact on the environment and billing for residents reality ; it is considered an important part of reducing energy consumption and take action to improve energy efficiency in buildings. This efficiency can only be achieved by optimizing the thermal insulation and energy-saving criterion of thermal inertia and of course taking into account the parameters of bioclimatic architecture at its design using renewable energy .

With an assessment of less energy perspective of buildings and thermal comfort , we tried to study the complexity of energy efficiency for less consumption energy consumption in buildings through the multiple interactions between the site , the climate , the building and the user.

Keywords : Buildings less energy , bioclimatic , energy efficiency, energy saving, renewable energy.

Introduction générale :

En ce début du 21ème siècle, le contexte énergétique rappelle sous certains aspects celui des années 1980, au cours desquelles la problématique de l'énergie, conséquence du second choc pétrolier, s'est révélée comme une préoccupation planétaire de premier plan.

Cette crise énergétique allait brutalement mettre au-devant de la scène l'importance du volume de combustible utilisé pour le chauffage et la climatisation des bâtiments et ses répercussions sur les économies nationales en termes de coûts d'exploitation et d'impact écologique et environnemental.

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

La vie quotidienne dans les bâtiments (chauffage, climatisation...) est à l'origine de près de 25% des émissions de gaz à effet de serre. Le chauffage représente près des 2/3 de ces consommations d'énergie et la majeure partie des émissions de CO2 en raison du contenu élevé en carbone des combustibles fossiles et de l'électricité. La consommation d'énergie des bâtiments a augmenté de 30% au cours des 30 dernières années du fait de l'accroissement du parc des bâtiments, de l'augmentation du confort et de l'apparition de nouveaux besoins contribuant à une forte augmentation de la consommation d'électricité (électroménager, éclairage, bureautique, climatisation, renouvellement et traitement d'air, cuisson, ...). Surtout que les réalisations de la période 2000/2006 en Algérie ont permis de hisser le taux de pénétration du gaz de 30% à 37%. Le nombre prévisionnel total de clients gaz passera de 2,2 millions en 2006 à 4,5 millions en 2016, avec un taux d'accroissement annuel moyen de 7,47% et un taux de pénétration égal à 57% à l'horizon 2009

Mais un grand nombre de ces logements ne semblent pas répondre aux exigences du confort thermique et d'économie d'énergie. Cela s'explique par l'absence d'une réglementation spécifique d'une part, par le manque de savoir-faire et une méconnaissance du sujet par les maîtres d'ouvrage et les maîtres d'œuvre. L'amélioration des techniques au niveau des matériaux de construction et d'isolation permet aujourd'hui de réaliser des bâtiments qui rassemblent à la fois les qualités esthétiques et thermiques, tout en offrant un cadre de vie plus confortable en étant consommateur de très peu d'énergie. Une méthode de

calcul thermique a été développée afin de réduire au minimum le coût d'énergie employée pour chauffer les bâtiments nouveaux ou existants. Les recommandations publiées dans les documents techniques réglementaires du ministère de l'habitat, (D.T.R C 3-2 et D.T.R C 3-4, D.T.R C 3-31) pour le climat algérien sont prises comme référence dans le choix du modèle élaboré dans notre étude qui consiste en l'étude thermique d'une habitation individuel et l'impact de l'occupant Algérien vis-à-vis de son habitats.

Agir sur les bâtiments, c'est donner à tous les algériens la chance de vivre dans un habitat écologique. C'est pourquoi des mesures seront normalement mises en place, qui concernent tant les bâtiments existants (environ 7 745 645 de logements en 2014) lors de leur réhabilitation.

-Objectif :

Le but est de fournir des principes directeurs de conception architecturale et constructive en vue des exigences du confort, tenant compte de la corrélation entre les caractéristiques climatiques en réponse à la performance thermique et économique des bâtiments en Algérie

-Méthodologie et outils de recherche :

Afin de répondre à ces objectifs, l'étude est entamée par une recherche bibliographique et documentaire scindée en trois chapitres ayant pour objectif de cerner et de comprendre tous les éléments théoriques de base en rapport avec le sujet de recherche contribuant à la canalisation de la présente étude vers les objectifs ciblés. Le premier chapitre introductif définit les différents concepts rappelant le rapport entre les bâtiments et la consommation d'énergie ainsi que la problématique énergétique en Algérie et les différentes réglementations qui existent dans le domaine de la thermique. Le deuxième chapitre, a pour objet de fournir un maximum d'information concernant l'efficacité énergétique développée dans le monde et en Algérie.

Par la suite, il y a lieu de cibler les clés d'un bâtiment économe en énergies, ce qui constituera l'essentiel du troisième chapitre et nous envoie à l'étude du quatrième chapitre portant sur le volet pratique, ou plutôt la partie de calcul basée sur l'utilisation des lois de calcul tirées du document technique réglementaire (DTR C3-2) pour le confort d'hiver.

CHAPITRE I

LA CONSOMMATION DE L'ENERGIE DANS LE SECTEUR DU BATIMENT

I.INTRODUCTION :

La production de l'énergie sous toutes ses formes occupe de nos jours les débats économiques et politique soit dans le monde entier soit en Algérie sachant que l'Algérie opte depuis 2007 pour l'utilisation de l'énergie économique même si son utilisation est limitée , sa production est stratégique pour le développement d'une nation.

L'énergie est un produit vital, elle est utilisée dans l'activité humaine sous différentes formes notamment mécanique, thermique, chimique, électrique et nucléaire, permettant à chacune des utilisations différentes. Considérée aussi comme un bien social, l'énergie nous fait vivre et assure notre bien être. Le bâtiment avec ses différents secteurs (habitation, tertiaire, résidentiel....) utilise cette énergie pour répondre aux multiples besoins et confort (éclairage, cuisson, chauffage, climatisation etc.)

La flambée de la consommation d'énergie dans le monde durant ces dernières décennies est un fait incontestable. Actuellement malgré un monde économique au ralenti, la consommation énergétique est restée très vorace.

Cette croissance a engendré de nouveaux défis, sur le plan environnemental et économique sachant que le Changement climatique liée à l'augmentation des gaz à effets de serre est généré en grande partie par le CO₂ dû à la production et la consommation d'énergie.

La problématique de l'accès à l'énergie du fait de la croissante demande sur les ressources disponibles mais il y'a aussi la sécurité d'approvisionnement pour les états importateurs et une gestion durables des ressources primaires pour les pays exportateurs.

Pour ces raisons structurelles, plusieurs pays ont opté pour des politiques publiques visant à maîtriser les dépenses et la gestion énergétique de leurs états à travers des mesures d'efficacité énergétique dans un premier temps, puis vers une éventuelle transition énergétique c'est à dire une énergie durable avec moins d'impact sur l'environnement.

Le secteur du bâtiment à travers sa construction et son exploitation est générateur d'une somme importante d'énergie. Au cours des trente dernières années, sa consommation finale a augmenté de plus de 48%.

La consommation d'énergie finale en Algérie est pour les transports de (31%) et l'industrie (23%).

IL FAUT DONC AGIR EN PRIORITE SUR LE SECTEUR DU BATIMENT D'HABITATION.

II. PROBLEMATIQUE ENERGETIQUE :

L'énergie depuis le commencement des âges a été le moteur de l'activité humaine, et c'est un élément qui intervient dans tous les actes quotidiens de l'homme.

Cependant le chauffage, la climatisation, l'éclairage, le transport...etc. Représentent les différentes manières du besoin en énergie.

L'augmentation illimitée de l'offre d'énergie relativement à la demande, ainsi que les faibles coûts ont entraîné des gaspillages énormes et une consommation très importante de ces ressources ; aussi bien dans le domaine industriel que dans le domaine domestique.

Le besoin brut du bâtiment est la quantité d'énergie nécessaire pour maintenir, pendant une période de temps donnée, un climat intérieur convenable et satisfaire les prestations du bâtiment (eau chaude, cuisson, éclairage, chauffage, climatisation...).

Parmi les sources d'énergie qu'utilise l'homme : le pétrole connu depuis l'aube de l'humanité tient une place particulière, à côté du charbon, et du gaz naturel.....

Les sources alternatives renouvelables d'énergie ont bercé l'enfance de la civilisation humaine ; le soleil, le vent, l'eau ont donné à l'homme la possibilité de nouvelle conquête à savoir un meilleur confort. Par conséquent, le maintien d'un confort thermique agréable semble s'opposer aux recherches d'économie d'énergie. D'où, on ne pourra répondre à cette apparente contradiction que par une conception "globaliste" du bâtiment. Pour se faire, il faut posséder de bonnes notions sur les paramètres climatiques, l'inertie thermique des bâtiments et leur localisation.

Cette approche du besoin d'énergie de chauffage et de climatisation renvoie à trois facteurs explicatifs :

- Le besoin en température ; est un besoin de climat intérieur, caractérisé par la température intérieure moyenne (qui explique principalement de façon quantitative le besoin d'énergie de chauffage ou climatisation) ce besoin en température est, un besoin « Social »

- Les caractéristiques physiques du logement qui interviennent de façon prépondérante dans la création du besoin d'énergie sont le volume et le degré d'isolation. D'autres caractéristiques importantes telles que l'exposition au soleil, au vent, le vitrage qu'on doit prendre en considération dès la conception et l'implantation.
- Le climat du site, qui détermine la période du besoin.

Le besoin d'énergie se traduit par la demande d'énergie finale, par exemple les besoins de chaleur pour le chauffage d'une maison donnent naissance à une demande d'électricité, du fuel-oil ou de gaz. Cette demande est schématisée dans la figure I. 1

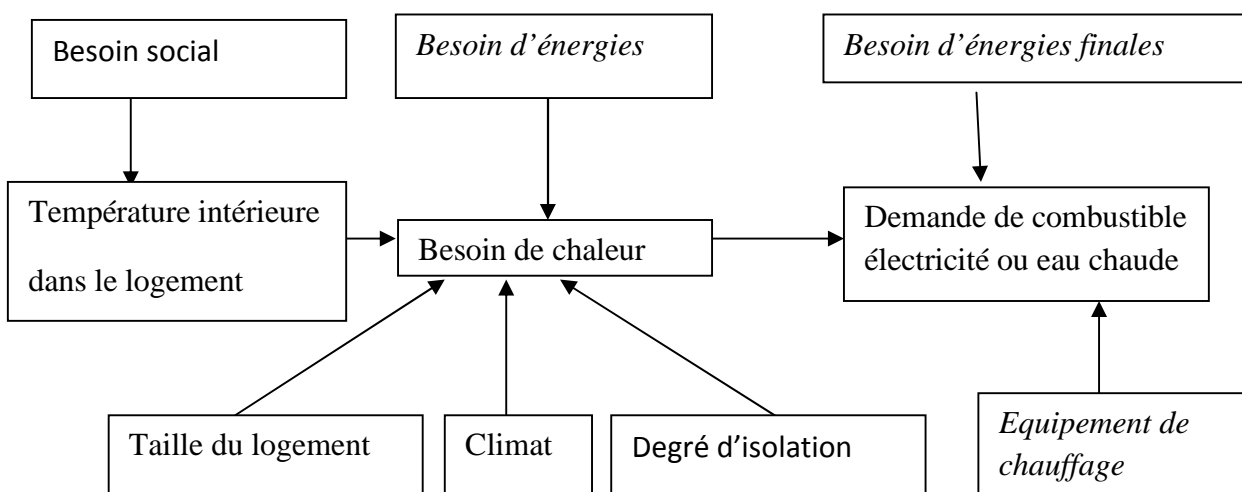


Figure I -1 : Les besoins en énergie dans une habitation

Le concepteur doit assurer l'abri et le confort de l'utilisateur, de faire en sorte que l'impact d'un bâtiment sur l'environnement soit minimisé.

L'architecture du 20^{ème} siècle a tendance à céder toutes ces valeurs au détriment de la haute technologie, elle a tendance à négliger la fonction d'offrir un microclimat intérieur plus agréable et plus confortable.

Le chauffage d'hiver, et la climatisation d'été nécessitent beaucoup d'énergie qui va devenir plus rare et plus cher.

Confronté à ce problème, nous sommes tenus de répondre à des impératifs économiques et de confort. En effet la solution consiste à assurer un niveau de confort thermique acceptable avec une consommation énergétique optimale.

Pour ces raisons structurelles, plusieurs pays ont opté pour des politiques publiques visant à maîtriser les dépenses et la gestion énergétique de leurs états à travers des mesures d'efficacité énergétique dans un premier temps, puis vers une éventuelle transition énergétique, vers une énergie durable avec moins d'impact sur l'environnement. (2)

III.DEFINITION DE L'ENERGIE :

Le mot énergie est d'origine latine, « energia »qui veut dire

« Puissance physique qui permet d'agir et de réagir »

L'énergie est indispensable au confort, L'énergie peut s'introduire dans l'architecture à travers deux axes principaux :

Le coût énergétique « initial » de la construction à partir du coût énergétique des matériaux et de la construction.

Le coût énergétique « vécu » de la consommation dû au chauffage, climatisation, éclairage et alimentation.

Ceci est démontré dans le schéma ci-dessous (figure I. 2)

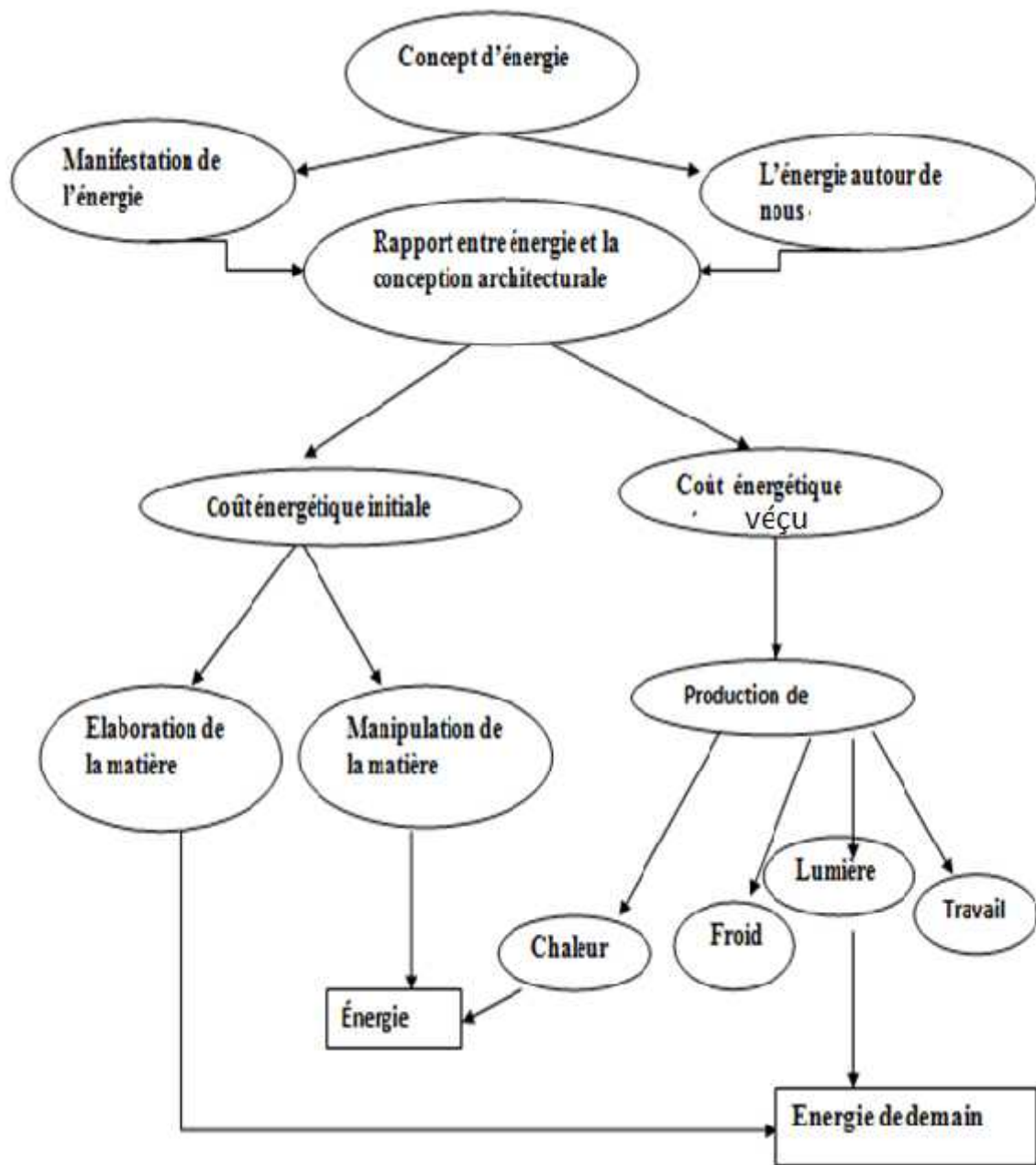


Figure I -2 Organisation des contenus sur le thème de l'énergie

IV.LES TYPES D'ENERGIES :

Quand on parle de la consommation d'énergie il convient de distinguer :

IV.1.Les combustibles fossiles: Un combustible fossile carboné désigne un combustible produit à partir de roches issues de la fossilisation d'éléments organiques en : pétrole, gaz naturel et houille (charbon),les combustibles fossiles représentaient en 2013 environ 80% des 10078 Mtep (Méga Tonnes équivalent pétrole), Ils représentent généralement la quasi-totalité de la consommation actuelle d'énergies fossiles soit :

- Le pétrole : environ 58% de l'énergie consommée dans le monde en 2013.
- Le charbon : environ 40 % de l'énergie consommée dans le monde en 2013
- Le gaz naturel : environ 60 % de l'énergie consommée dans le monde en 2013.

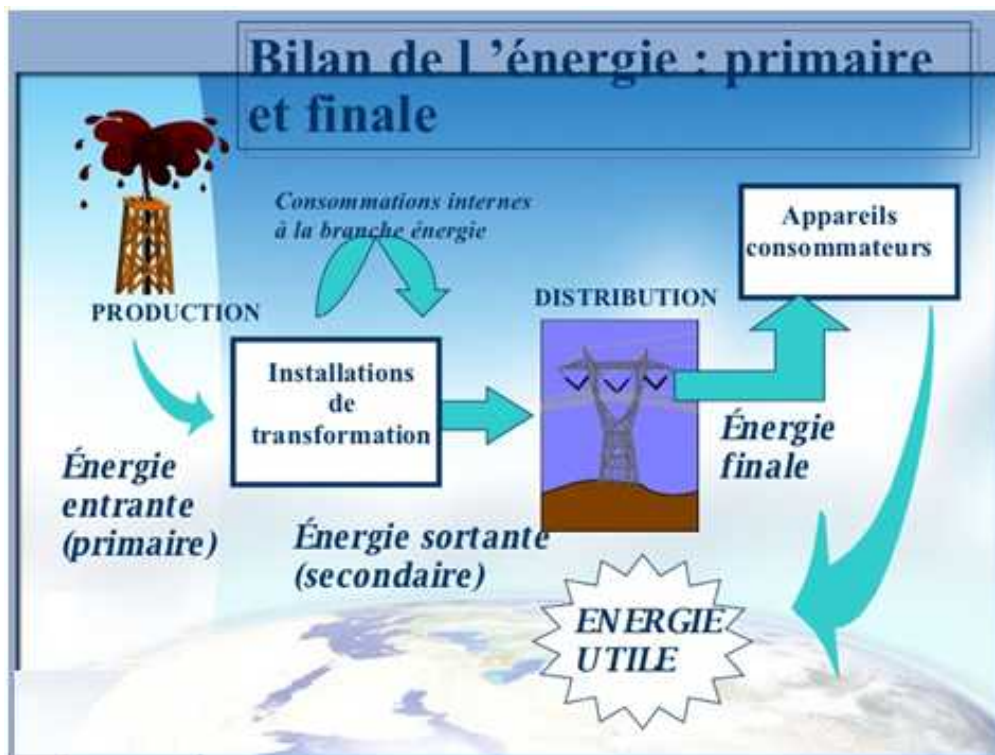


Figure I -3 : Bilan de l'énergie primaire et finale

- **les Unités de mesure :**

- **Mtep** (mégatonne équivalent pétrole) : pour comparer les différentes sources d'énergie, on utilise l'équivalence pétrole, qui est l'énergie la plus utilisée. 1 Mtep = 1 000 000 tonnes équivalent pétrole (tep).
- **MtécqCO₂** (mégatonne équivalent CO₂) : de même, pour comparer les différents gaz à effet de serre, on utilise le CO₂ comme référence

IV.2. Les énergies renouvelables

Les énergies renouvelables sont créées à partir de sources d'**énergies naturelles et écologiques** comme le soleil, le vent, l'eau, la marée ou les matières organiques.

Ces énergies sont issues de phénomènes naturels, réguliers ou constants qui les rendent inépuisables. Elles sont également parfois appelées énergies "**vertes**" ou "**propres**". Aujourd'hui les différents gouvernements cherchent à accroître la part d'énergie d'origine renouvelable sur le marché de l'énergie afin de lutter pour la sauvegarde de l'environnement.

V. LES ENERGIES FOSSILES

V.1. les conséquences de haute consommation d'énergie fossile :

Le calcul simple qui consiste à calculer le ratio (réserves prouvées / consommation constatée) conduit à un chiffre qui caractérise l'importance des réserves.

Il ne faut pas donner à ce chiffre, exprimé en années, une signification absolue car les deux termes du ratio comportent des incertitudes :

V.1.1. D'une part les progrès dans la recherche et l'exploitation des gisements ont tendance à augmenter le taux de récupération et donc, par la même, le volume des réserves prouvées et la « durée » de ces réserves.

V.1.2. D'autre part, la croissance de la demande dans les prochaines décennies conduira au doublement de la consommation annuelle ce qui aura évidemment l'effet inverse sur la « durée » des réserves.

