

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur Et de La Recherche Scientifique
جامعة غرداية

Université de Ghardaïa
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie Civil



Mémoire
Présenté pour l'obtention du diplôme de Master
En : Génie Civil
Spécialité : Structure

Par : REZZAG Mellak
OULADSAID Halima

Sujet

**Effet du choix des matériaux sur les
caractéristiques thermique de l'habita cas d'une
habitation dans la région de Ghardaïa**

Jury composé de:

- | | | |
|-------------------------|------------------------------|-------------|
| ➤ Aziez.MN | M.C.B université de Ghardaïa | Examineur |
| ➤ Salhi.A | M.A.A université de Ghardaïa | Examineur |
| ➤ Laroui Abdel basset | M.A.A université de Ghardaïa | Encadreur |
| ➤ Cherier Mohamed Kamel | CDER | CoEncadreur |

Année universitaire : 2021/2022

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

Tout d'abord je remercie Dieu de m'avoir aidé jusqu'à cette heure pour écrire ces mots

Mes parents.

Ma mère, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude

Mon père, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit; Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi

Mes sœurs: soumia, mbarka, Leila.

mes frères :Abdou, Oussama , Brahim.

Ma petite tante : chahrazed.

A toute ma famille : ouladsaid, touati.

Tous mes amis surtout: Sara, malak, Imane

Tous ceux qui m'ont aidé, de près ou de loin, même qu'il soit un mot d'encouragement et de gentillesse. A tous ceux que j'aime et qui m'aiment. A tous les enseignants de génie civil Tous mes collègues étudiants de la promotion 2021/2022

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

Tout d'abord je remercie Dieu de m'avoir aidé jusqu'à cette heure pour écrire ces mots

Mes parents.

Ma mère, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude

Mon père, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit; Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi

A ma grande mère et A l'esprit de mon grand-père.

Mes sœurs: Kenza Mariya ; Khadidja; Chaima;ASMA;

Mon frère.Nasreddine

A toute ma famille: Rezzag et Souid

Tous mes amis surtout: Sara, Halima, aicha, kaoutar et Imane.

Tous ceux qui m'ont aidé, de près ou de loin, même qu'il soit un mot d'encouragement et de gentillesse. A tous ceux que j'aime et qui m'aiment. A tous les enseignants de génie civil Tous mes collègues étudiants de la promotion 2021/2022

Remerciements

Tout d'abord nous tenons à remercier Dieu tout puissant, qui nous a donné la force d'accomplir ce Modeste travail.

A Mon Encadreur

LAROUI Abdel basset

Je souhaite remercier Monsieur LAROUI Abdel basset j'exprime toute ma gratitude pour la confiance et la liberté qu'il m'a accordée, pour sa patience et pour ses recommandations tout au long du chemin.

A Mon Enseignant

CHERIER Mohamed Kamal

J'ai eu l'honneur d'être de bénéficier de votre riche enseignement. Vos qualités pédagogiques et humaines est pour moi un modèle. Votre gentillesse, et votre disponibilité permanente ont toujours suscité mon admiration .Veuillez bien monsieur recevoir mes remerciement pour le grand honneur que vous' avez fait d'accepter l'encadrement de ce travail.

Aux membres du jury

Vous nous faites un grand honneur en acceptant de juger ce travail. Je dois un remerciement à tous les enseignants génie civil pour leurs qualités scientifiques et pédagogiques Je tiens à remercier chaleureusement.

RÉSUMÉ :

Les travaux présentés dans ce mémoire concernent l'effet de choix des matériaux sur les caractéristiques thermiques des bâtiments à Ghardaïa notre travail présente une étude théorique. L'objectif de la présente étude était d'élaborer une définition globale du développement durable et de la construction durable, l'utilisation de matériaux naturels respectueux de l'environnement, améliore le confort et la qualité de l'air interne des bâtiments, les matériaux utilisés dans les projets de construction, ont un rôle majeur à jouer dans la réduction de cet impact sur notre écosystème. Et à l'ère du développement durable et d'une volonté de respecter l'environnement, et une partie pratique visant à démontrer le précieux rôle du bon choix des matériaux dans la construction Ce travail répond à quelques questions concernant l'impact de l'isolation thermique, nous avons sélectionné deux journées de saison différente (l'été et l'hiver). De ce fait, nous avons tiré quelques règles et critères qui sont très captivantes pour acquérir une isolation parfaite et admirable, L'objectif principal était de prédire l'influence de ces concepts et de prouver l'importance de l'aspect passif et sa capacité à réduire la demande énergétique d'un bâtiment, tout en assurant un confort thermique, On s'est basé aussi sur simulation (Google Sketch Up et Energy Plus). Le choix des matériaux de construction, l'isolation thermique, la compacité et la ventilation naturelle ont été les principaux sujets de ces investigations.