Le tableau suivant résume la situation en ce qui concerne les hydrocarbures, le charbon et le gaz naturel

Tableau I -1 : Réserves d'énergies primaires fossiles (bases 2012)

energie fossile	Réserves mondiales prouvées (%)	Consommation annuelle en(GTEP)	Durée (au rythme actuel de la consommation) (année)
Pétrole	10%	9,1	46ans
Gaz naturel	12%	5,0	59 ans
Charbon	46%	6,4	118 ans

Ces chiffres sont préoccupants, d'autant que pour le pétrole 2/3 des réserves sont situées au moyen orient et 80% dans les Pays de l'OPEP (Organisation des Pays Exportateurs de Pétrole). Nous risquons dans quelques décennies, et en particulier pour le pétrole, d'être confrontés à des tensions sur les approvisionnements et à de fortes augmentations

De prix. (12)

V.2. Effet de serre et changements climatiques :

L'augmentation de la teneur en CO₂ constatée dans l'atmosphère est liée à l'activité humaine et en premier lieu à la production d'énergie, en deuxième lieu à la consommation d'énergie finale dans le secteur du bâtiment. Prés des deux tiers sont directement imputables au secteur de bâtiment, et proviennent essentiellement des installations de chauffage et de production d'eau chaude et de froid. Elles ont augmentées de plus de 23% en 2012, ici nous prenons en compte les seules émissions de CO₂ qui ont été relativement stables dans le secteur résidentiel et tertiaire, en incluant l'électricité et les réseaux de chaleur comptabilisés dans le secteur de l'industrie de l'énergie. Nous estimons que la consommation d'énergie du secteur entraine l'émission environ 120 million de tonnes de CO₂(85MT pour le résidentiel et 35MT pour le tertiaire)

L'accroissement de « l'effet de serre » qui en résulte provoque une élévation de la température moyenne du globe qui va en s'accélération.

C'est ainsi qu'au cours du 20^{ème} siècle, la température moyenne de l'air à la surface du globe a augmenté d'environ 0,75°C. Mais la vitesse de réchauffement au cours des 50

dernières années (0,13°C par décennie) est le double de celle calculée pour l'ensemble du siècle. Les 12 dernières années figurent au palmarès des années les plus chaudes depuis 1850. Ce réchauffement induit des changements climatiques dont les effets à long terme pourraient être dramatiques pour la planète : augmentation de la température moyenne de plusieurs degrés Celsius au cours du 21^{ème} siècle, fonte des glaces polaires, élévation notable du niveau des mers, modification des courants marins, augmentation des précipitations et des tornades etc... Pour éviter que le climat ne se dérègle davantage, il faudrait diviser par 4 nos émissions de CO₂ d'ici à 2050. Aussi, est-il important de réduire les émissions individuelles de gaz à effet de serre. Parce que des gestes simples peuvent diviser par deux nos émissions de gaz à effet de serre, chaque geste en la matière peut faire la différence. (12)

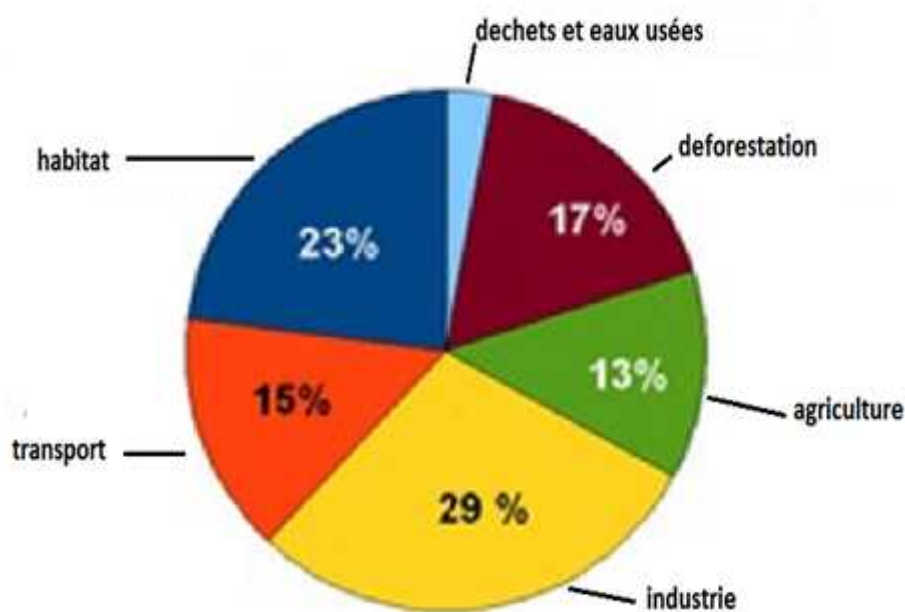


Figure I -4 :Les émissions de CO₂ dans le monde par secteur

VI. LA CONSOMMATION ENERGETIQUE EN ALGERIE :

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.

L'importance de l'énergie dans la vie socio-économique a multiplié les travaux sur les questions énergétiques, il est connu que pour notre pays, les produits pétroliers et surtout le gaz ont déjà affiné leur primauté comme matière première pour la pétrochimie et la thermoélectricité, et comme source d'énergie essentielle pour le transport, l'industrie et les besoins ménager. sachant que notre pays est un pays exportateur de pétrole et de gaz , le couts y est abordable pour la population

l'Algérie prend la décision de nationaliser le secteur pétrolier et recouvre ainsi la maîtrise et le contrôle de ses ressources pétrolières et gazières. »

La consommation globale d'énergie en Algérie, été multipliée par quatre entre les années 2000 et 2013 cette évolution est indiquée sur la (figure I.5) et cela pour les différents types d'énergie utiliser par différents secteurs.

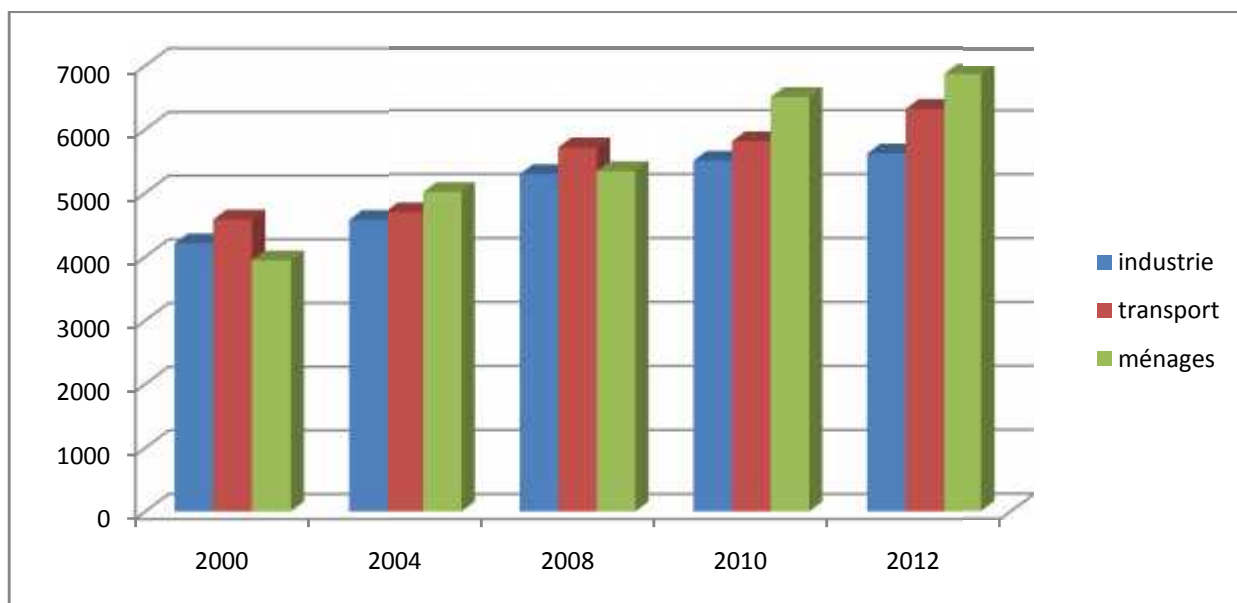


Figure I - 5: Consommation d'énergie en million de tonnes équivalentes pétrole (Mtep) par secteur Source : DGE, 2012

Concernant la consommation de l'énergie en Algérie (figure I-5), c'est le secteur résidentiel et tertiaire qui domine de l'ordre de 45.7%, suivi du secteur des transports de 27.8% et ensuite industriel et BTP de 26.8%.

La consommation d'énergie finale par habitant est de 0.48 TEP en 2000 son évolution passera de 0.71 TEP en 2004 à 1.35 TEP en 2012 et 1.88 TEP prévu en 2020

Plusieurs facteurs interviennent directement dans la détermination de l'utilisation de l'énergie :

- Facteurs socio-économiques en rapport avec le niveau de vie des algériens
- Facteurs de la caractéristique de l'habitat et l'aménagement urbain (par les caractéristiques thermiques de la construction, la densité des groupements...)

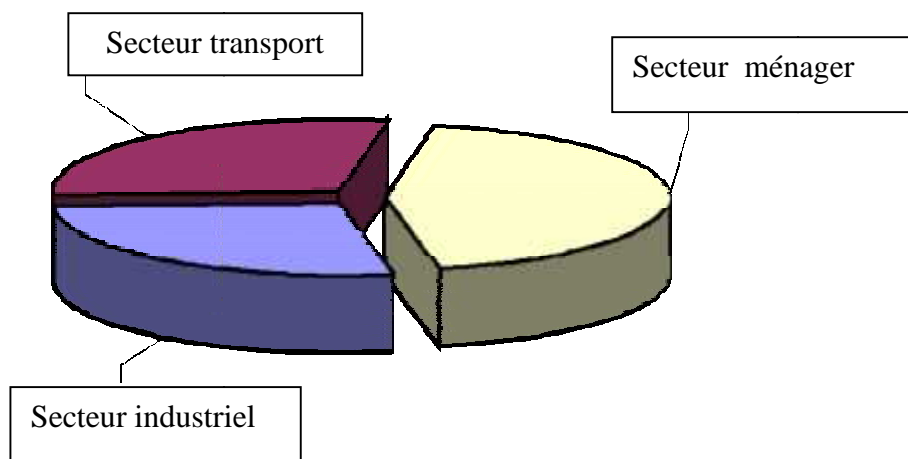


Figure I -6 : Consommation d'énergie par secteur (période 2000-2012) Source : D.G.E, 2012

Pour cette raison le besoin d'énergie de chauffage ou de climatisation dans un logement résulte du maintien d'une certaine température à l'intérieur. Et ce maintien dépend des caractéristiques physiques du logement et du contexte climatique dans lequel il se trouve.

La caractéristique du logement intervient sur le besoin énergétique ; où la relation du volume de l'habitation, du degré d'isolation et de son exposition au soleil et au vent demeure essentielle. (12)

VI.1. la consommation d'énergie dans le secteur ménager en Algérie :

L'électricité, le gaz naturel (en conduites ou en bouteilles), fuel, charbon, bois et Même piles électriques sont les vecteurs d'énergie du secteur domestique. Les Différents types d'énergie nous servent globalement à quatre différents usages :

- Le chauffage qui représente la plus forte dépense environ 60% de l'énergie domestique.
- L'éclairage, l'électroménager, l'audio visuel et la climatisation représentent près de 20% de l'énergie.
- L'eau chaude sanitaire nécessaire, représente près de 15%.
- La cuisson représente près de 5%.

La consommation d'électricité des ménages en Algérie connaît depuis une vingtaine d'années une augmentation préoccupante et non maîtrisée : elle a presque triplé, notamment du fait de la forte croissance du parc des appareils électroménagers et informatiques. Réfrigérateur, congélateur, téléviseur, éclairage, ordinateurs etc.....

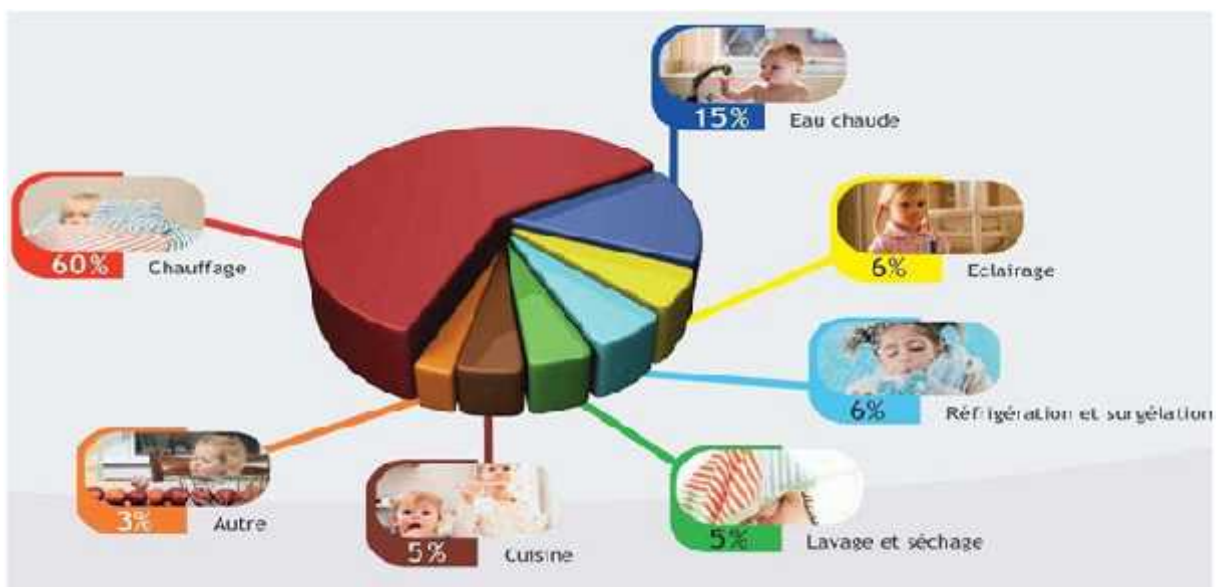


Figure I -7 : La consommation électrique dans le secteur ménager

La lecture de la figure ci-dessus fait ressortir que la consommation du gaz et l'électricité pour le chauffage et pour l'eau chaude sanitaire présente le taux le plus élevé.

Sachant qu'ils consomment de l'électricité ne sont pas négligeable par rapport à d'autres consommations ménagères, ce qui explique la forte demande pour le secteur habitat dont le premier besoin est le chauffage en hiver et la climatisation en été, cette évolution rapide de la consommation énergétique montre que le niveau de vie de l'individu algérien est en nette amélioration.

VII. L'ENERGIE ET LE DEVELOPPEMENT DURABLE :

Le concept du développement durable est un modèle de développement qui a pour but la satisfaction des besoins fondamentaux de l'humanité (produit industriel, énergies, nourriture, transport.) et la gestion rationnelle et efficace des ressources, tout en conservant et protégeant la qualité environnementale.

Ce concept appliqué à la conception architecturale, la construction et à l'exploitation des bâtiments permet d'augmenter le bien-être de la population et de réduire la facture énergétique et de garantir un environnement de qualité pour l'humanité.

Le développement ne doit plus exister au détriment de la nature mais en accord avec elle.

Développement que nous dégradons, en effet, favoriser le développement durable, réintroduire le long terme par le développement énergétique durable qui peut être défini comme l'art de concilier deux exigences :

- ✓ *La satisfaction des besoins énergétiques actuels, liés au confort et au développement économique*
- ✓ *Le respect de l'environnement et la préservation des ressources et de la capacité au bien-être énergétique pour les futures générations.*

Un développement énergétique durable implique trois priorités :

- Mener une politique active pour une économie d'énergie
- Développer l'utilisation des énergies renouvelables
- Rechercher de nouvelles sources d'énergie permettant une grande efficacité

Le bâtiment devra donc continuer à assurer l'abri et le confort de l'utilisateur, de plus il devra faire en sorte que son impact sur l'environnement extérieur soit minimisé. On parle alors du « bâtiment durable » ou « bâtiment vert » ou « bâtiment à haute qualité environnementale » d'où l'aspect énergétique qui demeure la préoccupation centrale. Ce qui nous amène à nous intéresser au bâtiment performant « bâtiment à bas profil énergétique » qui repose sur deux grands leviers qui améliorent leur efficacité énergétique qui sont :

- L'efficacité énergétique dans le bâtiment, qui se réalise à travers le choix des matériaux, l'inertie de l'enveloppe, l'isolation thermique, l'architecture bioclimatique.
- Le recours aux énergies renouvelables. (1)

VIII. LE RECOURS AUX ENERGIES RENOUVELABLES POUR UN DEVELOPPEMENT DURABLE :

Les énergies renouvelables sont des énergies inépuisables. Fournies par le soleil, le vent, la chaleur de la Terre, les chutes d'eau, les marées ou encore la croissance des végétaux, leur exploitation n'engendre pas ou peu de déchets et d'émissions polluantes.

En utilisant les énergies renouvelables, on lutte contre l'effet de serre, en réduisant notamment les rejets de gaz carbonique dans l'atmosphère. En développement dans le monde entier, les énergies renouvelables permettent de gérer de façon intelligente les ressources locales et de créer des emplois. (1)

IX. LES TYPES D'ENERGIES RENOUVELABLES UTILISEES DANS LES BATIMENTS :

IX.1. L'énergie de soleil

IX.1.1. Le solaire photovoltaïque : Des installations photovoltaïques produisent de l'électricité à partir de la lumière du soleil. Elles alimentent des sites isolés ou le réseau de distribution général. (1)

IX.1.2. Le solaire thermique : Les capteurs solaires produisent de l'eau chaude sanitaire. Ils peuvent être aussi utilisés pour le chauffage, idéalement par le sol

IX.2. L'énergie du vent : L'éolien : Les aérogénérateurs, mis en mouvement par le vent, fabriquent des dizaines de millions de mégawatheures. Utile dans les sites isolés, cette électricité alimente aussi les grands réseaux de distribution.

IX.3. l'énergie de la terre : La géothermie : Cette énergie utilise la chaleur du sous-sol. Avec une température moyenne ou faible, on chauffe des locaux,

X. MAITRISE DE L'ENERGIE ET LA REGLEMENTATION THERMIQUE EN ALGERIE :

En 1986, l'Algérie pays exportateur de l'électricité et de gaz naturel, subit de plein fouet le contrechoc pétrolier : les prix du pétrole baissent et provoquent une diminution des rentrées de devises pour le financement de l'activité économique. Dans ce contexte le pays prend conscience de la nécessité de définir une politique d'efficacité énergétique.

Aujourd'hui notre pays dispose d'un arsenal juridique important en matière de rationalisation de l'utilisation de l'énergie dans le bâtiment.

- La loi 09- 99 du 28 juillet 1999 relative à la maîtrise d'énergies est une loi cadre elle traduit un des objectifs fondamentaux de la politique énergétique nationale, à savoir la gestion rationnelle de la demande d'énergie et fixe de nombreux aspects liés à la maîtrise de l'énergie dans le domaine de la construction.
- La loi 04-09 du 14 Aout 2004 relative à la promotion des énergies renouvelable dans le cadre du développement durable.
- Le décret exécutif 04-149 du 19 mai 2004 fixant les modalités d'élaboration du programme nationale de maîtrise de l'énergie.
- Arrêté interministériel du 29 novembre 2008 définissant la classification d'efficacité énergétique des appareils à usages domestiques soumis aux règles spécifiques d'efficacité énergétique Et fonctionnant à l'énergie électrique.
- la loi 99.09 relative à la maîtrise de l'énergie dans le secteur du bâtiment s'est concrétisée par la promulgation le 24 avril 2000 d'un décret exécutif n°2000-90 portant réglementation thermique dans les bâtiments neufs. Celle-ci a pour objectif l'introduction de l'efficacité énergétique dans les bâtiments neufs à usage d'habitation et autres et dans les parties de constructions réalisées comme extension des bâtiments existants.

En deçà des lois concernant la maîtrise de l'énergie dans le bâtiment, la réglementation algérienne s'est enrichie de documents techniques réglementaires, les DTR initiés par le ministère de l'habitat et mis en œuvre par le CNERIB, ces documents qui sont destinés uniquement aux bâtiments d'usages d'habitation mentionnent entre autre les exigences réglementaires que doivent satisfaire leur enveloppe à savoir : (1)

- ✓ Le DTR. C 3-2 qui établit les règles de calculs des déperditions calorifiques d'hiver pour les bâtiments à usage d'habitation ; il vise la limitation de la consommation énergétique relative au chauffage des locaux à travers le calcul des déperditions thermiques.
- ✓ Le DTR. C 3-4 relatif aux règles de calcul des apports calorifiques d'été pour les bâtiments ; il vise la limitation de la consommation énergétique relative à la climatisation des locaux.
- ✓ Le DTR. C 3-31 relatif à la ventilation naturelle des locaux à usage d'habitation, fournit les principes généraux qu'il ya lieu d'adopter lors de la conception des installations de ventilation naturelle

La finalité de cette réglementation est le renforcement de la performance énergétique globale du bâtiment et sa mise en application permettra d'apprêt l'APRU, de réduire les besoins calorifique de nouveaux logements de l'ordre de 30% à 40% pour les besoins en chauffage et climatisation.

Malgré cet arsenal juridique important, il faut reconnaître qu'actuellement, il n'existe aucune volonté politique pour prendre en charge la surconsommation énergétique dans notre bâtiment

Les bâtiments en Algérie ne sont pas encore doter d'une réglementation thermique spécifique, l'application des réglementations thermiques détaillées dans les différents documents techniques réglementaires (DTR.C 3-2, DTR.C 3-4, DTR.C 3-31) pour les bâtiments à usage d'habitation n'est pas obligatoire, c'est pour ces raisons que la quasi totalité des bureaux d'études n'ont pas une copie de cette réglementation.

La mise en place d'une réglementation thermique et énergétique des bâtiments neufs et des mécanismes de contrôle devient par conséquent une nécessité étant donnée les perspectives énergétiques futures du pays et les enjeux qui sont en premier lieu économiques pour réduire la facture énergétique et pour réduire les émissions de gaz à effet de serres

X.1. PRESENTATION DES DTR (C 3-2, C 3-4, C 3-31) :

En Algérie, la réglementation thermique de 1997 des bâtiments à usage d'habitation a été conçue pour réduire la consommation de chauffage de l'ordre de 25%. Une réflexion est engagée actuellement pour porter ce niveau d'économie à plus de 40%. Pour ce faire réaliser cette économie d'énergies en agissant sur la seule limitation des déperditions thermiques par transmission, il est possible d'atteindre ce nouvel objectif tout en réduisant substantiellement la charge de climatisation d'été. Une nouvelle réglementation thermique pourrait s'articuler autour des deux principes suivants : réserver la réglementation de 1997 à l'habitat individuel, définir de nouveaux coefficients réglementaires plus contraignants pour l'habitat en immeuble collectif. (4)

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

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

XI. CONCLUSION :

Le bâtiment est considéré comme un secteur économique clé, fortement consommateur d'énergies et émetteur de gaz à effet de serre. On constate que la climatisation et le chauffage consomme une portion non négligeable en matière d'énergies. Pour une meilleure efficacité énergétique des bâtiments, l'exploitation rationnelle et le remplacement progressif des sources d'énergies traditionnelles par des énergies renouvelables, doivent figurer parmi les objectifs de toute politique énergétique viable.