Mot clé : thermique du bâtiment, matériaux, Construction durable, déperditions

Abstract:

The work presented in this memoir relates to the effect of material selection on the thermal properties of buildings in Ghardaia Our work presents a theoretical study The aim of this study is to develop a global definition of sustainable development and sustainable building, the use of natural materials that respect the environment, and improve the comfort and quality of indoor air for buildings, and the materials used in Construction projects, have a major role in reducing this impact on our ecosystem. And in the era of sustainable development and the desire to respect the environment, a practical part aims to show the valuable role of the correct selection of materials in construction. This work answers some questions regarding the effect of thermal insulation, we have chosen two days of different seasons (summer and winter). From this fact we drew some

very attractive rules and standards to obtain an optimal and impressive insulation, the main objective was to predict the impact of these concepts and prove the importance of the negative side and its ability to reduce the energy demand of the building, while ensuring thermal comfort, we also rely on exaggeration of simulation (Google Sketch Up and Energy Plus). The choice of building materials, thermal insulation, compactness and natural ventilation were the main themes of these investigations

Keywords: thermal building, materials, sustainable construction, losses.

الملخص:

العمل المقدم في هذه مذكرة يتعلق بتأثير اختيار المواد على الخصائص الحرارية للمباني في غرداية يقدم عملنا دراسة نظرية الهدف من هذه الدراسة هو تطوير تعريف عالمي للتنمية المستدامة والبناء المستدام ، استخدام المواد الطبيعية التي تحترم البيئة ، وتحسن راحة وجودة الهواء الداخلي للمباني ، والمواد المستخدمة في مشاريع البناء ، لها دور رئيسي في الحد من هذا التأثير على نظامنا البيئي. وفي عصر التنمية المستدامة والرغبة في احترام البيئة ، وجزء عملي يهدف إلى إظهار الدور القيم للاختيار الصحيح للمواد في البناء. هذا العمل يجيب على بعض الأسئلة المتعلقة بتأثير العزل الحراري ، لقد اخترنا يومين المواسم المختلفة (الصيف والشتاء). من هذه الحقيقة رسمنا بعض القواعد والمعايير الجذابة للغاية للحصول على عزل مثالي ومثير للإعجاب ، وكان الهدف الرئيسي هو التنبؤ بتأثير هذه المفاهيم وإثبات أهمية الجانب السلبي وقدرته على تقليل الطلب على الطاقة للمبنى ، مع ضمان الراحة الحرارية ، نعتمد أيضًا على المبالغة في المحاكاة (Google Sketch Up) و (Energy Plus) كان اختيار مواد البناء و العزل الحراري والاكتناز والتهوية الطبيعية هي الموضوعات الرئيسية لهذه التحقيقات.

الكلمات المفتاحية: المباني الحرارية ، المواد ، البناء المستدام ، التدفق.

Table des matières

Table des matières	1
NOMENCLATURE.....	5
Liste des tableaux	7
Liste des figures	8
Liste des photos.....	8
Introduction :.....	12
Chapitre 1 : construction durable et développement durable.....	15
I .1 Introduction :.....	15
I .2 le Développement durable :.....	15
I .2.1 définition du développement durable :	15
I .2.2 Les objectifs du développement durable :	15
I .2.3 Les principes de développement durable :.....	16
I .2.4 Les piliers du développement durable :	17
1 Le pilier environnemental :	17
2 Le pilier social sociétal:.....	17
3 Le pilier économique :.....	17
I .2.5 Les enjeux du développement durable :.....	18
I .3 la construction durable :	19
I .3.1 Importance de la construction durable :.....	20
I .3.2 Objectif de la construction durable :.....	21
I .3.3 Les normes et labels d'éco construction :.....	21
I .3.4 Les avantages de construction durable :	23
I .4 Construction durable en Algérie :.....	23
I .4.1 Définition :.....	23
I .4.2 Réglementation thermique :.....	24
I .4.3 L'architecture vernaculaire :.....	25
3.1 Définition :	25
3.2 Caractéristiques de l'architecture vernaculaires en Algérie :	25
3.3 L'architecture vernaculaire comme un nouvel axe de recherche :.....	26
3.4. Programme ECO-BAT :	27
3.4.1 Les objectifs :	27
3.4.2 La consistance du programme :.....	27
I .5 Conclusion :.....	28