Chapitre II

Economie d'énergie et l'efficacité énergétique dans les bâtiments

I. INTRODUCTION :

l'efficacité énergétique est rapidement devenue l'un des grands enjeux de notre époque et les bâtiments en sont une des composantes majeures, ils consomment plus d'énergies que tous autres secteurs et contribuent donc dans une large mesure au changement climatique, sans mesure immédiate des milliers de nouveaux bâtiments seront construits sans aucune considération pour l'efficacité énergétique, et des millions de bâtiments existants consomment plus d'énergies que nécessaire seront toujours présents en 2050 agir maintenant implique de réduire leur consommation énergétique et de faire de réels progrès en faveur de la lutte contre la dégradation et le changement climatique.

le marché ne pourra pas à lui seul introduire les changements nécessaires, la plupart des propriétaires et occupants de bâtiments ne sont pas assez informés sur la consommation d'énergies et ne s'en soucient pas suffisamment.

cette inertie est renforcée par les affirmations selon lesquelles les coûts sont trop élevés et les économies trop faibles. c'est pour quoi nous appelons à fournir un effort important, coordonné et mondial, car si nous pouvons faire cela de grands changements en faveur de l'environnement et un meilleur avenir muni d'un confort avantageux s'écrira pour chacun de nous.

un bâtiment efficace énergétiquement et avant tout un concept d'ensembles saisissant dans un même processus (l'architecture, le climat, l'enveloppe et les équipements

II. DEMARCHE EFFECTUEE PAR L'ALGERIE :

L'Algérie est un pays qui jouit d'une position relativement enviable en matière énergétique, les réserves en hydrocarbures dont il dispose et les niveaux actuels de consommation nécessaires aux couvertures de ses besoins propres lui permettent de rester serein pour quelque temps encore.

dans l'immédiat, le problème énergétique de l'Algérie est un problème qui se pose en termes de stratégies de valorisation de ses ressources pour les besoins du développement du pays, le choix d'une véritable politique énergétique à long terme et de définition immédiate d'un modèle cohérent de consommation énergétique couvrant le court et le moyen terme, avant la date fatidique de l'épuisement de ses ressources fossiles stratégiques. dans ce contexte la loi algérienne sur la maîtrise de l'énergie et les nouveaux textes réglementaires mis en place

récemment sont venus fixer le model de consommation énergétique national et définir le cadre général des différentes actions à mener pour parvenir le plus rapidement possibles à une rationalisation de l'emplois des énergies disponibles et à une meilleure maitrise de la consommation énergétique , outre la nécessaire diversification énergétique qui vise essentiellement une rapide intégration des énergies renouvelables (solaire photos voltaïque et thermique , éolienne , géothermique) dont dispose en abondance l'Algérie , le développement des économies d'énergies est un axe très important, la consommation d'énergies peut être considérablement réduite par l'adaptation des stratégies d'efficacité énergétique dans le bâtiment.

III. L'EFFICACITE ENERGETIQUE :

L'efficacité énergétique peut se définir comme le rapport entre le service délivré au sens large (performance, produit, énergie, confort, service) et l'énergie qui y a été consacrée.

L'amélioration de l'efficacité énergétique consiste donc, par rapport à une situation de référence soit à : (6)

- augmenter le niveau de service rendu, à consommation d'énergie constante ;
- économiser l'énergie à service rendu égal
- réaliser les deux simultanément.

ainsi, les solutions d'efficacité énergétique visent à améliorer la performance délivrée avec une moindre consommation d'énergie, en augmentant l'efficacité énergétique, nous utilisons moins d'énergie et nous réduisons du même coup les émissions de gaz à effet de serre, protégeant ainsi l'environnement. la sécurité de l'approvisionnement en énergie s'en trouve également renforcée. et n'oublions pas qu'en adoptant des solutions favorisant l'efficacité énergétique, nous dépensons moins d'argent pour l'énergie !

III.1. le diagnostique de performance énergétique :

le bâtiment est avec le transport et l'industrie, l'un des 3 plus gros postes énergétivore

pour rendre le constat plus lisible et situer l'état énergétique du logement, le DPE s'accompagne de deux étiquettes qui le classent en fonction de sa Performance énergétique (c'est l'étiquette énergie) et de ses émissions de gaz à effet de serre (c'est l'étiquette climat). (6)

étiquette énergie

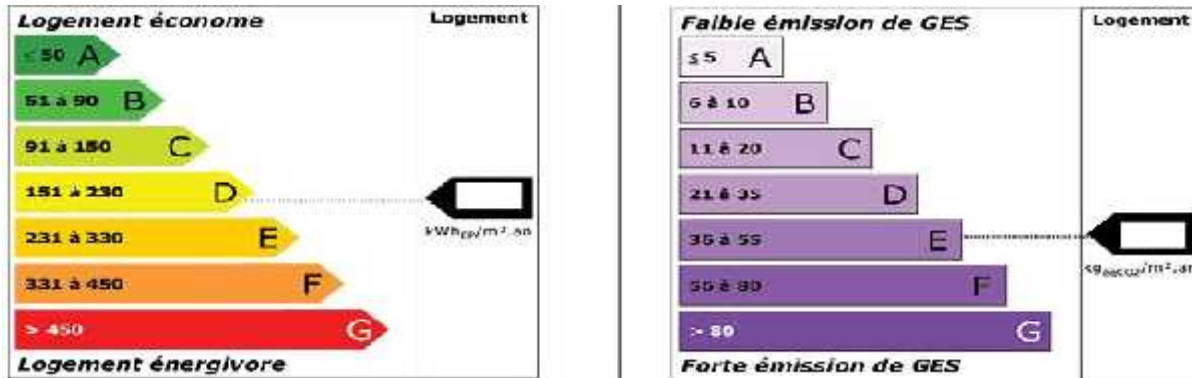
consommation énergétique

en kwh/m2.an en énergie primaire

étiquette climat

émission de gaz à effet de serre

en kg epco2/m2.an

**Figure II- 1:diagnostic de performance énergétique****IV. CLASSIFICATION DES BATIMENTS EFFICACES ENERGETIQUEMENT :**

- Bâtiments très performant « très basse consommation d'énergie »
- Bâtiments à énergie positive « zéro énergie »
- Bâtiments performant « basse consommation d'énergie » (1)

V.BATIMENT ECONOMIE EN ENERGIES :

Un bâtiment économe en énergies ou basse consommation dite « bbc » qualifie un ouvrage énergétiquement performant.

on appelle, bâtiment basse consommation, les constructions ayant pour performance, la capacité de consommer au maximum 50 kwh/m2.an, à moduler selon la zone climatique et altitude, pour le chauffage la production d'eau chaude sanitaire. pour rappel, les maisons actuellement réalisées de manières non bbc, consomment entre 150 à 200kwh/m2.an.la construction de ces maisons, pour atteindre cet objectif de performance, devra bénéficier d'une conception judicieuse de leurs enveloppes, des technologies de construction adaptées et économes, et exploiter les énergies renouvelables, indépendamment de l'équipement en matériel, devant être plus économe en énergie.

.l'objectif étant de rendre moins dépendant en énergie le secteur du bâtiment, qui consomme actuellement près de la moitié des ressources naturelles, de ce fait, cette démarche permet ;

- des économies sur la consommation d'énergie non renouvelable et de ressources naturelles.
- de participer à la limitation de la pollution de l'air
- de réduire les dépenses de santé, grâce à la réalisation de constructions plus saines, utilisant des matériaux et produits sans danger
- de favoriser une relation harmonieuse entre le bâtiment et son environnement immédiat.

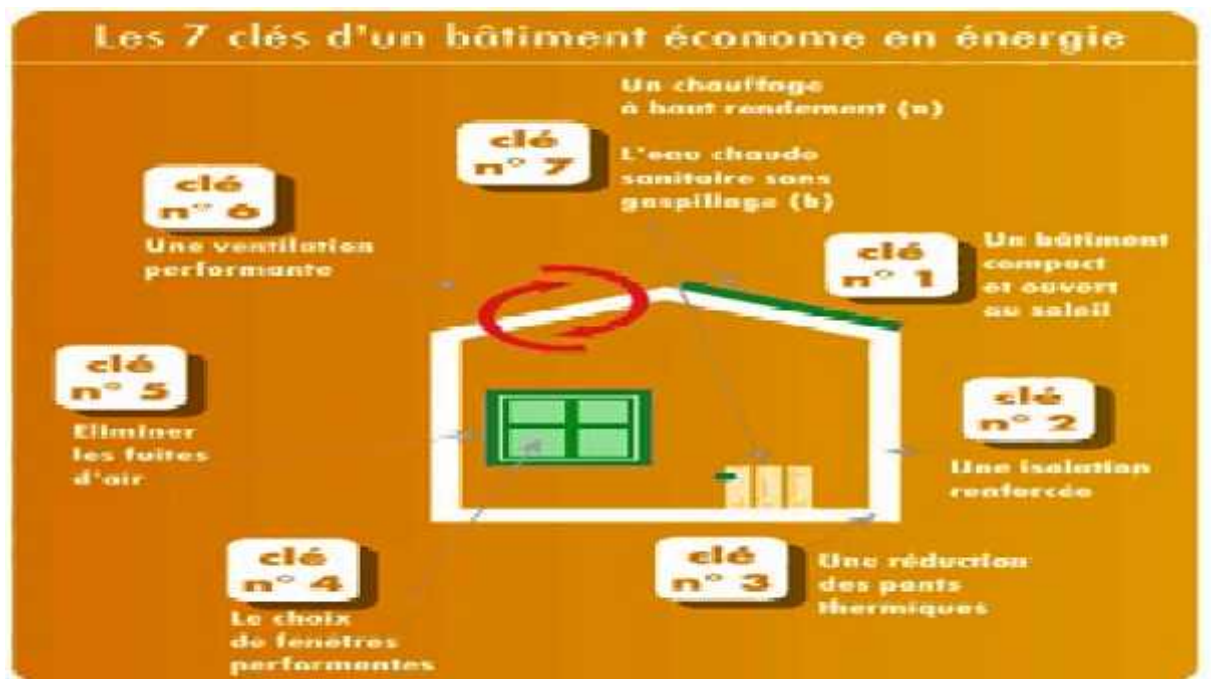


Figure II-2 : les 7 clés d'un bâtiment économe en énergie

VI. LA CONCEPTION BIOCLIMATIQUE :

L'idée est d'utiliser l'énergie solaire disponible sous forme de lumière ou de chaleur, afin de consommer le moins d'énergie possible pour un confort équivalent. Elle tient compte de l'emplacement, l'orientation, et l'aménagement intérieur des espaces ; il s'agit pour les constructeurs d'allier l'architecture aux potentialités du climat extérieur.

L'architecture bioclimatique peut se définir comme l'adaptation de l'habitat au climat environnant. Elle tire parti du climat pour assurer le confort de l'occupant : se protéger du froid et capter les apports solaires en hiver, se protéger du soleil et garder la fraîcheur en été.

Les pratiques traditionnelles telles que l'utilisation de matériaux locaux (pierre, bois, terre...), le faible pourcentage de surface vitrée et une bonne compacité font des anciens bâtiments des bâtiments relativement économes. Pour autant, ce ne sont pas des bâtiments du niveau de performance énergétique souhaité aujourd'hui.

Par la seule conception, l'architecture bioclimatique vise donc à apporter le maximum de confort thermique aux habitants tout en minimisant les consommations énergétiques du bâtiment. (2)

VI. 1. Les principes de l'architecture bioclimatique :

L'architecture bioclimatique recherche une synthèse harmonieuse entre la destination du bâtiment, le confort de l'occupant et le respect de l'environnement en faisant largement appel aux principes de l'architecture, cette architecture permet

À réduire les besoins énergétique et de créer un climat de bien être dans les locaux avec des températures agréables, une humidité contrôlé et un éclairage naturelle abondant, ces principes sont fondés sur un choix judicieux, de la forme du bâtiment et son implantation de la disposition de l'espace, des matériaux utilisés et de l'orientation, en fonction de la particularité du site : climat, vent dominant, qualité du sol, topographie, ensoleillement et vue.

VI. 2. Les bases de conception d'ensembles :

VI. 2.1. La forme et la compacité (bâtiment compact) :

Du point de vue de la consommation d'énergie, la forme optimale pour une construction est celle qui permet un minimum de gains solaires en été et un maximum gain solaire en hiver

La compacité d'un bâtiment ou le coefficient de forme (CF) est défini comme le rapport entre la surface de déperdition thermique de l'enveloppe extérieure et le volume habitable (m^2/m^3), il indique le degré d'exposition du bâtiment aux conditions climatiques ambiantes. Plus la surface

de déperdition est grande plus les pertes chaleurs augmente, le bâtiment est plus économe en énergie quand le coefficient de forme prend des valeurs plus petites (chauffé le même volume mais avec moins de surface de déperditions).

Et donc un minimum d'échange thermique. Les déperditions thermiques du logement se font par le renouvellement d'air et par l'enveloppe. Une forme "compacte" est plus économe en énergie qu'une forme "éclatée", puisque les déperditions sont proportionnelles à la surface d'échange entre l'intérieur chauffé et l'extérieur froid.

Une forme compact est souhaitable pour réduire le cout du confort thermique pour le chauffage et la climatisation du bâtiment, mais un bâtiment hyper compact n'est pas souhaitables du point de vue architectural est éclairage naturelle, donc un compromis doit être trouvé de la conception du projet.

$$Cf = Se / V$$

Où: Se - surface de l'enveloppe

V - volume habitable

Cf .- coefficient de forme

L'allure générale d'un bâtiment, doit être pensée de manière à faciliter la pénétration du rayonnement solaire à l'intérieur de la construction pendant l'hiver et l'éviter pendant l'été. Une forme optimale est, donc celle qui perd le minimum de chaleur pendant la saison de chauffe et en gagnant le minimum pendant la saison de surchauffe.

- Le carré n'est pas la forme optimale quelle que soit la localisation de la construction.
- Toutes les formes allongées dans la direction Nord-sud sont moins efficaces que la forme carrée, aussi bien en hiver qu'en été.
- Il existe une forme optimale générale donnant les meilleurs résultats dans chaque cas, et pour tous les climats, c'est la forme allongée dans la direction EST-OUEST.

VI. 2.2. L'orientation :

le choix d'une orientation est soumis à de nombreuse considération telle que la vue dans différentes direction, la topographie du site, la position des sources de nuisances, le rayonnement solaire est ses effets d'échauffement, ainsi que la ventilation en rapport avec la direction des vents dominant. Il place le concept de l'orientation au centre des éléments influant sur les ambiances intérieure du bâtiment.

VI. 2.2.1. Les Classes d'orientations :

Dans le climat méditerranéen, où le soleil est souvent présent dans le ciel, c'est l'orientation qui définit la quantité d'énergie solaire incidente sur une paroi verticale, et cette quantité d'énergie est la principale cause de l'exigence de protection solaire.

Il est possible de répartir les orientations sur un cercle en quatre classes: NORD, EST, SUD et OUEST, la définition de la classe Ouest est très large à cause des hautes températures de l'après-midi, en été, l'orientation la plus défavorable est l'Ouest, car ici le moment où l'énergie solaire incidente est la plus forte correspond à celui où la température extérieure est la plus élevée. l'orientation Est reçoit la même quantité d'énergie, mais pendant la matinée, lorsque la température d'air est plus basse. L'orientation Sud elle reçoit moins d'énergie. Enfin, l'orientation Nord est celle qui est la mieux protégée contre le rayonnement solaire.

- La façade sud d'un bâtiment reçoit en hiver, près de trois fois plus le soleil que les façades, EST et OUEST ainsi que la toiture
- La façade NORD, reçoit très peu de rayonnement qu'elle que soit la saison

Pour cela, l'exposition sud est donc idéale pour l'hémisphère Nord.

L'influence de l'orientation sur les températures des surfaces extérieures (proportionnelles à l'intensité du rayonnement incident) affecte tour à tour le flux de chaleur à travers les murs et les températures de surface interne. Quantitativement Le régime et l'amplitude de l'élévation de la température dépend de la capacité calorifique et de la résistance des murs.



Figure II-3 : orientation d'une maison par rapport au soleil

VI. 3. L'ensoleillement et les revêtements extérieurs de l'enveloppe :

Selon l'orientation de la façade ou de la toiture, on devrait choisir des qualités des revêtements ou des couleurs des parois opaques dans des gammes qui atténuent les gains solaires (facteur d'absorption faible) et favorisent l'émission de chaleur par rayonnement infrarouge (facteur d'émission élevé). Pour limiter la surchauffe, seule les revêtements des faces exposés au soleil est sensible. (9)

La figure, qui suit montre le coefficient d'absorption pour différents matériaux et différentes couleurs

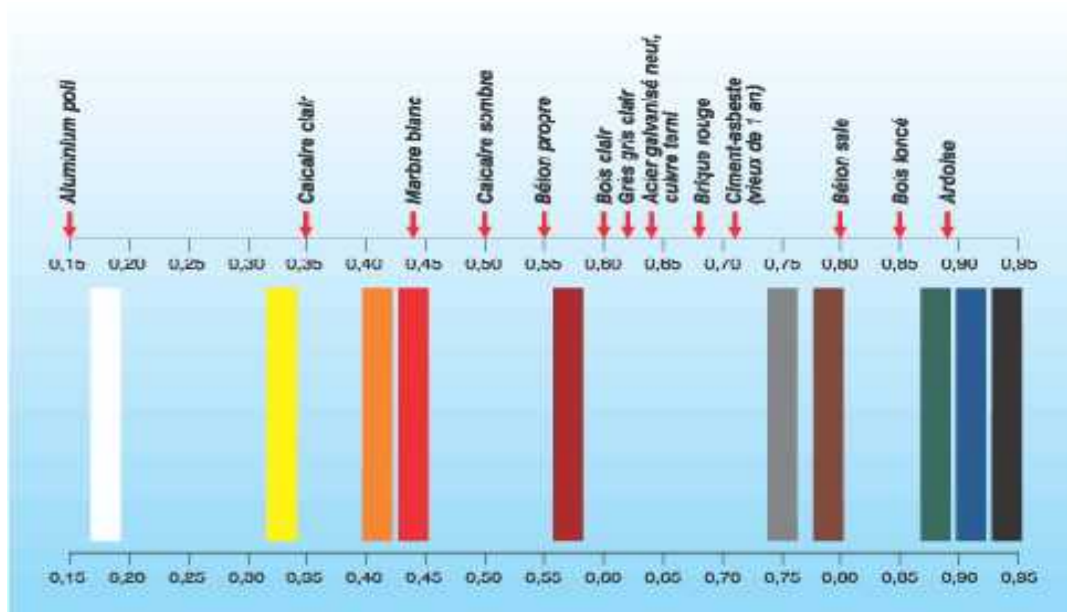


Figure II-4 : coefficients d'absorption pour différents matériaux et couleurs

Le problème de l'ensoleillement, posés aux concepteurs sont aujourd'hui complexes.

Il s'agit de concilier, le confort d'été, les qualités d'ambiances et la protection de l'enveloppe, dans une approche de dualité entre soleil d'été et soleil d'hiver, plusieurs architectes intègrent l'ensoleillement comme une dimension conceptuelle des plus importantes, ils ont mis en œuvre des formes et éléments architecturaux destinés à contrôler les rayons solaires, cela est traduit en générale par la façade épaisse, ou par la systématisation des débords, ou par la création des brises-soleil.

VI.4. Effets de l'orientation des fenêtres sur les températures intérieures:

L'effet de l'orientation des fenêtres sur les températures intérieures est largement conditionné par :

- */ La ventilation naturelle.
- */ Le degré des protections solaires.

Lorsque l'occultation n'est pas efficace le rayonnement solaire pénètre directement par la fenêtre et chauffe l'intérieur. Les températures sont alors très influencées par l'orientation des fenêtres. Les vitrages d'une habitation sont responsables d'une importante source de déperditions thermiques « 10 fois moins isolante qu'un mur » mais ils peuvent être le point de passage d'importants apports solaires, l'hiver comme l'été.

VI.5. fenêtres et protections solaires :

Dans les régions chaudes, il est conseillé de multiplier les fenêtres afin de pouvoir les ouvrir le soir et ventiler naturellement. Néanmoins ces fenêtres, ainsi que les autres baies vitrées, doivent absolument être pourvues de protections solaires, surtout les surfaces vitrées horizontales ou inclinées et celles verticales en façade est à ouest. Les stores extérieurs sont thermiquement plus efficaces que les stores intérieurs, car ils évitent l'échauffement de la baie vitrée ; la lame d'air située entre le store et la baie vitrée doit être ventilée afin qu'elle aussi ne s'échauffe pas.

Un autre type de protection, fixe celui-ci, peut être réalisé au niveau de la construction. Les pare-soleil, les brise-soleil, les balcons, les avancées de toiture, les décrochements de façade sont de véritables éléments architecturaux qui participent à la façade et au confort.

Attention : si le pourcentage de vitrages est supérieur à 25 % de la surface habitable, on rentre dans une zone d'inconfort en hiver, comme en été, ainsi qu'aux intersaisons. Concevoir un bâtiment au-delà de cette limite, entraînera une surconsommation de chauffage ainsi que l'obligation probable de climatiser (surconsommation en été).

VI.6. composition du plan intérieure du logement :

L'occupation des divers espaces d'un bâtiment varie en fonction du rythme des journées et même des saisons. Définir ces différents espaces (zones) et caractériser leurs besoins thermique permet de les disposer rationnellement les uns par rapport aux autres.