Référence.....	29
Chapitre 02 : matériaux de construction durable	33
II.1 Introduction :.....	33
II.2 matériaux de construction durable	33
II.2.1 Définition.....	33
II.2. 2Principe :.....	33
II.2. 3Comment choisir un matériau “durable” ?	34
II.2.3.1 sur base des enjeux environnementaux :.....	34
II.2.3.2 Une démarche multicritères:.....	36
II.2.4 Les familles de matériaux :.....	38
II.2.4.1 Matériaux métalliques :	38
II.2.4.2 Matériau composite :	38
II.2.4.3 Matériaux organique :.....	38
II.2.5 Les matériaux bios sources :.....	38
II.2.5.1 TYPEDES MATÉRIAUX BIOSOURCÉS :.....	39
II.2.6 Les matériaux d’isolation :	42
II.2.6.1 Les isolants synthétiques:	42
II.2.6.2 Les isolants minéraux :	43
II.3 CONCLUSION :	44
Référence.....	45
Chapitre 3 : thermique du bâtiment et transfert chaleur.....	48
III.1 Introduction :	48
III.2 Notions relatives à la thermique du bâtiment :.....	48
III.2.1 Thermique du bâtiment :.....	48
III.2.2 Flux thermiques :	48
III.2.3 Le coefficient de transmission calorifique :.....	49
III.2.4 Capacité thermique :	49
III.2.5 Conductivité thermique :.....	49
III.2.6 Résistance thermique:	51
III.2.7 Résistance surfacique :.....	51
III.2.8 Inertie thermique :.....	51
III.3 Isolation thermique :.....	52
III.3.1 But de l’isolation thermique :	53
III.3.2 Les techniques de pose de l’isolation :	53

III.4 Ventilation	54
III.4.1 La ventilation naturelle	54
III.4.2 La ventilation hybride :	56
III.5 Confort thermique :	56
III.5.1 Type confort thermique :	56
III.6 Mode de transfert chaleur :	58
III.7 DEPERDITIONS THERMIQUES :	63
III.7.1 EXPRESSION GENERALE DES DEPERDITIONS :	63
III.7.1.1 Déperditions totales d'un logement :	63
III.7.1.2 Déperditions totales d'un volume :	64
III.7.1.3 Les déperditions thermiques d'une paroi :	64
III.8 Les Ponts thermiques :	64
III.8.1 Types de points thermiques	65
III.9 Le bilan thermique :	65
III.10 Conclusion :	67
Référence.....	68
Chapitre 04 : Simulation	73
IV.1 Introduction :	73
IV.2 Climat de la ville de Ghardaïa :	74
IV.2.1 Situation géographique	74
IV.2.2 Conditions climatiques de Ghardaïa :	75
IV.3 Choix des outils de simulation :	76
IV.3.1 Google Sketch Up :	76
IV.3.2 Energy Plus :	77
IV.4 Caractéristiques du cas d'étude :	81
IV.5 Hypothèses et données.....	83
IV.6 Résultats et Discussions.....	83
IV.7 CONCLUSION :	89
Référence.....	90
Conclusion générale :	92

NOMENCLATURE

Symbole	Désignation	Unité
Φ	flux thermique	watt (W)
Q	quantité d'énergie thermique	J
Δt	différence de temps	s
S	surface	m
Φ	la densité de flux thermique	W /m ²
U	Le coefficient de transmission calorifique	W/m ² .k
C_T	La capacité thermique	J/K
dQ	l'énergie-chaleur	J
dt	la température	K
C_P	capacité thermique massique iso bare	J/kg K
M	la masse	kg
λ	conductivité thermique	W/m.k
R	Résistance thermique	m ² K / W
e	Résistance thermique	m
$r \square \square$	Résistance thermique surfaciquem ²	K W ⁻¹
ΔT	la différence de température	K
Q_{cd}	flux de chaleur transmis par conduction	W
X	variable d'espace dans la direction du flux	m
S	aire de la section de passage du flux de chaleur.	m ²
Q_{cv}	flux de chaleur transmis par convection	W
h_{cv}	convection Coefficient de transfert de chaleur par	W m ⁻² K ⁻¹

T_P	Température de la surface du solide	K
T_∞	Température du fluide loin de la surface du solide	K
S	Aire de la surface de contact solide/fluide	m ²
U_m	Vitesse moyenne du fluide	m s ⁻¹
P	Masse volumique	kg m ⁻³
Σ	Constante de Stefan-Boltzmann	W m ⁻² k ⁻⁴
M	Viscosité dynamique du fluide	Pa.s
D	Longueur caractéristique de la surface d'échange	m
Nu	Nombre de Nusselt	
Re	Nombre de Reynolds	
Pr	Nombre de Prandtl	
Gr	Nombre de Grashof	

Liste des tableaux

Chapitre I

Tableau 1.1 principe de la construction durable.

Chapitre III

Tableau 3.1 coefficient de conductivité thermique λ de divers gaz et matériaux a pression et température ambiantes.

Tableau 3.2 Facteurs et sources influant sur la qualité de l'air.

Chapitre IV

Tableau 4.1 Fonctionnalités des programmes auxiliaires d'EnergyPlus.

Tableau 4.2 Détails des matériaux de construction utilisés.

Liste des figures

Chapitre I

Figure 1.1 Les 17 objectifs de développement durable (ODD).

Figure 1.2 Schéma conventionnel du Développement durable.

Figure 1.3 Cadre de la construction durable élaboré en 1994 par le groupe de travail¹⁶ (construction durable) de la CIB dans le but d'articuler la contribution potentielle de l'environnement bâti à la réalisation du développement durable.

Figure 1.4 le modèle de la construction durable.

Chapitre II

Figure 2.1 durées de vie différentes.

Figure 2.2 Les critères de choix des matériaux.

Chapitre III

Figure 3.1 Conductivité thermique.

Figure 3.2 Ensemble des déperditions thermiques d'une maison non isolée.

Figure 3.3 Action du vent sur les bâtiments.

Figure 3.4 Effet du tirage thermique dans les bâtiments.

Figure 3.5 Effets combinés du vent et du tirage thermique.

Figure 3.6 le transfert par conduction.

Figure 3.7 le transfert par convection.

Figure 3.8 Pont thermique classique.

Figure 3.9 Ponts thermique de liaison.

Figure 3.10 Ponts thermiques intégrés.

Chapitre IV

Figure 4.1 Déperditions thermiques dans un habitat.

Figure4.2 Limites administratives de la wilaya de Ghardaïa.

Figure 4.3 Données climatiques à Ghardaïa.

Figure 4.4 Interface graphique de Google Sketch Up, Création d'un modèle 3D.

Figure 4.5 Etapes de simulation d'un bâtiment avec Energy Plus.

Figure 4.6 Introduction des coordonnées d'une habitation dans l'option "Surface détaillée" d'EnergyPlus.

Figure 4.7 interface graphique d'EnergyPlus.

Figure 4.8 Exemple d'un rapport d'erreur après l'exécution.

Figure 4.9 Aspect de la façade et plan architectural de l'habitat.

Figure 4.10 Modèle de bâtiment simulé : (a) cloisons adjacentes ; (b) zones thermiques de l'habitat.

Figure 4.11 Températures minimales, maximales et moyennes mensuelles pour la ville de Ghardaïa.

Figure 4.12 Températures de l'air intérieur de la chambre 2 (du20 au 26 juillet).

Figure 4.13 Températures del'air intérieur de la chambre 2(du 20 au 26 décembre).

Figure 4.14 Températures de l'air intérieur de la salle de séjour (du 20 au 26 décembre).

Figure4.15 Températures de l'air intérieur de la salle de séjour (du 20 au 26 juillet).

Liste des photos :

Chapitre I

Photo 1.1 Ravéreau (1981).

Chapitre II

Photo 2.1 chanvre construction :6 choses à savoir cet éco matériaux.

Photo 2. 2 la paille comme matériaux de construction écologique.

Photo 2.3 guides techniques des matériaux bio sources & géo sources.

Introduction Générale

Introduction :

Le Génie civil représente l'ensemble des techniques concernant les constructions civiles. Le domaine d'application du génie civil est très vaste ; il englobe les travaux publics et le bâtiment.