Les zones habitées en permanence de jour ou de nuit étant celles qui nécessitent le plus de chaleur en hiver sont séparées de l'extérieur par des espaces intermédiaires dits « tampons » qui jouent le rôle de transition et protection thermique

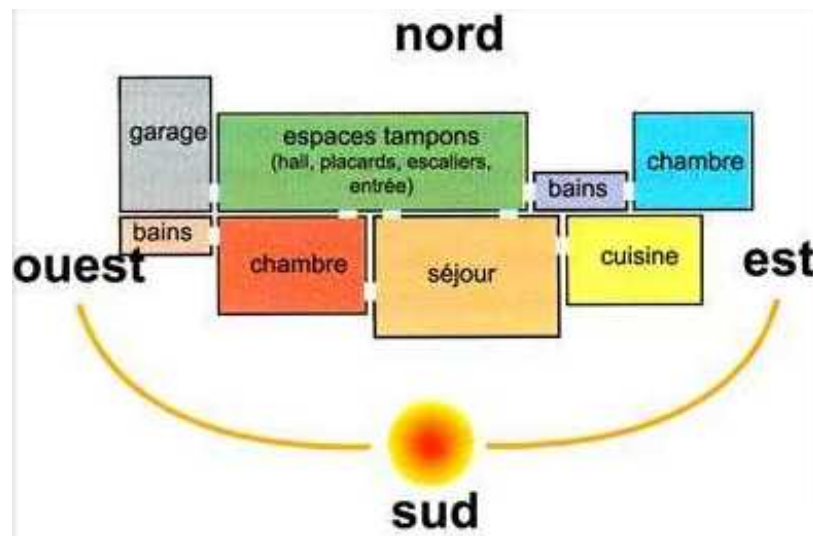


Figure II- 5 : répartition de l'espace intérieur d'un logement par rapport au climat

VI.7. Les stratégies bioclimatiques:

En été comme en hiver, l'architecture bioclimatique a développé des stratégies passives, profitant des aspects favorables de l'environnement pour créer une ambiance intérieure confortable et gérer la consommation d'énergies, deux stratégies résument l'approche bioclimatique

VI.7. 1. Système de chauffage solaire passif (confort d'hiver) :

S'il est important de se protéger des surchauffes en été, il est tout aussi important récupérer des calories en période froide pour se chauffer.

Les principes de la stratégie de chaud ou (système de chauffage solaire passif) sont les suivantes :

- capter le rayonnement solaire
- capter et stocker l'énergie
- distribuer cette chaleur dans le bâtiment
- réguler cette chaleur
- éviter les déperditions dues au vent

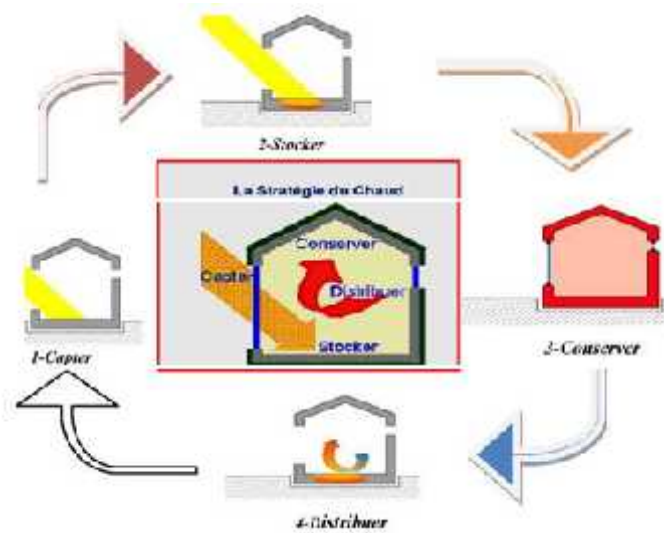


Figure II-6 : concept de la stratégie di chaud

VI.7.2.Système de rafraîchissement passif (confort d'été) :

Contrairement à l'hiver, les apports gratuits sont indésirables en saison chaude et contribuent à augmenter les besoins de rafraîchissement. La stratégie de refroidissement naturel répond au confort d'été. Il s'agit de se protéger du rayonnement solaire et des apports de chaleur, de minimiser les apports internes, de dissiper la chaleur en excès et enfin de refroidir naturellement

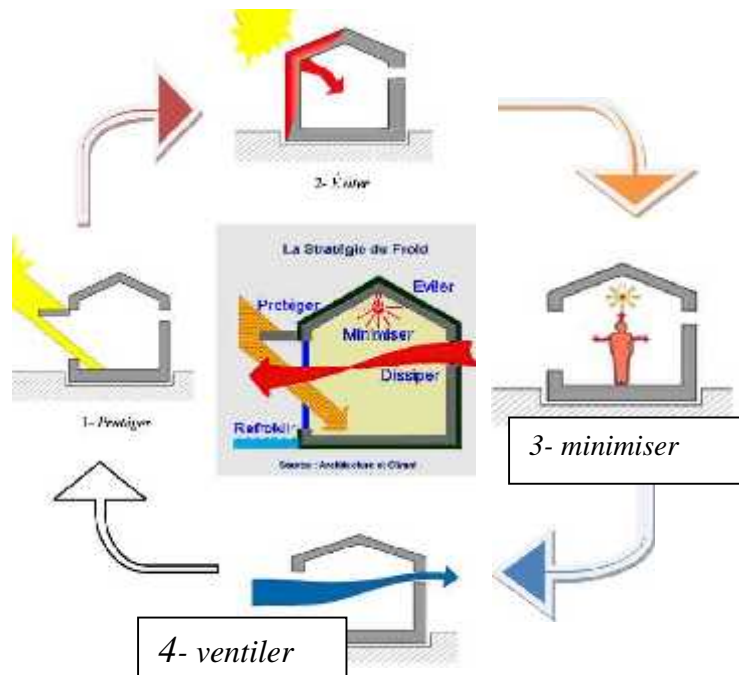


Figure II-7: concept de la stratégie du froid

VII. LE CONFORT THERMIQUE :

Économie d'énergie, confort thermique et meilleure santé sont étroitement liés concevoir une habitation de façon saine et confortable ne signifie pas dépenser plus d'énergie. Au contraire. la recherche du « confort thermique » n'est donc pas un luxe coûteux : elle permet de réduire les charges en énergie, de vivre dans une ambiance intérieure plus saine et... d'éviter des visites chez le médecin. (12)

le confort peut être défini comme le degré de désagrément ou de bien être produit par les caractéristiques de l'environnement intérieur d'un bâtiment. une telle définition considère une interaction entre l'individu et l'espace qui l'entoure, c'est-à-dire entre des conditions ambiantes physiquement mesurables et certaine conditions individuelle qui affecte notre perception. la qualité de vie à l'intérieur de l'espace à été souvent rapprochée à une appréciation thermique en premier lieu.

assurer une sensation de chaleur en hiver et se préserver de s fortes chaleurs en été et depuis longtemps un souci majeure pour les concepteurs.

VII.1.la notion du confort thermique :

le climat affecte au bâtiment des sensations de froid en hiver et des sensations de chaleur en été.

la notion du confort thermique désignes l'ensemble des multiples interactions entre l'occupant et son environnement ou l'individu est considéré comme un élément du système thermique les critères de confort les plus couramment utilisés dans le design architectural sont basés sur les travaux de professeur fanger. Ce dernier a développé une théorie selon laquelle le confort thermique dépend de 6 paramètres :

- ✓ Le métabolisme
- ✓ L'habillement
- ✓ La température de l'air ambiant (TA)
- ✓ La vitesse de l'air (V)
- ✓ L'humidité relative de l'air(HR)
- ✓ La température des parois (TP)

VII.2. les différentes saisons du confort

- ✓ **.confort d'été** : aptitude de la maison à rester fraîche en été sans climatisation
- ✓ **confort d'hiver** : aptitude de la maison à offrir à ses occupants une température agréable en plein hiver avec un minimum de dépense de chauffage
- ✓ **confort demi-saison** : aptitude de la maison à conserver une

Température stable à ses occupants et à diminuer la durée de la saison de chauffe

VII.3. les clés du confort thermique :

La recherche de solutions efficaces et adaptées à votre habitation vous permettra d'obtenir un confort thermique facilement.

pour une garantie de confort et d'économies d'énergie, il faut jouer sur trois notions indispensables :

VII.3.1. isoler : cela signifie empêcher l'air froid d'entrer, l'air chaud de s'enfuir vers l'extérieur, tout en assurant un bon renouvellement de l'air dans l'habitat. une isolation efficace passe par un traitement de la toiture, des murs, du sol mais aussi de toutes les ouvertures. les travaux, selon les cas, se pratiquent par l'intérieur ou par l'extérieur

VII.3.2. ventiler : cela correspond à amener l'air extérieur dans un espace intérieur en remplacement de l'air vicié

VII.3.3. aérer : cela permet d'évacuer l'excès de gaz carbonique émis par la respiration des hommes et des animaux, ...

pour cela il faut faire les bons choix en fonction de l'architecture, des matériaux, de, de la localisation géographique, ...etc)

VIII. CONCLUSION :

Aujourd'hui les bâtiments jouent un rôle très important dans la dépense énergétique, pour cela nous devons réfléchir aux procédés qui permettront la réduction de cette dépense énergétique, plusieurs paramètres agissent sur le comportement thermique du bâtiment dont la forme, l'orientation, ses éléments constructifs et l'aménagement intérieur.

Pour plus de confort on a recours à une surconsommation d'énergies, donc il faudrait d'abord améliorer le bâtiment afin de réduire la demande en chauffage et en rafraîchissement, puis bien réfléchir sur la composition des parois de l'enveloppe, la compacité du volume chauffé, l'emplacement, l'orientation, type de vitrage.

Des solutions existent pour aboutir à un habitat basse consommation énergétique, en guise d'illustration on peut citer :

- meilleure isolation de l'enveloppe qui fera diminuer la dépense énergétique de chauffage et de climatisation
- utilisation des énergies renouvelables dans l'équipement de chauffage, d'eau chaude sanitaire et de production d'électricité.

CHAPITRE III

LES PARAMETRES DES BATIMENTS ECONOMES

(COMMENT AGIR SUR les BATIMENTS
POUR UNE BONNE EFFICACITE
ENERGETIQUE ?)

I. INTRODUCTION

Les bâtiments réalisés de nos jours ne prennent généralement pas en considération le facteur climatique. Ce sont des bâtiments standards qu'on réalise à n'importe quel endroit et sous des climats différents, ce qui entraîne l'installation de systèmes de climatisation ou de chauffage pour les rendre vivables pour les occupants. L'ajout du système de climatisation ou de chauffage (inutile si l'ensoleillement avait été pris en compte) ne répondra vraisemblablement plus aux objectifs du développement durable. En effet, Un bâtiment comprend un ensemble complexe de composants, consommateurs d'énergie tels que, l'éclairage, le chauffage, la climatisation ou la production d'eau chaude sanitaire. En plus, un bâtiment mal isolé entraîne des déperditions importantes qui impliquent des consommations d'énergies considérables.

L'utilisation rationnelle des énergies regroupe toutes les actions qui permettent d'obtenir le confort nécessaire à l'habitat et au travail en utilisant au mieux les ressources énergétiques. .

II. L'ISOLATION THERMIQUE PERFORMANTE DE L'ENVELOPPE :

L'isolation est un paramètre clé à prendre en compte dans la réussite d'une maison basse consommation. Quel que soit le système constructif et le type d'isolation thermique choisi (par l'intérieur ou par l'extérieur), on recherchera la performance maximale de l'isolation (la résistance thermique R la plus forte possible pour réduire le plus fortement les déperditions de chaleur) sur le principe que l'énergie la moins chère est celle que l'on ne consomme pas

En limitant les besoins en énergie du logement, l'isolation thermique est l'accès principal aux économies d'énergie(7)

Dans un bâtiment mal isolée ou non isolée, les plus grosses fuites de chaleur s'effectuent par les surfaces : toiture, murs et vitrages. Ces points sensibles de l'habitation peuvent générer jusqu'à 60% des déperditions en chaleur. Les jonctions entre les parois laissent également fuir la chaleur. Appelées "ponts thermiques ", elles peuvent participer de 10% à la fuite de chaleur.

L'objectif de l'isolation est la réduction des consommations énergétiques et également pour Créer un espace de vie sain et plus confortable. En hiver, l'isolation permet de garder la chaleur à

l'intérieur et donc de limiter les déperditions thermiques du bâtiment. En été, elle permet également de limiter le flux de chaleur entre l'extérieur et l'intérieur du bâtiment. Le principe de l'isolation est de poser, avec des matériaux ayant un pouvoir conducteur le plus faible possible, une barrière entre l'extérieur et l'intérieur, entre le chaud et le froid.

II.1. Le confort d'hiver :

En hiver c'est l'isolation thermique qui a pour rôle de limiter les déperditions calorifique à travers les murs de l'intérieur chauffé à l'extérieur froid, c'est la résistance thermique de la paroi qui caractérise l'importance du flux de chaleur à travers le mur, si en augmente la résistance thermique d'une paroi on abaisse le flux de chaleur la traversant

Une différence de température de quelques degrés entre l'ambiance et les parois ou entre les pieds et la tête fait frissonner. C'est la sensation d'inconfort. Ce sentiment de gêne apparaît dès que l'écart de température est supérieur de 3°C entre la température des pièces et celle des parois (fenêtre, sol ou mur). On appelle cela l'effet de « paroi froide » qui disparaît dès que les parois sont isolées. Isoler permet ainsi d'abaisser le niveau de la température d'ambiance. Seule une maison isolée permet de chauffer à 19°C avec un vrai confort thermique. Sachez que chauffer de 1°C de plus n'amène pas forcément plus de confort mais augmente la consommation d'énergie de 5%. De plus .

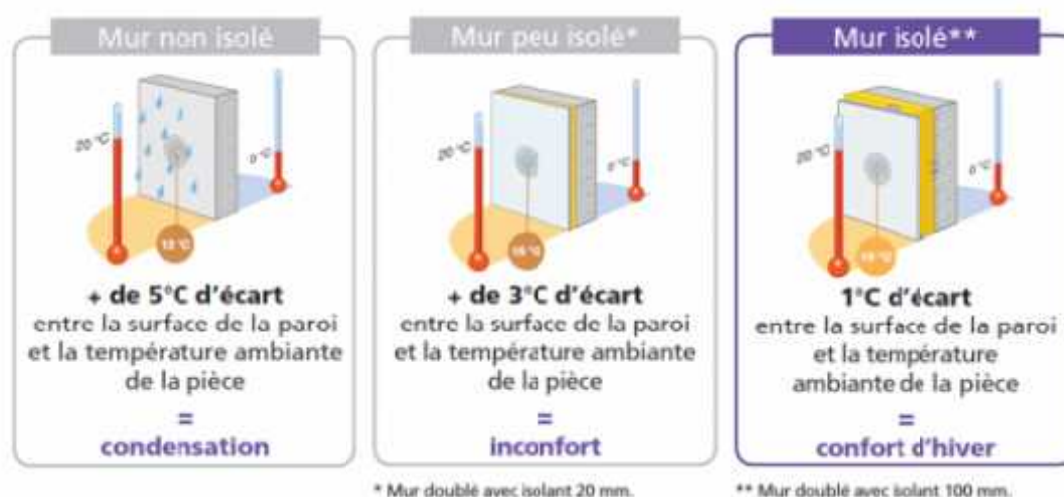


Figure III-1 : l'impact de l'isolation d'une paroi sur l'ambiance intérieure d'une pièce

II.2. Le confort d'été :

En été, l'objectif est de limiter la surchauffe du bâtiment pendant les heures les plus chaudes de la journée. Pour cela, il est nécessaire que les parois possèdent de l'inertie thermique, c'est-à-dire une capacité à stocker la chaleur et à la rediffuser dans l'habitat Plus tard lorsqu'il fait plus frais dehors. Cette inertie est généralement apportée par Les murs mais aussi et surtout par les dalles maçonnées et/ou murs de refends.

Dans le cas de parois légères (toitures, constructions bois...), l'isolant pourra avoir un rôle À jouer en apportant de l'inertie à la paroi. Il sera alors nécessaire de choisir un isolant ayant une masse volumique importante. Quelques ordres de grandeur : laine de bois 40 kg/m³, panneaux de laine de bois haute densité 140 kg/m³

II.3. Les différents types d'isolants :

Les isolants sont, le plus souvent, constitués d'une carcasse solide emprisonnant des cellules d'air (l'air immobile étant l'un des meilleurs isolants). Outre la faible conductivité, d'autres qualités sont à rechercher dans un isolant comme : une bonne résistance mécanique, la neutralité vis-à-vis des matériaux qui l'entourent, l'ininflammabilité et la résistance aux attaques des rongeurs.

De nombreux produits isolants existent aujourd'hui, aussi bien au niveau de leur composant (laines minérales, laines végétales, isolants minces,..) que de leur conditionnement (vrac, panneaux, rouleaux,...) et de leur épaisseur. Comme le montre les photos



Fibre de bois en panneau

Laine de verre en rouleau

Laine de roche panneau rigide.

Figure III-2: Matériaux isolants

On distingue plusieurs types d'isolants, présents sur le marché sous différentes formes :

- 1) Matériaux minéraux : la laine de verre, la laine de roche,
- 2) Matériaux fibreux organiques: cellulose, chanvre, mousse organique (le polystyrène exposé ou Extrudé)
- 3) mousse inorganique : mousse de verres, vermiculite, la perlite, béton cellulaire,
- 4) matériaux ligneux : liège, bois léger, paille agglomérée,

II.4. Les caractéristiques thermiques d'un isolant performant :

II.4.1. La conductivité thermique (λ) (en $W/m \cdot ^\circ C$) : La conductivité thermique d'un matériau Représente sa capacité à véhiculer un flux de chaleur, traversant un matériau d'un mètre d'épaisseur pour une Différence de température de 1 degré entre les deux faces. Elle s'exprime en $W/m \cdot ^\circ C$. Cette valeur permet de quantifier le pouvoir isolant de chaque matériau. Plus elle est faible, plus le matériau sera isolant. (7)

II.4.2. Résistance thermique « R » (en $m^2 \cdot ^\circ C/W$) : un autre indicateur est la mesure la plus significative pour représenter la performance d'une isolation. la résistance thermique noté (R), elle exprime la capacité d'un matériau à résister au froid et à la chaleur c.à.d. sa capacité à s'opposer au transfert de chaleur plus l'indice(R) est élevé plus le matériau est isolant, moins la maison perd de chaleur et donc plus il y a économie d'énergie.

l'indice R s'obtient par le rapport de l'épaisseur en mètre sur la conductivité thermique du matériau on peut alors facilement calculer la résistance thermique par la relation $R=e/\lambda$ (avec e : l'épaisseur en m et λ : la conductivité en $W/m \cdot ^\circ C$).

II.4.3. L'épaisseur (e) :

C'est la hauteur en millimètres de l'isolant posé. Plus l'isolant est épais, plus la résistance thermique est forte.

Tableau III-1 : Valeur du coefficient de conductivité thermique des principaux isolants

Isolant	Conductivité thermique (W/M°C)()
Laine de roche	0.038-0.047
Laine de verre	0.037-0.051
mousse rigide de Polyuréthane	0.033
Fibre de bois	0.06-0.067
Fibre de polystère	0.05
polystyrène expansé	0.036-0.058
polystyrène extrudé	0.029-0.036

Les isolants, de par leur effet réducteur de la consommation d'énergie, participent par définition à la préservation de l'environnement et des ressources naturelles. Les isolants écologiques présentent un meilleur écobilan que les isolants minéraux ou synthétiques qui dominent le marché.

II. 5. Les types d'isolation :

Il existe deux grandes modes d'isolation, qui correspondent à deux techniques : L'isolation par l'intérieur, par l'extérieur.

II.5.1. L'isolation par l'intérieur :

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 (10)

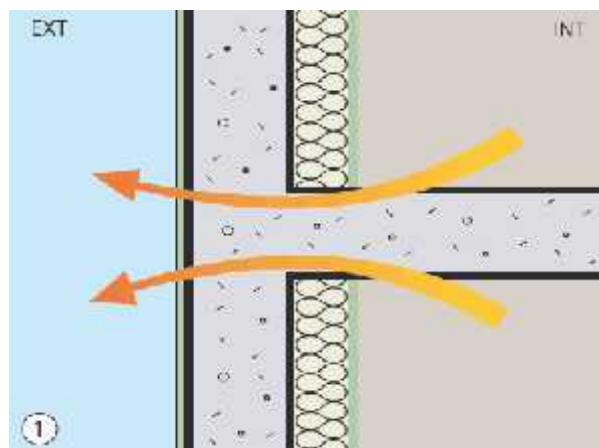


Figure III.3 : isolation d'un mur par l'intérieur

II.5.2. L'isolation par l'extérieur :

Consiste à installer l'isolant sur la surface extérieure du mur. C'est souvent la solution la plus coûteuse 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 évidemment un mauvais conducteur de la chaleur. En général les 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. Ainsi les gaz sont de meilleurs isolants que les liquides qui sont meilleurs que les solides.

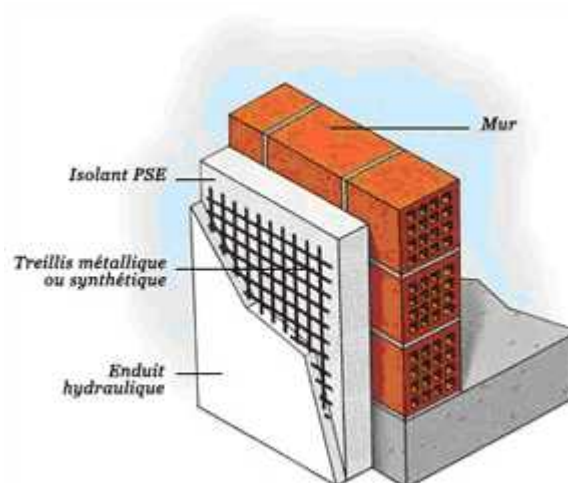


Figure III.4. : isolation d'un mur par l'extérieur

II.5.3. L'isolation thermique les parties à isoler: chaque élément d'une habitation nécessite un aménagement spécifique en terme d'isolation thermique, sans une bonne isolation, l'air chaud monte s'accumule en hauteur et s'échappe hors de la maison la toiture donc une priorité en terme d'isolation.