A l'heure où l'on se tend vers des constructions dont la continuité, l'éternité, la simplicité et l'économie sont assurées, la protection de notre environnement des différents impacts est le but de concept du développement durable¹. On doit atteindre ce but et chercher des solutions pour limiter les effets néfastes des différents secteurs : de transport, de l'énergie, ...etc. sur l'environnement, parmi eux: le bâtiment

Le secteur du bâtiment réputé grand consommateur d'énergie (presque la moitié de la consommation globale) est en outre , responsable de 25% des émissions des gaz par l'effet de serre. La réduction de cette consommation est au cœur des préoccupations des bâtisseurs qui inscrivent leur réflexion dans le cadre du développement durable ou encore de la haute qualité environnementale.

En Algérie, la plupart des logements construits sont relativement non isolés, ce qui signifie que ces bâtiments ont de fortes déperditions thermiques et de fait consomment beaucoup plus d'énergie, et l'efficacité énergétique n'est toujours pas appliquée dans la production des bâtiments. De plus, ceux-ci sont chauffés grâce à des énergies fossiles, donc fortement pourvoyeurs de gaz à effet de serre responsable en partie des changements climatiques. L'élévation globale des températures et la forte consommation énergétique nécessitent l'élaboration des concepts à forte efficacité énergétique qui seront appliqués aux bâtiments.

Le présent travail a pour objectif de faire une étude thermique d'une maison situé Ghardaïa cette étude permet de faire des calculs réglementaire pour faire Le bilan thermique, et améliorer le confort thermique de notre local d'étude. Ainsi, créer pour l'occupant les meilleurs conditions de confort physiologiques en (température, humidité et air neuf), et lui offrir un milieu sain et durable avec une consommation plus faible en énergie.

Ce mémoire est organisé en quatre chapitres :

Dans le premier chapitre, nous avons présenté un panorama de la construction durable et du développement durable, et le deuxième chapitre, nous avons défini les matériaux de construction durables.

¹ Selon la définition donnée dans le rapport Brundtland en 1987 : « le développement durable est un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre à leurs propres besoins. ». Dans la pratique, cela signifie que l'homme peut utiliser les éléments naturels qui l'entourent tout en les préservant et en assurant leurs renouvellements.

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

Finalement répondre aux exigences des architectes. Choisir un matériau local adapté au site de Ghardaïa veut dire une sélection sur la base des critères thermiques et énergétiques. Les isolants sont devenus par le temps la solution inévitable pour toute construction, vu leurs efficacités

Energétiques, leurs avantages en termes de confort et de santé et même leurs légèretés. La simulation des paramètres du confort par Energy Plus.

Problématique :

Le secteur du bâtiment connaît, depuis quelques années, une forte expansion, notamment dans le segment de l'habitat. Le secteur connaît une profonde mutation de point de vue demande énergétique. En particulier, la consommation énergétique des ménages a connu une forte croissance, suite à l'amélioration du niveau de vie de la population.

Enfin, notre intérêt scientifique, consiste à savoir comment atteindre un confort thermique de l'habitat et réduire les consommations énergétiques, toute en tenant compte de la complexité climatique du site et la nature des matériaux utilisés. Toutefois, la question qui mérite d'être posé est la suivante :

Quelle sont les solutions disponibles pour réduire les déperditions et assurer le confort thermique et économiser d'énergie ?

LES HYPOTHESES :

Les hypothèses que nous formulons, feront l'objet de vérification et constitueront une forme de réponse à la problématique posée et une ligne directrice pour ce travail :

- ✓ Il s'emble que la maîtrise des déperditions et gains thermiques de l'enveloppe du bâtiment par le bon choix des matériaux minimisera sans aucun doute les déperditions et gains thermiques.

Chapitre 1 :

Construction durable et développement durable

Chapitre 1 : construction durable et développement durable.

I .1.Introduction :

La construction durable relève d'un débat international plus large sur le développement durable. Parmi les secteurs économiques, Le secteurs du bâtiment est, le plus grand consommateur en énergie. Il représente plus de 40% des consommations énergétiques nationales (...) et près de 20% des émissions de CO2 [1] le bâtiment pèse lourd dans le bilan environnemental de la Planète. Mais, contrairement à ce que l'on peut constater dans les autres secteurs comme les transports ou l'industrie, le domaine de la construction a déjà commencé sa « révolution écologique » comme l'atteste la diversité des certifications environnementales en vigueur sur le marché international. Parmi ces méthodes, nous focaliserons notre attention tout particulièrement sur « l'approche française du développement durable (DD) appliqué à la construction », c'est-à-dire la démarche « Haute qualité environnementale » (HQE), dans ce chapitre nous apporterons un regard sur le domaine construction durable et importance dans environnement et domaine développement durable.