II. 5.4. Isolation des toitures terrasses : Une toiture-terrasse s'isole impérativement par l'extérieur. Un soin particulier doit être apporté à l'étanchéité. On choisira par exemple le polyuréthane ou le polystyrène extrudé

II. 5.5. Isolation renforcés des murs : Une isolation de qualité permet de réaliser jusqu'à 25% d'économies d'énergie, L'isolation des murs (par l'intérieur ou l'extérieur) permet de réduire les pertes de chaleur qui représentent entre 20 à 25 % de votre consommation énergétique. L'isolant des murs, permet de réduire donc considérablement la facture de chauffage

Les façades nord sont à isoler en priorité, car elle sont moins exposées au soleil, tandis que celle exposée à l'ouest d'avantages d'exposés au pluie méritent une protection supplémentaire contre l'humidité.

II. 5.5.1. Par l'extérieur : L'isolation par l'extérieur est la meilleure lorsque les enduits extérieurs sont défectueux

Les avantages :

- traiter un plus grand nombre de ponts thermiques ;
- ne pas modifier les surfaces habitables ;
- Bénéficier de l'inertie thermique des parois en maçonneries
- protéger les murs des variations climatiques
- économies de climatisation en été
- évite le mur d'accumulé la chaleur

II. 5.5.2. Par l'intérieur : Elle est intéressante lorsque le ravalement extérieur est en bon état

Les avantages :

- l'absence de modification de l'aspect extérieur de la maison.
- un coût relativement peu élevé, mais entraînant une réduction de la surface des pièces.

II.5.6. Isolation du plancher : Évite les remontées d'humidité et permet de réaliser jusqu'à 10% d'économies d'énergie et apporte un confort supplémentaire.

II.5.7. Isolation des fenêtres: source immédiate d'économies et de confort

Les fenêtres mal isolés peuvent représentées jusqu'à 20% de déperditions énergétiques donc leurs rénovation est donc non seulement agréable d'un point de vue esthétique et acoustique, mais elle est très efficace sur le plan thermique

II.5.8.Isolation de la porte d'entrée : la performance d'isolation d'une porte est mesurée avec le coefficient U_p plus U_p est bas plus Laporte est isolante

II.6.L'isolation et l'humidité :

La plupart des isolants ne réagissent pas bien à une humidité constante. Quelques-uns toutefois ne souffrent pas de ce genre de problèmes et ne perdent pas leurs qualité isolantes en milieu humide comme : polystyrène extrudé, polyuréthane, verre cellulaire.

En revanche, ces isolants sont totalement étanches à la vapeur d'eau, de se fait leurs utilisation risque d'aggravées le problème empêchant l'humidité de s'échapper donc une bonne ventilation est une exigence absolue pour lutter contre l'humidité d'un mur.

III. MATERIAUX DE CONSTRUCTION ET LEURS PERFORMANCES

THERMIQUES :

Le choix des matériaux est un élément capital de la construction d'un bâtiment basse consommation. Les matériaux composants le bâtiment vont directement impacter sur : (8)

- Le confort des occupants en captant la chaleur ou en préservant la fraîcheur et en évitant les sensations de « parois froides »
- Les économies d'énergies grâce à leur capacité d'isolation, d'inertie...
- Le bilan écologique global du bâtiment.

Les matériaux reçoivent différemment le rayonnement selon leur degré de transparence ou d'opacité, leur couleur ou leur texture de surface. Mais ils ont aussi des caractéristiques thermiques particulières tenant à leur structure et à leur masse qui leur permettent de gérer différemment les apports caloriques. Ces caractéristiques thermiques seront prises en compte dans la conception des parois d'un bâtiment bioclimatique, qui auront pour mission première selon les cas de capter, de stocker, de transmettre et/ou de conserver les calories. Ces

caractéristiques thermiques des matériaux sont de deux ordres :

- Les caractéristiques statiques : comment tel matériau se comporte-t-il en présence d'un flux thermique indépendamment du temps de réaction, le coefficient de transmission surfacique (U), la capacité thermique (C)
- Les caractéristiques dynamiques : à quelle vitesse tel matériau gère-t-il le flux thermique ce sont la diffusivité et l'effusivité. Dérivées des caractéristiques précédentes, elles font en plus intervenir le facteur temps.

En conception bioclimatique, les transferts thermiques qui nous intéressent, ceux issus des événements climatiques extérieurs et ceux des apports intérieurs, sont variables dans le temps, voire rythmiques. Pour bénéficier au mieux de cette rythmicité, la prise en compte des caractéristiques dynamiques des matériaux est essentielle. Les matériaux de construction d'un bâtiment ont des caractéristiques thermiques qu'il faut prendre en compte pour l'isolation.

III. 1) La capacité thermique (pC) :

La capacité thermique d'un matériau est sa capacité à emmagasiner la chaleur par Apport à son volume, Symbolisée pC, elle est exprimée en watt heure par mètre cube Kelvin ($\text{Wh/m}^3 \cdot \text{K}$)

En effet les matériaux utilisés pour la construction présentent à des degrés différents, la capacité d'accumuler l'énergie thermique dans leur masse. En règle générale, Plus un matériau est dense plus il est conducteur de chaleur et plus il présente une capacité thermique élevée, au contraire un matériau léger est plus isolant est présente une capacité thermique faible.

Pour cette raison il existe deux techniques essentielle et complémentaires de l'architecture bioclimatique, l'utilisation des matériaux léger permettent d'isolé thermiquement l'habitation de sont environnement, tandis que l'utilisation des matériaux lourds placé à l'intérieur de l'isolation facilitent la régulation des changements des températures.

III. 2) La diffusivité thermique (a)

La diffusivité thermique d'un matériau exprime son aptitude à transmettre rapidement une variation de température. Elle croit avec la conductivité et décroît avec la capacité thermique, elle s'exprime en mètre carré par heure (m^2 / h)

Plus la diffusivité est faible, plus le front de chaleur mettra du temps à traverser l'épaisseur du matériau : le temps entre le moment où elle atteint l'autre face (déphasage) s'en trouve augmenté.

III. 3) L'effusivité thermique (b)

À la différence de la diffusivité thermique qui décrit la rapidité d'un déplacement des calories à travers la masse d'un matériau, l'effusivité décrit la rapidité avec laquelle un matériau absorbe les calories. Symbolisée b (quelque fois E_f), elle s'exprime en Watt racine carré d'heure par mètre carré Kelvin ($W.h^{1/2}/m^2.K$) Plus l'effusivité est élevée, plus le matériau absorbe de l'énergie sans se réchauffer notablement. Au contraire, plus elle est faible, plus vite le matériau se réchauffe.

III. 4) L'inertie thermique :

Lorsque les rayons du soleil frappent une paroi opaque, une partie de l'énergie rayonnée est absorbée, le reste est réfléchi. Un flux de chaleur s'établit alors entre la face externe et la face interne de la paroi. La chaleur, qui se transmet par onde de l'extérieur à l'intérieur, se propage avec un certain déphasage et subit un amortissement. Le maximum de température atteint sur la face extérieure n'est pas immédiatement ressenti sur la face intérieure de la paroi.

La notion d'inertie exprime une "résistance" propre à un changement d'état ou de régime, donc à des phénomènes dynamiques. Ce changement d'état peut être provoqué soit par des variations de la température extérieure, ou par des variations de flux dissipées à l'intérieur du bâtiment. Elle désigne l'ensemble de caractéristiques thermo physiques d'un bâtiment qui le font résister à la variation des flux d'énergie (ou de chaleur) qui s'exercent sur lui. Elle est conditionnée par la capacité thermique du matériau, qui exprime sa faculté d'absorber et à stocker de l'énergie. Ainsi, une construction à forte inertie thermique permet de conserver une température stable et de se réchauffer ou de se refroidir très lentement, alors que les constructions à faible inertie suivent sans amortissement ni retard les fluctuations des températures extérieures.

L'inertie thermique est une notion qui recouvre à la fois l'accumulation de chaleur et sa restitution, avec un déphasage dépendant des caractéristiques physiques, dimensionnelles et d'environnement de la paroi de stockage, La vitesse de stockage ou de déstockage de la chaleur est déterminée par deux autres grandeurs qui sont la diffusivité et l'effusivité.

En effet, l'enjeu principal consiste à limiter l'inconfort dû aux fortes variations de températures dans les bâtiments en été, Pour le confort d'été, l'inertie thermique doit obligatoirement être associée à des dispositifs de refroidissement des structures , l'inertie thermique combinées à la surventilation nocturne est le moyen le plus efficace économique et écologique pour assurer la fraîcheur intérieur durant l'été . En hiver, il consiste à réduire les consommations de chauffage grâce au stockage des apports solaires gratuits transmis par les parois et les vitrages en hiver.

Les matériaux lourds (béton, brique plein ,par pin ,.....), A condition de les places à l'intérieur de l'enveloppe isolante, ils procurent à l'habitation une inertie thermique qui va réguler et homogénéiser les températures intérieurs tout au long de l'année, augmentons aussi le confort thermique une inertie suffisante génère du confort et une économie d'énergie.

Ce comportement des matériaux est un principe fondamental pour la conception bioclimatique

III. 5) Le coefficient de transmission surfacique (U) :

Pour caractériser une paroi, on utilise souvent le coefficient de transmission surfacique (U). Ce coefficient correspond à l'inverse de la résistance thermique R. Il s'exprime en $W/m^2.K$. Il représente le flux de chaleur à travers $1m^2$ de paroi pour une différence de température de $1^{\circ}C$ entre les deux environnements séparés par la paroi. Plus U est faible, plus la paroi est isolante.

III. 6) La masse volumique :

Pour éviter les tassements d'isolants en paroi verticale, il faut privilégier les isolants en panneaux ou en vrac à forte densité. Les tassements augmentent considérablement les ponts thermiques (défaut ou diminution d'isolation entre deux parois) et par conséquent les déperditions dans l'habitat. C'est un phénomène très répandu avec les laines minérales suite à de mauvaises qualités de mise en œuvre. Cette notion est également importante pour évaluer le comportement du matériau car plus elle est élevée, plus la capacité thermique sera importante.

IV. TRAITEMENT POUSSE DES PONTS THERMIQUES :

Les ponts thermiques responsables de 5 à 25% des déperditions de chaleur d'un bâtiment. Le pont thermique est souvent inhérent au système constructif et lié à un problème de construction ou de mise en œuvre, idéalement l'enveloppe isolante d'un bâtiment doit être continue et constante.

Il y a pont thermique dès qu'il y a discontinuité entre des matériaux isolants et des parois de structure. Le pont thermique est une perte de chaleur qui va s'effectuer par conduction entre deux éléments constitutifs du bâtiment, par exemple une dalle intermédiaire reposant sur un mur donnant à l'extérieur, jonctions des façades et planchers, façades et toitures, il s'agit de ponts thermiques structuraux. Ces ponts thermiques sont plus ou moins importants selon la constitution des parois, si elles sont isolées ou non. (10)

Dans un bâtiment non isolé, les ponts thermiques représentent de faibles déperditions (en général inférieures à 15%) car les déperditions totales par les parois sont très élevées. En revanche, dès lors que les parois sont fortement isolées, le pourcentage de déperditions dû aux ponts thermiques devient important. Il est de plus de 30%. Mais, les déperditions globales sont très faibles. C'est la raison pour laquelle dans des bâtiments basse consommation, il est important d'avoir de très fortes résistances thermiques pour les parois et de s'assurer d'avoir de faibles pertes de chaleur par les jonctions.

En présence d'une mauvaise jonction entre une menuiserie et un mur, on parlera plutôt de défaut d'étanchéité.

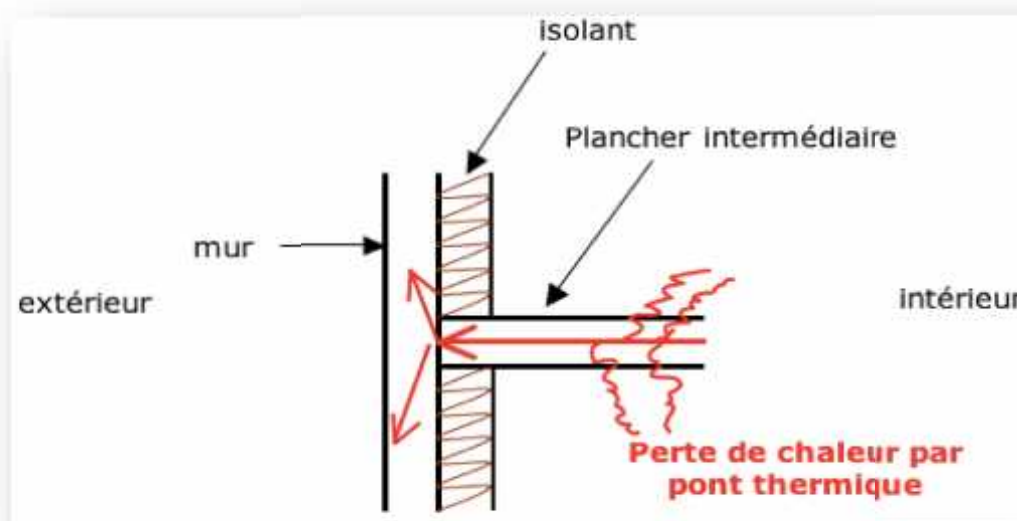


Figure III-5 : schémas d'un pont thermique

L'essor des caméras infrarouge permet à tout un chacun de prendre connaissance de ces problèmes. Ici, en rouge les ponts thermiques des pignons et du mur de refend apparaissent clairement.

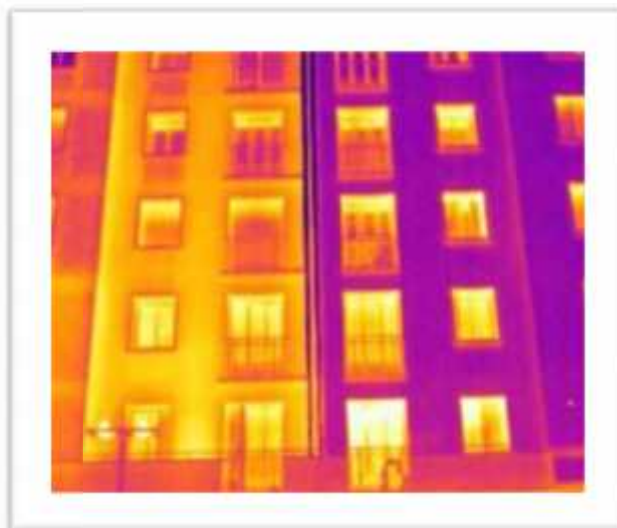


Figure III.6. : Comparaison d'un immeuble isolé ou non isolé

Sur cette photo, la façade de gauche, non isolée laisse passer beaucoup plus de chaleur (rouge) que la façade de droite (bleue) qui est isolée par l'extérieur.

IV.1. les meilleurs Traitement des ponts thermique :

IV.1.1. Une bonne mise en œuvre

IV.1.2. l'isolation par l'extérieur : Elle permet de minimiser les ponts thermiques (surtout en collectif ou sur les maisons à étage) pour les refends et les planchers intermédiaires. De plus ce procédé permet de conserver l'inertie.

Un bon choix du système constructif

V. L'étanchéité à l'air :

Il faut bien distinguer, la perméabilité à l'air, à l'eau, à la vapeur d'eau. S'il est primordial pour la bonne tenue, d'un bâtiment qu'il soit imperméable à l'eau, s'il est souhaitable pour le confort hygrothermique des occupants qu'un bâtiment soit perméable à la vapeur d'eau, il est impératif, pour un bâtiment basse consommation d'avoir une imperméabilité à l'air irréprochable.

- Un bâtiment performant est un bâtiment isolé. L'isolation pour rester performante doit être maintenue dans un espace sec et étanche. L'ensemble du bâtiment doit donc être étanche. Néanmoins, pour des questions sanitaires et de pérennité du bâti, la ventilation d'un logement est indispensable.
- L'imperméabilité à l'air consiste donc à « maîtriser les flux d'air qui circulent à travers des orifices volontaires (bouches de ventilation et entrées d'air) et limiter les flux incontrôlés, qui peuvent être source de pathologies, d'inconfort, et de gaspillage d'énergie. Il ne s'agit en aucun cas de confiner les occupants dans un « sac plastique », mais au contraire de leur procurer de l'air de qualité en quantité suffisante mais sans excès.
- Avec l'amélioration de la performance énergétique des bâtiments, L'étanchéité à l'air des bâtiments est un enjeu très important : elle permet une réduction significative des consommations de chauffage et améliore le confort thermique pour les occupants
- Lorsqu'un bâtiment est construit sans souci de sa parfaite étanchéité à l'air, son enveloppe et ses parois séparatives entre locaux chauffés et locaux froids comportent des faiblesses. Pour n'en citer que quelques-unes:
 - ✓ parpaings non enduits : circulation d'air à travers les joints;
 - ✓ jonction châssis/gros-œuvre non calfeutrée;
 - ✓ châssis mal conçus ou mal réglés;
 - ✓ passages de gaines non calfeutrés;
 - ✓ pare-vapeur non continu en cas de construction bois : faiblesse à chaque percement, pas de scotch pour raccorder aux supports, etc.

Ces infiltrations entre espaces chauffés et espaces non chauffés ou extérieur donnent lieu à de la condensation. Cette condensation peut s'accumuler dans les isolants ou tout autre recoin sans que personne ne s'en aperçoive, jusqu'à détériorer complètement l'enveloppe thermique voire la structure.

V.1.solutions efficaces:

- soigner la conception pour limiter les risques d'infiltration (pas de prise électrique en paroi extérieure, dessiner les détails en imaginant un fil continu étanche, informer les entreprises de chaque corps de métier de leurs devoirs et les recommandations en matière d'étanchéité à l'air);
- enduire intérieur + extérieur les murs maçonnés (parpaing, brique);
- poser des scotch adaptés entre châssis et support;
- scotcher les lés de pare-vapeur entre eux et avec chaque support de manière totalement continue;
- colmater les traversées de réseaux avec le même produit que son support (mortier en cas de béton ou maçonnerie, plâtre en cas de cloisons, béton en cas de dalle béton, manchettes ou manchons en cas de pare-vapeur, etc.);
- créer une enveloppe en mousse polyuréthane projetée (et non en bombe) d'au moins 3cm sur le bâti

Une mauvaise étanchéité à l'air peut entraîner un certain nombre de pathologies tant sur le bâtiment que sur ses occupants comme :

- L'augmentation de la facture énergétique
- Les problèmes structurels et donc de pérennité du bâtiment : problème d'humidité
- L'hygiène et la santé de l'égard à la qualité de l'air intérieur

VI. Une ventilation performante :

Il faut régulièrement renouveler l'air présent dans un bâtiment passif parce qu'il s'appauvrit en oxygène, qu'il se charge en humidité, en odeurs désagréables et en particules nocives émanant des équipements, peintures et autre complexes chimique existant dans le bâtiment.

Dans le cadre d'une conception à haute performance énergétique la ventilation est un point très important.

Le but étant d'obtenir un renouvellement optimal de l'air en consommant le moins d'énergie possible. En outre la qualité de l'air est un élément principal de la sensation de bien être perçu par l'habitant : homogénéité de la température, degré d'humidité et bonne répartition de l'air frais.

VI.1.Types de ventilations :

VI.1.1.La ventilation naturelle :

Ce système renouvelle trop ou trop peu d'air. Il est généralement peu optimal. Le renouvellement d'air se fait par les « courants d'air », des conduits spécifiques et l'ouverture des fenêtres dans des proportions bien supérieures à ce qui est nécessaire. Sachant que cette n'est pas très performante par rapport a la ventilation mécanique soit en économie d'énergie ou en chauffage. (10)

VI.1.2.Ventilation mécanique :

La ventilation double flux doté d'un échangeur performant permet de récupérer pulse de 80% des calories continue dans l'air extrait de l'habitat, elle fait économisé jusqu'à 30% des besoins de chauffage.

✓ VMC double flux avec récupérateur de chaleur :

Le fonctionnement de cet équipement repose sur la récupération de l'énergie contenue dans l'air extrait.

L'air neuf pénètre dans le bâtiment par un conduit central qui le distribue ensuite dans les pièces principales. Un échangeur thermique, situé dans le volume Chauffé, permet à l'air sortant de céder sa chaleur à l'air entrant, qui est alors préchauffé. Il n'y a pas de Mélange des deux flux d'air.

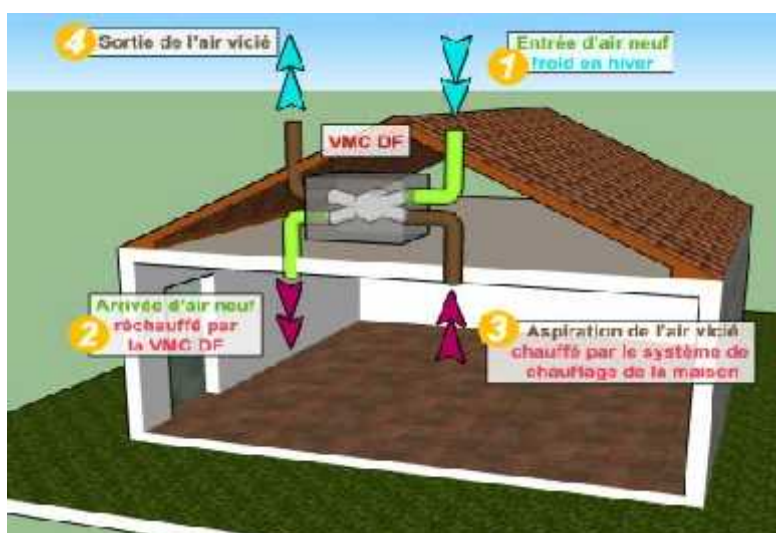


Figure III-7 : VMC double flux

VII. DES FENETRES PERFORMANTES :

De tous les composants de l'enveloppe du bâtiment, la fenêtre est sans doute l'élément le plus critique en raison de sa complexité. (10)

VII.1. Vitrage et propriété thermique

Les baies vitrées et leurs distributions sur l'enveloppe sont des paramètres essentiels lors de la conception d'un bâtiment. Leur premier rôle est d'assurer le confort visuel et thermique des occupants et de gérer les apports solaires en toute saison. Par conséquent, l'évaluation des aspects positifs et négatifs de la paroi transparente, exige une grande attention à plusieurs éléments; comme le type de vitrage, la position, l'orientation et le type de protection solaire associée etc.

Compte tenu de ses effets sur l'éclairage naturel et son potentiel sur les apports solaires, les vitrages se caractérisent par trois facteurs thermiques, à savoir:

VII.1.1. Le facteur solaire (g), Le coefficient de transmission énergétique, dit « facteur solaire», représente le pourcentage d'énergie solaire incidente, transmise au travers d'une paroi vitrée à l'intérieur d'un local; plus basse sera la quantité, moins il aura d'effet de serre, plus grand sera le confort d'été.

VII.1.2. le facteur thermique (U): Le coefficient de transmission thermique exprime la quantité de chaleur traversant un mètre carré de vitrage par degré de différence entre la température intérieure et extérieure. Plus le coefficient est bas, meilleure est l'isolation thermique du vitrage.

VII.1.3. le facteur lumineux (TI): Le coefficient de transmission lumineuse quantifie le taux de lumière qui entre dans le bâtiment au travers du vitrage.

Lorsque l'énergie solaire est interceptée par une paroi vitrée, une partie est réfléchiée vers l'extérieur, une partie est transmise à l'intérieur et enfin une partie du rayonnement est absorbée par le vitrage, telle qu'illustrées dans la figure ci-dessous.

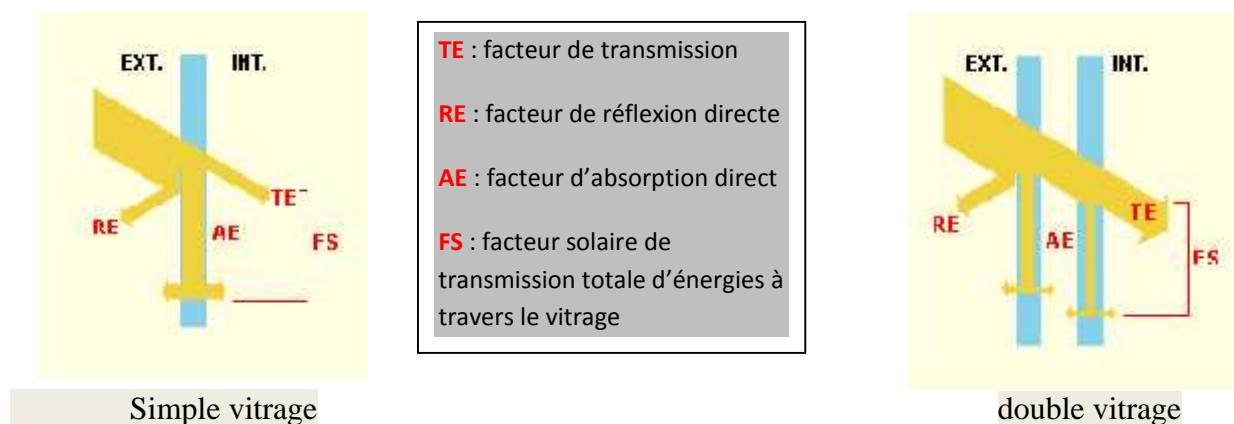


Figure III-8. : les facteurs énergétiques

VII.2. Le double ou triple vitrage pour l'économie d'énergies

Les pertes par les fenêtres sont importantes. Elles représentent de 5 à 30 % du total. Il est donc intéressant de poser des fenêtres isolantes (double ou triple vitrage) ont la particularité de retenir la chaleur. Elles sont beaucoup moins facilement traversées par les flux de chaleur. En posant du double ou triple vitrage, vous reprenez la chaleur dans la maison ou dans l'appartement, pour plus de confort et d'économies.

✓ Tous les types de menuiseries sont envisageables :

Pour une intégration harmonieuse au logement, on choisira le type de menuiserie le plus adapté : Bois, PVC ou métal (aluminium, le plus souvent). Du point de vue thermique, les menuiseries en PVC sont celles qui offrent les meilleures performances. Ensuite vient le bois puis le métal. En effet, la performance thermique globale de la fenêtre dépend à la fois de la résistance thermique du vitrage et de la résistance thermique des menuiseries

VII.3 .Le double ou triple vitrage : un matériau à forte résistance thermique

Les doubles ou triples vitrages ont une forte résistance thermique Ils emprisonnent des lames d'air entre les vitres, ce qui leur donne de bonnes propriétés isolantes. Le type de menuiserie est également important : il faut que la menuiserie ait une bonne propriété isolante et qu'elle assure

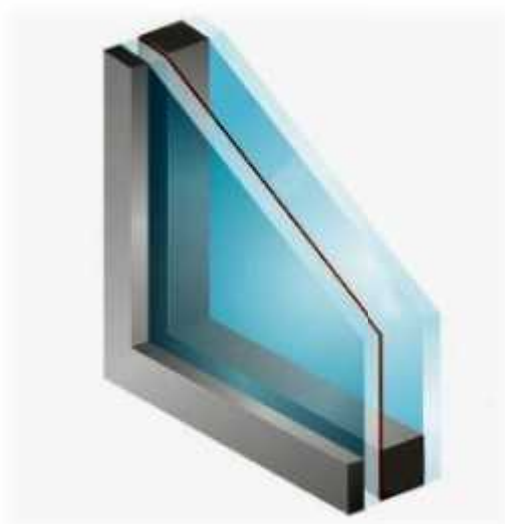
une très bonne étanchéité.

Pour aller encore plus loin et atteindre la haute performance énergétique, on peut utiliser des vitrages traités, dits "peu émissifs" ou des vitrages contenant des gaz rares (Argon, Krypton...)

VII.3.1. Une fenêtre double vitrage se compose de deux vitrages avec entre ces deux parois une lame d'air ou de gaz rares (argon, krypton ou xénon) emprisonnés. Le remplacement de fenêtres simple vitrage par du double vitrage permet de faire une économie de 40% sur les déperditions thermiques dues aux menuiseries.

VII.3.2. Une fenêtre triple vitrage a simplement un vitrage de plus que le double vitrage. Le rajout d'une épaisseur de vitre et de gaz permet une meilleure isolation que le double vitrage. Par contre, la contrepartie de cette performance accrue est son poids et son épaisseur.

Le triple vitrage est conseillé lors d'une construction neuve avec une bonne isolation, alors que le double vitrage est un très bon produit en rénovation avec de très bonnes performances.



Fenêtre à double vitrage



Fenêtre triple vitrage

Figure III-9. Exemple fenêtre double et triple vitrage

Les principales caractéristiques techniques d'une fenêtre isolante (à double ou triples vitrage) sont les coefficients de transmission thermique de la vitre (U_g) et de la fenêtre dans son ensemble (U_w)

VII.3.3.Fenêtre avec lame d'air ou de gaz rares (argon, krypton, xénon) :

Le verre est en réalité un mauvais isolant et augmenter son épaisseur ne permettra pas d'améliorer ses performances. Il faut alors isoler les vitrages avec un **isolant transparent** tel que l'air ou un gaz que les fabricants installeront entre les différents vitrages.

Les **gaz rares** aussi appelés gaz nobles ou inertes sont de plus en plus utilisés pour remplacer l'air dans les vitrages récents car ce sont de **meilleurs isolants**. Ils sont donc à privilégier pour bien isoler vos menuiseries et atteindre des performances énergétiques élevées dans votre habitation.

VII.3.4.La transmission thermique de la vitre U_g (en $W/m^2 \cdot ^\circ C$)

VII.3.5.La transmission thermique de la vitre (en Watt par m^2 et par degré Celsius, $W/m^2 \cdot ^\circ C$) représente sa capacité à véhiculer la chaleur. Plus le **vitrage** est performant, moins le coefficient U_w est élevé.

VII.3.6.La transmission thermique globale de la fenêtre U_w (en $W/m^2 \cdot ^\circ C$)

VII.3.7.La transmission thermique globale de la fenêtre (en Watt par m^2 et par degré Celsius, $W/m^2 \cdot ^\circ C$) représente sa capacité à véhiculer la chaleur. Elle prend en compte à la fois les performances de la vitre, celles des menuiseries et la surface totale de la **fenêtre**.

VIII. CHAUFFAGE A HAUT RENDEMENT :

Le chauffage représente un poste important dans la consommation dans un logement, l'investissement dans un système performant est déterminant pour faire des économies, Compte tenu de l'augmentation constante du prix d'électricité qui est déjà l'énergie la plus chère comparativement au gaz, il convient pour ceux qui sont en chauffage électrique de consommer le moins possible.

Le chauffage des habitations est réalisé à partir d'appareils individuels, destinés à chauffer une seule pièce, ou d'un chauffage central, qui permet de choisir tout type d'énergie

Le chauffage est à l'origine de bon nombre d'idées reçues, et l'on finit généralement avec un seul critère pour faire son choix : le prix d'achat, sans prendre en compte le prix de l'énergie et si il est, oui ou non, adapté à notre habitation.

Le chauffage dans le contexte énergétique algérien Premier poste de consommation d'énergie en Algérie, le secteur résidentiel - tertiaire est le plus gourmand en énergie

Se chauffer économiquement ne signifie pas que vous deviez avoir froid. Au contraire! Avec une installation de chauffage moderne et quelques mesures simples, vous pouvez réaliser des économies considérables, alors qu'il continuera à faire agréablement chaud.

Pour cela en dénombre quelques types de chauffages:

VIII. 1.Types de chauffages

VIII. 1.1. Chauffages au Gaz naturel :

Se chauffer au gaz naturel peut se faire de deux manières: soit avec une installation de chauffage central soit de façon décentralisée avec des poêles séparés. Pour les deux systèmes, un haut rendement garantit une économie d'énergie considérable et se choix présente une foule d'avantages. (8)

VIII. 1.1.1-Une chaleur agréable et confortable : Une flamme au gaz naturel est réglable avec précision. Les capteurs intégrés des appareils au gaz naturel fonctionnent

Avec une extrême précision. Pièce par pièce, vous obtenez la température exacte demandée.

VIII. 1.1.2-Economique : Les appareils au gaz naturel modernes à haut rendement

Consomment moins.

VIII. 1.1.3-Impact réduit sur l'environnement

Lors de sa combustion, le gaz naturel émet moins de CO₂ que les autres combustibles fossiles. Grâce au transport souterrain du gaz naturel, aucune pollution n'est engendrée par des poids lourds. Les eaux souterraines et

le sol restent également propres, car il ne faut pas stocker le gaz naturel dans un réservoir.

VIII. 1.2.Chaudière à condensation au gaz naturel le:

La chaudière gaz à condensation permet de réduire votre consommation de gaz jusqu'à 35 %.

Comme une chaudière gaz classique une chaudière à condensation assure le chauffage et également la production d'eau chaude sanitaire. Pour fonctionner, elle brûle du gaz ce qui produit

de la chaleur. Cependant, au lieu de rejeter la vapeur d'eau contenue dans la fumée, une chaudière gaz à condensation refroidit la fumée jusqu'à rendre liquide sa teneur en vapeur d'eau, afin de récupérer le maximum de chaleur. En condensant une partie ou l'ensemble de la vapeur d'eau, cette chaudière à gaz consomme de 5 à 10 % de gaz en moins pour la même quantité de chaleur produite. Il faut pour cela que la température de retour du circuit de chauffage central soit inférieure à 50°C. Cette chaudière est donc particulièrement indiquée pour les circuits de chauffage central dits à basse température associant des radiateurs basse température ou, mieux encore, un plancher chauffant, dont la température de retour encore inférieure permet de maximiser la condensation et donc l'économie d'énergie.

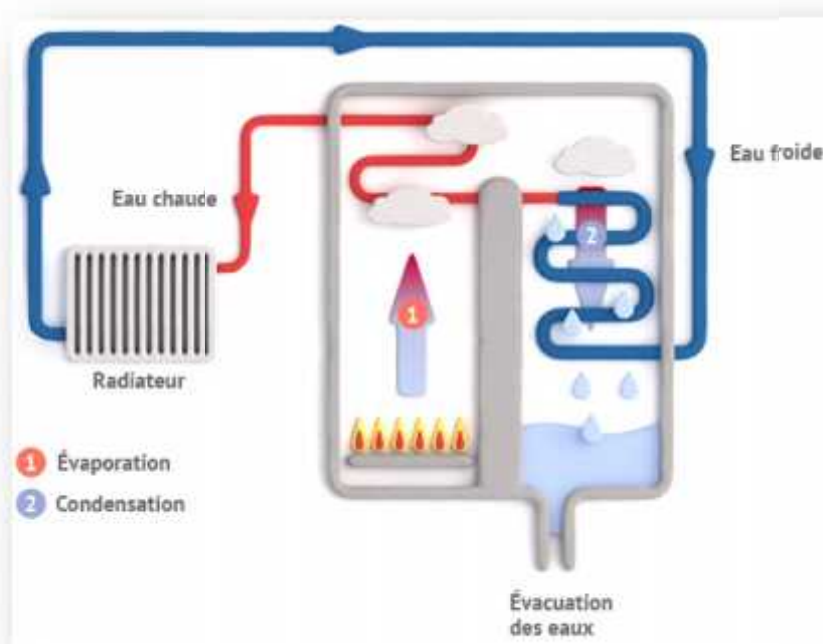


Figure III-10 : chaudière à condensation au gaz

✓ **La régulation : un système astucieux :**

Une installation de chauffage est toujours dimensionnée pour répondre aux périodes de froid Extrême. Pendant le reste de la période de chauffe, c'est le système de régulation qui a pour fonction D'ajuster la puissance émise. Une mauvaise adéquation entre la demande et l'offre de chaleur Peut être à l'origine d'une insuffisance de chaleur et d'un inconfort. Le système de régulation prend en Compte la totalité des besoins de l'habitation grâce au thermostat d'ambiance et/ou une sonde extérieure. Il agit pour cela sur la production et la distribution de chaleur.

Il peut aussi prendre en compte les besoins d'une pièce particulière grâce à des robinets thermostatiques. Il agit alors sur l'émission de chaleur. Les gains ainsi générés sur la facture de chauffage peuvent atteindre 20%.

VIII.1.3. Le chauffage électrique

- **convecteur électrique :**

Une très grande majorité des logements en chauffage électrique sont équipés d'appareil de chauffage que l'on appelle plus précisément des convecteurs électriques du fait de leur aspect. Ces appareils représentent ce qu'il y a de pire en terme de consommation d'énergie. Ces appareils consomment beaucoup d'électricité et génèrent en plus un inconfort en asséchant l'air. Ces appareils sont à éviter absolument sauf dans des pièces que vous n'occupez pas très

Souvent.

- **Les panneaux rayonnants :**

Parmi les appareils de chauffage électrique, il existe également des appareils plus performants que les convecteurs. Ce sont les panneaux rayonnants. Il s'agit d'appareils avec une surface alvéolée qui ressemble à un nid d'abeilles. En terme de consommation électrique, ceux-ci sont légèrement moins énergivores que les convecteurs mais par contre le confort est nettement amélioré. On ressent clairement une chaleur plus enveloppante. Son principe de fonctionnement est basé sur le rayonnement, un peu comme la chaleur ressentie par les rayons Du soleil .



Figure III-11 : convecteur électrique



Figure III-12 : Les panneaux rayonnants

- **radiateur à chaleur douce ou à inertie :**

Ce type de radiateur représente la Rolls des radiateurs électriques. Ces avantages sont nombreux. D'abord il est le radiateur qui consomme le moins d'électricité comparativement au convecteur et au panneau rayonnant. En effet du fait qu'il dispose d'un cœur de chauffe (fonte, aluminium ou fluide caloporteur), la chaleur peut être « stockée » dans le radiateur puis diffusée dans la pièce, quand le radiateur est éteint. Autre avantage de taille, est qu'il génère une sensation de confort comparable à un chauffage de gaz. La chaleur est douce et enveloppante. Certains fabricants annoncent des économies d'énergie de l'ordre de 20 à 30% par rapport à un convecteur de première génération

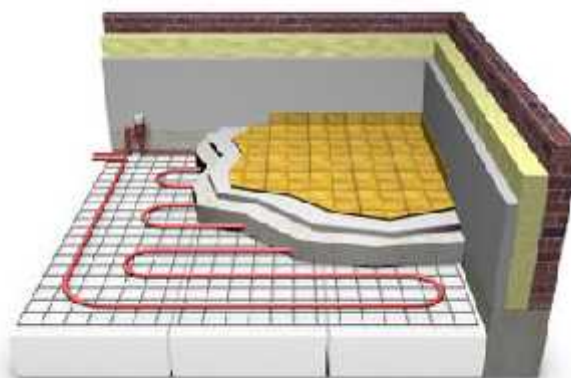


Figure III-13 : Le radiateur à chaleur douce

VIII.1.4. plancher chauffant :

Un plancher chauffant est un système de chauffage basse température destiné à chauffer un local ou un habitat.

Un circuit d'eau chaude serpente dans le plancher pour chauffer la surface du sol, qui ne dépasse en aucun cas 28°C (norme fixant la température maximum du plancher chauffant).



IX.CONCLUSION :

L'enveloppe thermique joue un rôle grandissant dans l'efficacité énergétique des bâtiments en équilibre avec le système électromécanique Trop souvent encore négligée, la bonne performance de l'enveloppe thermique est pourtant essentielle à l'optimisation éconergétique des bâtiments. Parce qu'elle contribue non seulement à assurer des conditions climatiques intérieures idéales l'année durant, mais aussi réduire les besoins en chauffage et en climatisation. Et, parallèlement, à rendre plus intéressant encore le recours aux technologies vertes d'un point de vue économique. Plusieurs points essentiels sont à étudier afin d'optimiser l'enveloppe thermique d'un bâtiment. Il s'agit de :

de (la conception bioclimatique, isolation renforcé, un bon choix des matériaux de construction, traitement des ponts thermiques, une bonne étanchéité à l'air, une ventilation performante, des fenêtres performantes ,utilisation des énergies renouvelables.)

CHAPITRE IV

ÉTUDE THERMIQUE

I.1 INTRODUCTION :

La recherche du confort thermique dans le bâtiment n'est pas plus un luxe dans notre siècle, mais il faut allier le confort et l'économie d'énergie car la surconsommation d'énergie dans les ménages ainsi que dans l'industrie a entraîné une élévation de la température dans la terre qui bouleversera dans le future notre système écologique, cela nous pousse a faire une étude sur les déperditions et les apports d'énergie dans chaque habitation afin de nous permettre de bien dimensionner l'installation de chauffage qui assure le confort en période hivernale.

II.DEFINITION DU PROJET (13)

Le projet consiste à étudier un plan de RDC d'une maison individuelle située à Ain Témouchent

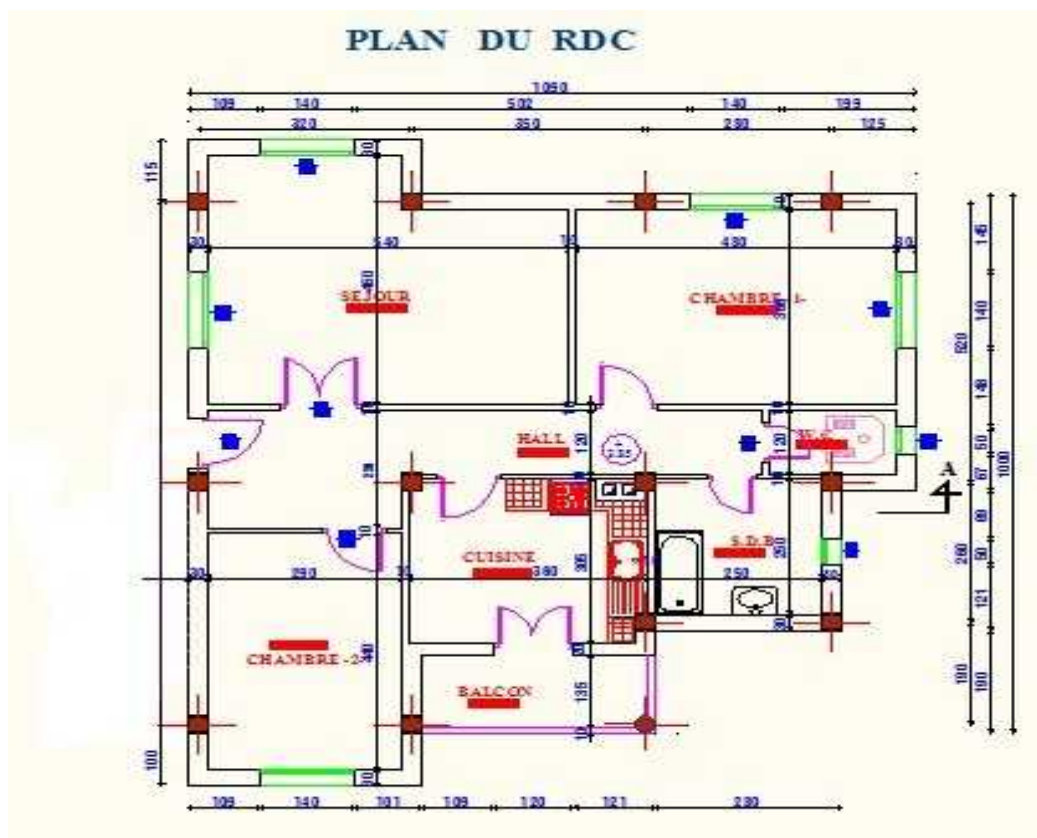


Figure IV .1 : plan du RDC

1*caractéristiques climatiques du site

Tableau IV.1 les caractéristiques climatiques

Température	T_e (°C)	T_i (°C)
En hiver	6	18

Caractéristiques géométriques :

- Hauteur de l'appartement3.20 m
- Surface habitable.....96.48 m²
- Volume habitable.....308.74 m³

III.CALCUL DES DEPERDITIONS THERMIQUES :



Figure IV.2 : les pertes thermiques

III.1. Calcul des coefficients de transmissions surfacique (k) :

✓ Paroi opaque

Tableau IV.2 : Mur extérieur

matériaux	e(m)	(w/m°C)	R (m ² °C/w)	K (w/m ² °c)=1/R
Mortier de ciment	0.015	1.15	0.013	0.974
Brique	0.15	0.5	0.3	
Lame d'air	0.05	0.25	0.2	
Brique	0.15	0.5	0.3	
Enduit plâtre	0.015	0.35	0.043	
Resistance d'échange superficiel	1/he+1/hi=0.06+0.11=0.17(m ² °C/w)			
Rt TOTAL	1/he+1/hi + R=1.026			

► La fuite de la chaleur – le flux thermique : ϕ

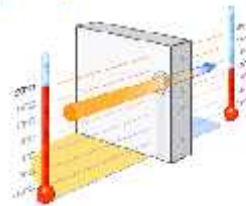
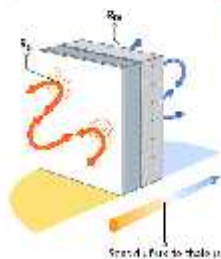


Figure IV.3 le fuite de chaleur à travers le mur

► La résistance superficielle d'une paroi : R_{si} et R_{se}



Définition :

La résistance superficielle d'une paroi caractérise la part des échanges thermiques qui se réalise à la surface des parois par convection et rayonnement. Elle dépend du sens du flux de chaleur et de l'orientation de la paroi ; R_{si} pour les échanges sur la surface de paroi interne et R_{se} pour les échanges sur la surface de paroi externe. Elle s'exprime en m².K/W.

Dans la pratique

Pour les parois planes, les valeurs des résistances thermiques superficielles sont données dans les règles Th de la réglementation thermique en vigueur.

Figure IV.4 la résistance superficielle d'une paroi opaque

Tableau IV.3 : Mur cloison

matériaux	e(m)	(w/m°C)	R (m ² °C/w)	K(w/m ² °c) =1/R
Enduit plâtre	0.01	0.35	0.029	2.79
Brique	0.15	0.5	0.3	
Enduit plâtre	0.01	0.35	0.029	

Tableau IV.4 : Les coefficients de transmission des portes courantes

	Portes donnant sur l'extérieur	Portes donnant sur un local non chauffé
Portes en bois		
- Portes opaques	3,5	2
- Portes avec une proportion de vitrage < 30%	4,0	2,4
- Portes avec une proportion de vitrage comprise entre 30% et 60%	4,5	2,7
Portes en métal		
- Portes opaques	5,8	4,5
- Portes équipées de vitrage simple	5,8	4,5

Tableau IV.5 : Les coefficients K_{vn} des vitrages nus sont donnés dans le tableau suivant :

Type de vitrage	Epaisseur de la lame d'air (en mm)	Nature de la menuiserie	Paroi verticale	Paroi horizontale
Vitrage Simple		Bois	5,0	5,5
		Métal	5,8	6,5
Double Vitrage	5 à 7	Bois	3,3	3,5
		Métal	4,0	4,3
	8 à 9	Bois	3,1	3,3
		Métal	3,9	4,2
10 à 11	Bois	3,0	3,2	
	Métal	3,8	4,1	
12 à 13	Bois	2.9	3,1	
	Métal	3.7	4,0	
Double Fenêtre	plus de 30	Bois	2,6	2,7
		Métal	3,0	3,2

✓ Plafond

Tableau IV.6 : Plafond

matériaux	E(m)	λ (w/m°C)	R(m ² °C/w)	K (w/m ² °c) =1/R
Multi couche	0,02	0,065	0,308	1.23
Forme en pente	0,05	1,15	0,043	
polystyrène	0,03	0,14	0,214	
Plancher corps creux (16+4)	0,2	1,54	0,13	
Enduit de plâtre	0,01	0,35	0,029	
Resistance d'échange superficiel	1/he+1/hi= 0,09 + 0,05 = 0,14(m ² °C/w)			
Rt TOTAL	1/he+1/hi + R=0.810			

Tableau IV.7 : Plancher bas

matériaux	E(m)	λ (w/m°C)	R(m ² °C/w)	K (w/m ² °c)=1/R
Carrelage	0,02	0,065	0,308	0.98
Mortier de pose	0,05	1,15	0,043	
Sable fin	0,03	0,14	0,214	
Chape en béton	0,2	1,75	0,11	
Resistance d'échange superficiel	1/he+1/hi=0.17+0.17=0.34(m ² °C/w)			
Rt TOTAL	1/he+1/hi + R=1.015			

Tableau IV.10 : Mur cloison du hall

matériaux	e(m)	λ (w/m°C)	R (m ² °C/w)	K (w/m ² °c) =1/R
Enduit plâtre	0.01	0.35	0.029	1.73
Brique	0.15	0.5	0.3	
Enduit plâtre	0.01	0.35	0.029	
Resistance d'échange superficiel	1/he+1/hi=0.06+0.11=0.22 (m ² °C/w)			
Rt TOTAL	1/he+1/hi + R=0.578			

Lorsque le flux est descendant ou ascendant les valeurs des résistances sont obtenues à partir du tableau IV.8 :

Tableau IV.8 : Valeurs de r_i et r_e pour diverses configurations :

		Paroi en contact avec l'extérieur, un passage ouvert, un local ouvert			Paroi en contact avec un autre local, chauffé ou non, un comble, un vide sanitaire		
		r_i	R_e	$r_i + r_e$	r_i	r_e	$r_i + r_e$
Paroi verticale ou faisant un avec le plan horizontal un angle $>$ à 60°		0,11	0,06	0,17	0,11	0,11	0,22
Paroi horizontale ou avec le plan horizontal un angle \leq à 60°	Flux ascendant	0,09	0,05	0,14	0,09	0,09	0,18
	Flux descendant	0,17	0,05	0,22	0,17	0,17	0,34

III.2. Déperditions surfacique (DS) :

1) Les fenêtres :

🚪 La surface du vitrage :

$$S_{V1}=1.4*1.2*5=8.4m^2.$$

$$S_{V2}=0.5*0.5*2=0.5 m^2$$

🚪 Déperdition du vitrage :

$$D_V=S_{V1}*K_{V1}=8.4*5=42 W/^\circ C$$

$$D_V=S_{V2}*K_{V2}=0.5*5=2.5 W/^\circ C$$

2) La porte principale :

🚪 La surface de la porte principale :

$$S_P=2.2*1.0=2.2 m^2$$

🚪 Déperditions de la porte principale :

$$D_P=S_P*K_P=2.2*3.5=7.7W/^\circ C$$

3) La portes fenêtre :

🚪 La surface de la portes fenêtre :

$$S_{PF}=1.2*2.2=2.64 m^2$$

🚪 Déperditions porte fenêtre :

$$D_{PF}=S_{PF}*K_{PF}=2.64*4=10.56$$

Les déperditions de l'ouverture des murs extérieurs

$$D=10.56+7.7+42+2.5=62.76$$

4) Le mur extérieur :

La surface du mur extérieur :

Selon le plan, on obtient la valeur suivante :

$$S_m=(12.40+1.00+5.50+2.60+0.40+2.50+1.10+2.30+3.50+3.50+12.00)*3=44.8*3=134.4\text{m}^2$$

$$S_m=(44.8*3)-(2.2+2.64+8.4+0.25)=120.66\text{m}^2$$

Déperditions du mur extérieur :

$$D_m= S_m \times K_m=120.66 \times 0.974=117.52\text{w/c}^\circ.$$

5) Le plancher du plafond :

La surface du plancher haut (plafond) :

$$S=(12.00*10.40)-(1.00*6.90+1.10*2.60+0.40*340+2.50*6.90)$$

$$S=124.8-17.2=96.48\text{ m}^2$$

$$S_{p1}=96.48\text{ m}^2$$

Déperditions plancher haut (plafond) :

$$D_{p1}= S_{p1} \times K_{p1}=96.48 \times 1,12=108.057\text{ w/c}^\circ.$$

6) Le plancher bas :

La surface du plancher bas :

$$S=(12.00*10.40)-(1.00*6.90+1.10*2.60+0.40*340+2.50*6.90)$$

$$S=124.8-17.2=96.48\text{ m}^2$$

$$S_{p1}=96.48\text{ m}^2$$

$$D_{p2}= S_{p2} \times K_{p2}=96.48*0.98=94.55\text{ w/c}^\circ.$$

7) Le mur cloison (Hall) :

On calcule le mur cloison pour le hall car c'est une partie de la maison qui n'est pas chauffée, (on ne prévoit pas de chauffage dans le hall) de là il y'a une différence de température entre le hall et les pièces voisines.

Surface du mur cloison :

$$S_H=(1.20+4.81+2.90+2.4+7.71)*3-(2.2*0.74)*2+2.2*1+(2.2*1.2)+(1.2*0.90)*3$$

$$S_H = 60.66 - 11.33 = 49.33 \text{ m}^2$$

Déperditions mur cloison du hall :

$$D_H = S_H \cdot K_H = 49.33 \cdot 1.73 = 85.34 \text{ w/c}^\circ.$$

Déperditions des portes du hall

Porte principale

$$D = 2.2 \cdot 3.5 = 7.7 \text{ w/c}^\circ.$$

Porte fenêtre

$$D = 2.64 \cdot 2.4 = 6.33 \text{ w/c}^\circ.$$

Portes des 2 chambres et la cuisine

$$D = 3.24 \cdot 2 = 6.48 \text{ w/c}^\circ.$$

Portes du WC et SDB

$$D = 3.25 \cdot 2 = 6.51 \text{ w/c}^\circ.$$

Déperditions totales des ouvertures du hall

$$D = 6.51 + 6.48 + 6.33 = 19.32 \text{ w/c}^\circ.$$

Tableau IV.11 : Déperditions surfaciques (DS)

	Ds(W/°C)
Mur extérieur	117.52
Les ouvertures des murs extérieurs	62.76
Les ouvertures du hall	19.32
Plancher haut	108.054
Plancher bas	94.55
Mur cloison	85.34

$$\sum D_S = (D_{\text{MUR EXT}} + D_{\text{OUVERTURES HALL}} + D_{\text{OUVERTURES MUR EXTERIEUR}} + D_{\text{PLANCHER HAUT}} + D_{\text{PLANCHER BAS}} + D_{\text{MUR CLOISON}})$$

$$DS = 487.54 \text{ (W/}^\circ\text{C)}$$

III.3. Déperditions linéiques (DL) :

$$D_L = 20\% DS = 0,2 \times 487.54 = 97.50 \text{ w/c}^\circ.$$

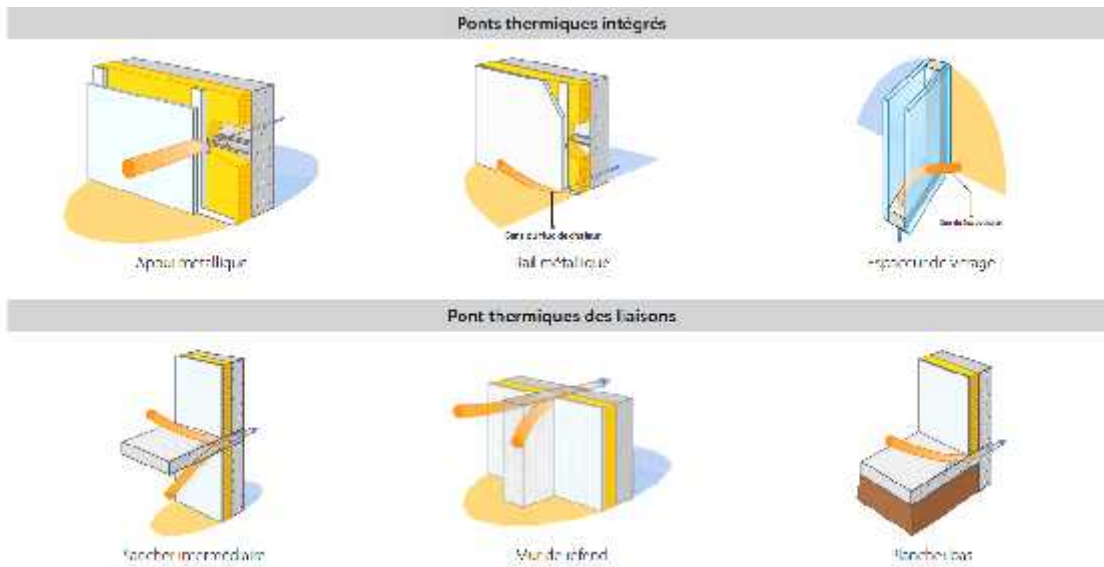


Figure IV.5. les déperditions par les ponts thermiques

III.4. Déperditions par renouvellement d'air (D'air) :

$$D_{air} = 0,34 \times \tau \times Vh$$

Vh ; volume habitable

$$D_{air} = 0,34 \times 0,5 \times 308,74 = 52,48 \text{ w/c}^\circ.$$

III.5. Déperditions totales :

$$D_{TOT} = D_s + D_L + D_{air} = 487,52 + 97,50 + 52,48 = 637,5 \text{ w/c}^\circ.$$

Calcul du flux de chaleur :

$$= D_s (T_i - T_e)$$

D_s : déperditions

Tableau IV.12. Les caractéristiques climatiques du site

Température	T _e (°C)	T _i (°C)
En hiver	6	18

$$T = (T_i - T_e)$$

$$T = (18 - 6) = 12^\circ\text{C}$$

T_i et T_e sont respectivement les températures de surfaces intérieure et extérieure.

: Flux de chaleur à travers la paroi [W]

$$= S * K * \Delta T$$

$T_{OT} =$ (murs ext) + (mur cloison)+ (les ouvertures) + (plancher haut) + (plancher bas) (ponts thermiques) + (renouvellement d'air).

$$(\text{mur ext})=117.52*12 = 1410.24 \text{ Watt}$$

$$(\text{les ouvertures du mur extérieur})=62.76*12=753.12 \text{ Watt}$$

$$(\text{plancher haut}) = 108.054*12 = 1296.64 \text{ Watt}$$

$$(\text{plancher bas}) = 94.55*(18-12) = 567.3 \text{ Watt}$$

$$(\text{ponts thermiques}) = 97.50*12 = 1170 \text{ Watt}$$

$$(\text{renouvellement d'air}) = 52.48*12 = 629.76 \text{ Watt}$$

Tableau IV.12. Les caractéristiques climatiques du site

Température	T_e (°C)	T_i (°C)
En hiver	16	18

$$T = (T_i - T_e)$$

$$T = (18-16) = 02^\circ\text{C}$$

$$(\text{mur cloison})=85.34*2=170.68 \text{ Watt}$$

$$(\text{les ouvertures du hall})=19.32*2=38.64 \text{ Watt}$$

$$T_{OT} = 1410.24+753.12+1296.64+567.3+1170+629.76+170.68+38.64$$

$$T_{OT} = 6036.38 \text{ Watt}$$

III.6.le pourcentage du flux de chaque élément par rapport au flux total :

$$T_{OT} \longrightarrow 100\%$$

$$\text{elem} \longrightarrow x\%$$

Tableau IV .13 Le pourcentage de chaque élément par rapport au flux total

Element		%
Mur extérieur	1410.24	23.36
Mur cloison	170.68	2.80
Les ouvertures du mur extérieur	753.12	12.5
Les ouvertures	38.64	0.64

du hall		
Plancher haut	1296.64	21.5
Plancher bas	567.3	9.40
Ponts thermiques	1170	19.4
Renouvellement d'air	629.76	10.4

Mur extérieur:

6036.38 → 100%

1410.24 → x%

$$X = 1410.24 * 100 / 6036.38 = 23.36 \%$$

$$X = 23.36 \%$$

Mur cloison:

6036.38 → 100%

170.68 → x%

$$X = 170.68 * 100 / 6036.38 = 2.80 \%$$

Les ouvertures du mur extérieur

6036.38 → 100%

753.12 → x%

$$X = 753.12 * 100 / 6036.38 = 12.5 \%$$

Plancher haut

6036.38 → 100%

1296.64 → x%

$$X = 1296.64 * 100 / 6036.38 = 21.5\%$$

$$X = 21.5\%$$

Plancher bas

6036.38 → 100%

567.3 → x%

$$X = 567.3 * 100 / 6036.38 = 9.40\%$$

$$X = 9.40\%$$

Ponts thermiques

$$6036.38 \longrightarrow 100\%$$

$$1170 \longrightarrow x\%$$

$$X = 1170 \times 100 / 6036.38 = 19.4\%$$

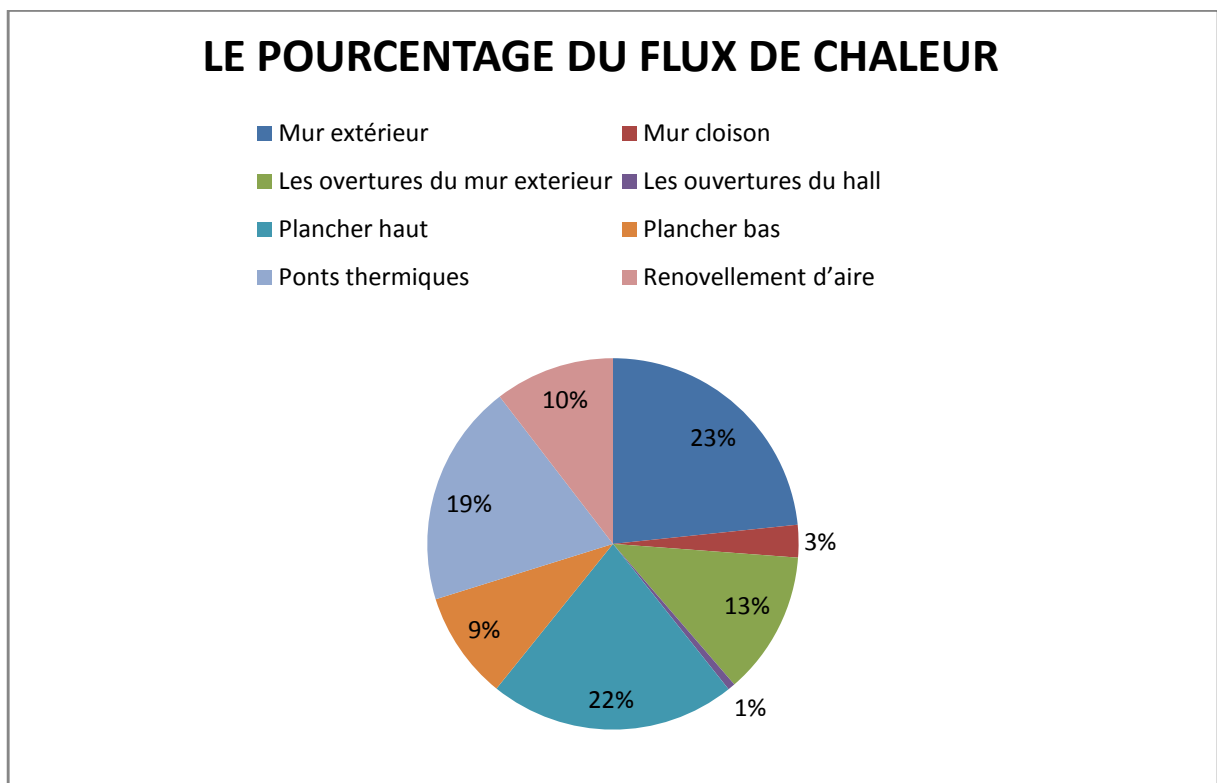
$$X = 19.4\%$$

Renouvellement d'air

$$6036.38 \longrightarrow 100\%$$

$$629.79 \longrightarrow x\%$$

$$X = 629.79 \times 100 / 6036.38 = 10.4\%$$



FigureIV.6. le pourcentage de flux de chaleur pour un mur non isolé

IV.CALCUL DE LA PUISSANCE DE CHAUFFAGE :

On a choisit 120 jours pour l'utilisation de chauffage.

$$P = Q_T \times 120 \times 24 = 6036,38 \times 10^{-3} \times 120 \times 24 = 17385 \text{ Kwh}$$

V.LE PRIX DU CHAUFFAGE (1KWH = 1.779 DA) :

Prix = P x coût du Kwh

Si la consommation en Kwh 125 Kwh prix unitaire =1.779 DA

Si la consommation en Kwh 125 Kwh prix unitaire =4.179 DA

On a P = 17385 Kwh:

17285 - 125=17160

$P=(125*1.779)+(17160*4.179) = 222.37+71711.64$

P=71934.01 DA

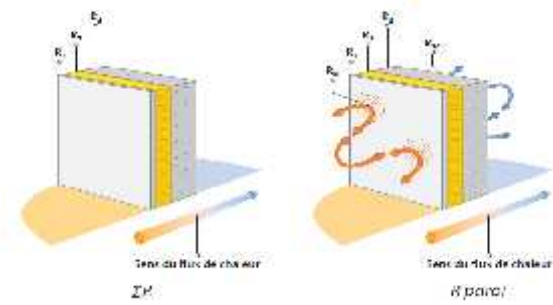
VI. DEUXIEME CAS:

C'est la même étude que la précédente sauf qu'on va rajouter un isolant qui est le polystyrène expansé du côté extérieur du mur.

Tableau IV.15 : Mur extérieur

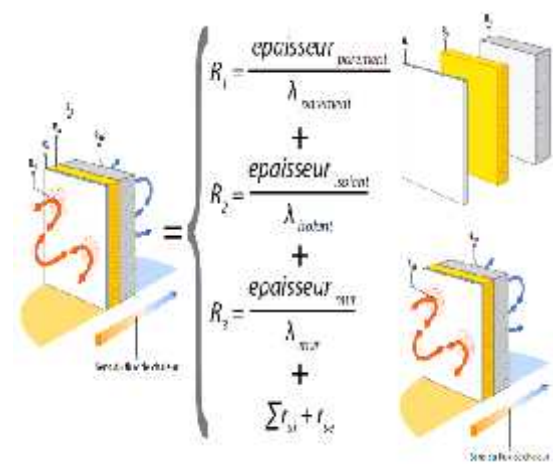
Matériaux	e(m)	(w/m°C)	R (m ² °C/w)	K (W/ m ² °C) =1/R
Polystyrène expansé	0.05	0.39	0.12	0.87
Mortier de ciment	0.015	1.15	0.013	
Brique	0.15	0.5	0.3	
Lame d'air	0.05	0.25	0.2	
Brique	0.15	0.5	0.3	
Enduit plâtre	0.015	0.35	0.043	
Resistance d'échange superficiel	$1/h_e+1/h_i=0.06+0.11=0.17(m^2°C/w)$			
Rt TOTAL	$1/h_e+1/h_i + R=1.146$			

► La résistance thermique d'une paroi homogène : R_{paroi}



$$R_{paroi} = \sum R + R_{si} + R_{se}$$

Figure IV.7 la résistance thermique d'une paroi homogène



$$U_c = \frac{1}{\sum R + R_{si} + R_{se}}$$

Figure IV.8. coefficient de transmission surfacique U

Tableau IV .13 Le pourcentage de chaque élément par rapport au flux total

Element		%
Mur extérieur	1259.7	21.51
Mur cloison	170.68	2.91
Les ouvertures du mur extérieur	753.12	12.87
Les ouvertures du hall	38.64	0.65
Plancher haut	1296.64	22.14
Plancher bas	567.3	9.71
Ponts thermiques	1140	19.46
Renouvellement d'air	629.76	10.75

VI.1.deperditions du mur exterieur :

$$D_m = S_m \times K_m = 120.66 \times 0.87 = 104.97 \text{ w/c}^\circ.$$

Tableau IV.11 : Déperditions surfacique (DS)

	Ds(W/°C)
Mur extérieur	104.97
Les ouvertures des murs extérieurs	62.76
Les ouvertures du hall	19.32
Plancher haut	108.054
Plancher bas	94.55
Mur cloison	85.34

$$\sum D_s = (D_{\text{MUR EXT}} + D_{\text{OUVERTURES DU HALL}} + D_{\text{OUVERTURES DU MUR EXTERIEUR}} + D_{\text{PLANCHER HAUT}} + D_{\text{PLANCHER BAS}} + D_{\text{MUR CLOISON}})$$

$$D = 104.97 + 62.76 + 19.32 + 108.054 + 94.55 + 85.34 = 474.99 \text{ w/c}^\circ.$$

VI.2.Déperditions linéiques (DL) :

$$D_L = 20\% DS = 0,2 \times 474.99 = 95 \text{ w/c}^\circ.$$

VI.3.Calcul du flux de chaleur :

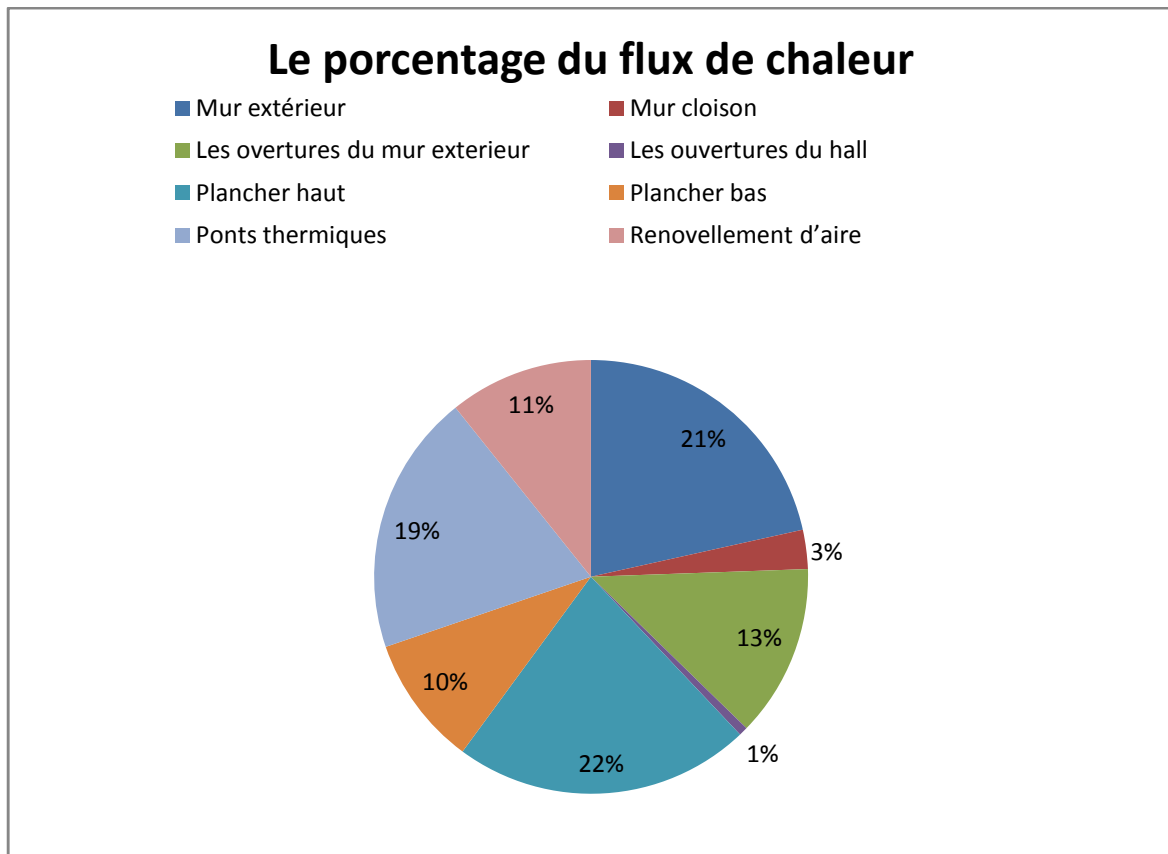
$$(\text{murs ext}) = 104.97 \times 12 = 1259.7 \text{ Watt}$$

$$(\text{pont thermique}) = 95 \times 12 = 1140 \text{ Watt}$$

VI.4.le flux total

$$= 1259.7 + 1140 + 38.64 + 170.68 + 567.3 + 1296.64 + 753.12 + 629.76$$

$$= 5855.84 \text{ Watt}$$



FigureIV.9. pourcentage du flux de chaleur avec utilisation d'une isolation extérieure

VII. TROISIEME CAS

C'est la même étude que la première mais au lieu du simple vitrage on utilisera du double vitrage

Tableau IV.2 : Mur extérieur

matériaux	e(m)	(w/m°C)	R (m ² °C/w)	K = (W/ m ² °C)1/R
Mortier de ciment	0.015	1.15	0.013	0.974
Brique	0.15	0.5	0.3	
Lame d'air	0.05	0.25	0.2	
Brique	0.15	0.5	0.3	
Enduit plâtre	0.015	0.35	0.043	

Resistance d'échange superficiel	$1/h_e+1/h_i=0.06+0.11=0.17(m^2\text{°C}/w)$	
Rt TOTAL	$1/h_e+1/h_i + R=1.026$	

Tableau IV.10 : Mur cloison du hall

matériaux	e(m)	(w/m°C)	R (m ² °C/w)	K (w/m ² °c)=1/R
Enduit plâtre	0.01	0.35	0.029	1.73
Brique	0.15	0.5	0.3	
Enduit plâtre	0.01	0.35	0.029	
Resistance d'échange superficiel	$1/h_e+1/h_i=0.06+0.11=0.22 (m^2\text{°C}/w)$			
Rt TOTAL	$1/h_e+1/h_i + R=0.578$			

VII.1. Déperditions surfacique (DS) :

2) Les fenêtres :

La surface du vitrage :

$$S_{V1}=1.4*1.2*5=8.4m^2$$

$$S_{V2}=0.5*0.5*2=0.5 m^2$$

Déperdition du vitrage :

D_V

Le coefficient de transmission thermique des fenêtres : U_w

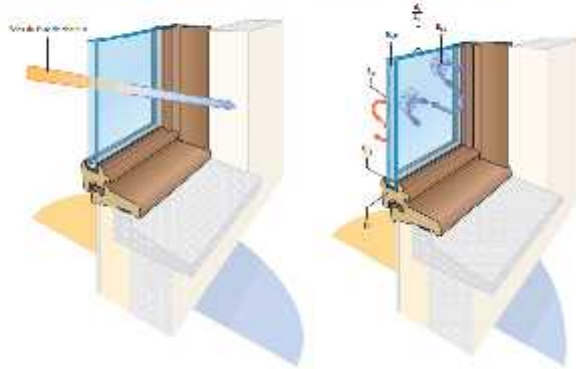


Tableau IV.10 : Déperditions surfacique (DS)

$$=S_{V1} * K_{V1} = 8.4 * 3.3 = 27.72 \text{ W/}^\circ\text{C}$$

$$D_V = S_{V2} * K_{V2} = 0.5 * 3.3 = 1.65 \text{ W/}^\circ\text{C}$$

Les déperditions des ouvertures des murs extérieurs

$$D = 27.72 + 1.65 + 10.56 + 7.7 = 47.63 \text{ W/}^\circ\text{C}$$

	Ds(W/°C)
Mur extérieur	117.52
Les ouvertures des murs extérieurs	47.63
Les ouvertures du hall	19.32
Plancher haut	108.054
Plancher bas	94.55
Mur cloison	85.34

$$\sum_{i=1}^n D_S = (D_{\text{MUR EXT}} + D_{\text{OUVERTURES DU HALL}} + D_{\text{OUVERTURES DU MUR EXTERIEUR}} +$$

$$D_{\text{PLANCHER HAUT}} + D_{\text{PLANCHER BAS}} + D_{\text{MUR CLOISON}})$$

$$D = 472.4 \text{ w/c}^\circ.$$

VII.2. Déperditions linéiques (DL) :

$$D_L = 20\% DS = 0,2 \times 472.4 = 94.48 \text{ w/c}^\circ.$$

VII.3.Déperditions totales :

$$D_{TOT} = D_s + D_L + D_{air} = +97.50 + 52.48 = 637.5 \text{ w/c}^\circ.$$

Calcul du flux de chaleur :

(les ouvertures du mur extérieur) = $47.63 \times 12 = 571.56 \text{ Watt}$

(ponts thermiques) = $99.48 \times 12 = 1193.76 \text{ Watt}$

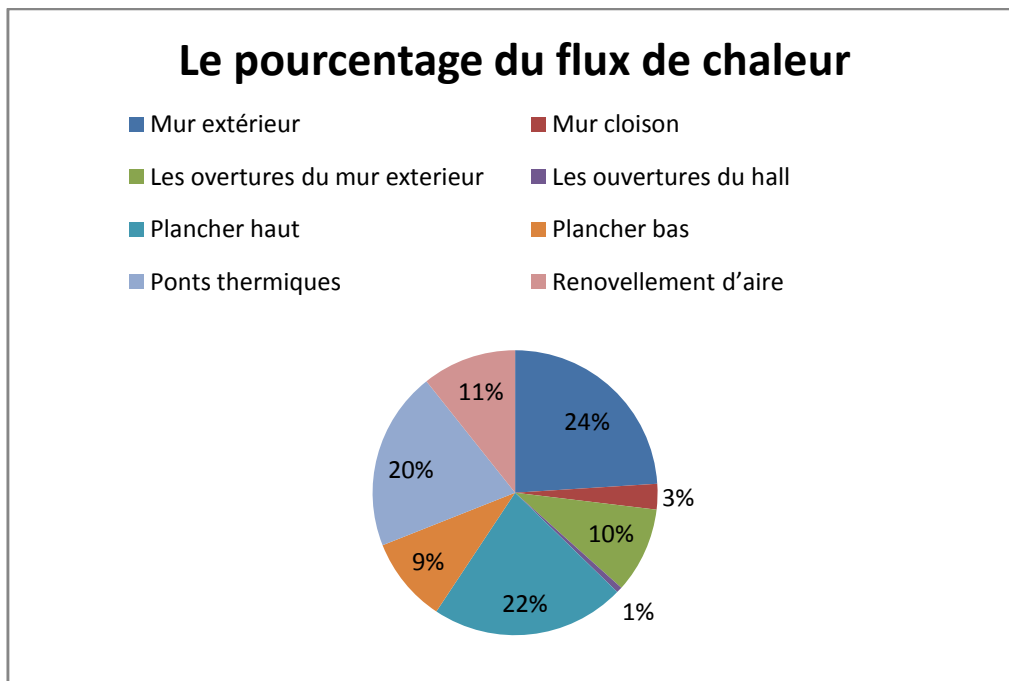
✚ le flux total:

$$= 1193.76 + 571.56 + 1410.24 + 170.68 + 38.64 + 1296.64 + 567.3 + 629.76$$

$$= 5878.58 \text{ Watt}$$

Tableau IV .13 Le pourcentage de chaque élément par rapport au flux total

Element		%
Mur extérieur	1410.24	23.98
Mur cloison	170.68	2.90
Les ouvertures du mur extérieur	571.56	9.74
Les ouvertures du hall	38.64	0.65
Plancher haut	1296.64	22.07
Plancher bas	567.3	9.65
Ponts thermiques	1193.76	20.30
Renouvellement d'air	629.76	10.71



FigureIV.10. pourcentage du flux de chaleur dans le cas du double vitrage

Conclusion :

A partir de l'étude, on peut conclure qu'il est important de choisir un isolant à forte performance thermique. En effet, plus celle-ci est importante plus la déperdition de chaleur sera limitée. De par ses caractéristiques, le polystyrène expansé utilisé a permis une baisse des déperditions au niveau des murs extérieurs. Doté d'une grande performance thermique et mécanique, il s'agit d'un matériau idéal pour améliorer le confort de notre habitation, faire des économies d'énergie et protéger l'environnement.

En plus l'utilisation du double vitrage au lieu du simple a montré une baisse des déperditions qui si le taux d'ouvertures augmente peu s'avérer assez important.

En résumé, plus des 3/4 de la consommation énergétique des ménages est consacrée au chauffage. Pour lutter contre ses dépenses aussi voraces financièrement qu'énergiquement, la solution est d'éviter les déperditions de chaleur.

1. Lutter contre les déperditions : murs et circulation entre les pièces

Pour éviter les déperditions de chaleur, on recommande de revoir l'isolation de l'habitation.

Dans le viseur : les parois et façades, responsables de 20 % des déperditions.

Pour une isolation parfaite, l'astuce consiste à apporter un soin particulier aux cloisons des pièces mitoyennes : pièces à vivre, chambre et bureau. Parce qu'elles ne sont ni chauffées simultanément ni à la même température, bien isoler ces pièces vous permet :

- d'éviter les transferts de chaleur inutiles ;
- d'obtenir, en plus, une meilleure isolation acoustique.

2. Isoler les fenêtres

Rénover de vieilles fenêtres peu isolantes est un idéal. Si vous construisez votre habitation, c'est un impératif.

- Les bandes d'isolation peuvent également être utilisées pour isoler les portes courant d'air.
- Utiliser le double vitrage ou le triple s'il le faut afin de réduire les déperditions.

CONCLUSION GENERALE:

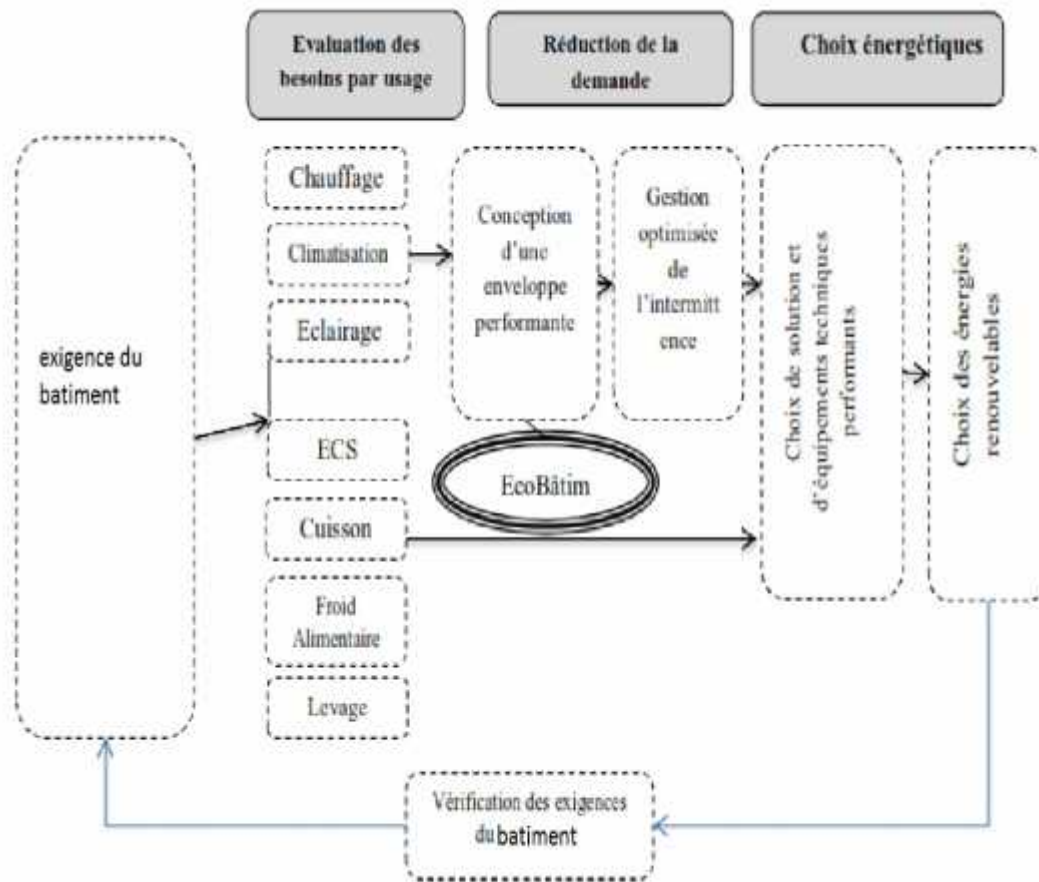
Le secteur résidentiel est celui dont toutes les attentions en termes d'efficacité énergétique doivent être tournées, étant partout dans le monde le secteur responsable de la plus grande part de la consommation énergétique, cela est tout en plus vrai pour l'Algérie qui en l'espace de quelques années a vu croître son parc de logements sans la moindre prise en considération de la question de la maîtrise de l'énergie.

L'examen de l'évolution de la consommation énergétique a permis de conclure qu'il faut avoir une politique énergétique cohérente, adaptée à la spécification tant au plan climatique que économique et qui respecte le mode de vie de chacun.

Une politique énergétique basée uniquement sur des textes législatifs et réglementaires forts soit-il n'a qu'une portée assez faible preuve en est la politique algérienne qui reste réduite à un amas de textes sans décrits d'application ni suivie.

Au lieu de subventionner massivement le prix de l'énergie, il est plus judicieux et efficace d'utiliser les sommes financières allouées à cette fin pour financer les incitations des mesures d'efficacité énergétique.

Le choix de simuler uniquement les mesures d'efficacité énergétique passives c'est au final révélé pertinent, car rien qu'en isolant la toiture le gain énergétique total obtenu est plus de 1/3 à l'aide d'un isolant conventionnel ce résultat peut très bien être obtenu par l'emploi des matériaux naturels respectueux de l'environnement, sans prendre en considération la durée de vie des matériaux conventionnels. Les mesures d'efficacité énergétique passives ont chacune de leur côté apporté un gain énergétique mais dans des proportions différentes, c'est ainsi qu'il faut distinguer l'ordre de priorité suivant l'objectif assigné et les moyens financiers consacrés.



Organigramme de démarche de choix énergétique

BIBLIOGRAPHIE (ARTICLES ET OUVRAGES):

1. *Etude et évaluation du confort thermique des bâtiments à caractère public, département d'Architecture (Tizi-Ouzou) Présenté par : M^r MAZARI Mohammed*
2. *impact de l'orientation sur le confort thermique intérieur dans l'habitation collective de m^{me} bellara louafi Samira 2004-2005*
3. *H.RECKNAGEL, E. SPRENGER, E.-R, SCHRAMEK, «Manuel pratique en génie climatique*
4. *DTR C 3 - 31, « Ventilation naturelle locaux à usage d'habitation ». Edition 2005*
5. *Publication HQE « BÂTIMENT ET DEMARCHE HQE ». Edition 2004*
6. *« Efficacité Energétique dans les Bâtiments», publication du World Business Council for Sustainable Développement (WBCSD) N° Avril 2009.*
7. *SIDI MOHAMED KARIM & ALL, « isolation thermique des bâtiments : Contribution à la définition de nouveaux coefficients réglementaires »*
8. *www.novatairm.com/categorie.calculs-chauffage,1978125.html (consulter le : février 2010).*
9. *<http://produits-btp.batiproduits.com> (consulter le : février 2010).*
10. *Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie « Bâtiment - énergie - environnement » ADEME EDITION 2010*
11. *Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie « Réglementation thermique 2012 : pour les bâtiments neufs» ADEME*
12. *DGE, 2012, Consommation d'énergie en million de tonnes équivalentes pétrole (Mtep) par secteur en algérie*
13. *DTR C 3 - 2, « Règles de calcul des déperditions calorifiques » CNERIB. Edition 1998*

Recommandation :

Afin d'assurer le confort thermique et de réduire les besoins énergétique dans le bâtiment d'habitation en Algérie, en peut intervenir sur plusieurs paramètres à savoir :

- ✓ *Le bâtiment lui-même : l'intégration du concept bioclimatique qui vise à utiliser les ressources naturelles pour réduire les dépenses d'énergies consacrées au chauffage et à la climatisation des bâtiments en vue de réaliser un meilleur confort thermique.*
- ✓ *L'orientation des fenêtres (ouvertures).*
- ✓ *Une bonne isolation thermique de l'enveloppe du bâtiment.*
- ✓ *L'amélioration des performances et du rendement des équipements énergétiques.*
- ✓ *Le choix des sources d'énergie par le recours à l'utilisation des énergies renouvelables.*
- ✓ *L'application de la réglementation thermique pour les bâtiments d'habitation en rajoutant ça avec le contrôle de l'étanchéité au niveau des organismes de contrôle.*
- ✓ *N'utiliser l'électricité qu'en cas de besoin.*
- ✓ *Eteindre tout appareil en vielle en cas de non besoin.*
- ✓ *Tenir compte de la consommation des appareils pour un éventuel choix.*
- ✓ *Obliger les fabricants à le mentionner la consommation des appareils.*
- ✓ *Fourniture d'une fiche technique des matériaux achetés pour la construction (paramètres des matériaux).*
- ✓ *Il ne suffit pas de voir l'investissement initial mais il faut donner de l'importance à la durée de vie du projet.*
- ✓ *Favoriser l'achat des matériaux qui ne demandent pas beaucoup d'énergie.*
- ✓ *Il faut faire un diagnostic des performances énergétiques pour les habitations existantes et agir pour l'améliorer.*
- ✓ ***Penser autant qu'ingénieur de génie civil à concevoir des bâtiments moins énergivores en appliquant toutes les techniques existantes.***