I .2. le Développement durable :

I .2.1. définition du développement durable :

Le développement durable est un " développement répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs " (rapport Brundtland " Our Common future " , rapporte l'environnement pour les Nations Unies , 1980 Il se traduit concrètement sur le terrain par le concept : " penser globalement , agir localement " Le développement durable conjugue simultanément trois paramètres fondamentaux l'équité sociale, La prudence environnementale, L'efficacité économique [2].

I .2.2. Les objectifs du développement durable :

Les objectifs du développement durable s'inscrivent dans une stratégie qui doit non seulement les concilier, mais considère qu'il y a synergie entre ces objectifs. C'est la stratégie des 3 E : Equité, Environnement, Economique, auxquels il convient d'ajouter la gouvernance [3].

Les 17 Objectifs de Développement Durable (ODD ou Agenda 2030) ont été adoptés en septembre 2015 par 193 pays aux Nations Unies, à la suite des Objectifs du Millénaire pour le Développement (OMD).

Les Objectifs de développement durable (ODD), également nommés Objectifs mondiaux, sont un appel mondial à agir pour éradiquer la pauvreté, protéger la Planète et faire en sorte que tous les êtres humains vivent dans la paix et la prospérité.

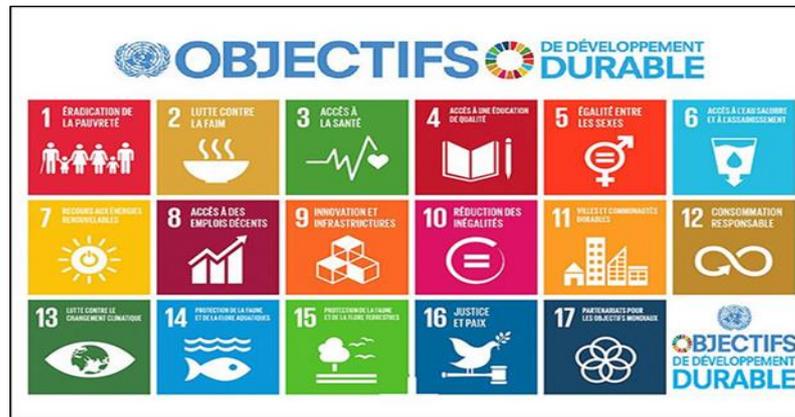


Figure 1.1 : Les 17 objectifs de développement durable (ODD) Source: ONU en collaboration avec 'Project Everyone.

I .2.3. Les principes de développement durable :

S’engager dans le DD implique d’adopter ou d’améliorer nos comportements en suivant certains principes [4] :

La protection de l'environnement : La protection de l'environnement doit faire partie intégrante du processus de développement.

Consommation responsables : Les modes de production et de consommation doivent évoluer en vue de réduire au minimum leurs répercussions défavorables sur les plans social et environnemental.

La responsabilité: La responsabilité s'exerce aux niveaux individuel et collectif. À l'échelle internationale, les États ont des responsabilités communes, mais différenciées. Les pays développés admettent la responsabilité qui leur incombe dans l'effort international en faveur du développement durable.

La solidarité: La solidarité se conçoit dans le temps et dans l'espace. Dans le temps, entre les générations présentes et futures. Ainsi, les choix du présent doivent tenir compte des besoins des générations à venir.

Participation et engagement : Le développement durable repose sur l'engagement et la participation de tous. Ces deux principes visent à mettre en œuvre des processus d'information, de consultation, en intégrant tous les acteurs concernés à tous les niveaux de décision, du national à l'international.

La précaution: En cas de risque de dommages graves ou irréversibles, l'absence de certitude scientifique ne doit pas servir de prétexte pour remettre à plus tard l'adoption de mesures effectives visant à prévenir la dégradation de l'environnement.

La subsidiarité: La prise de décision et la responsabilité doivent revenir à l'échelon administratif ou politique le plus bas en mesure d'agir efficacement [5].

I .2.4. Les piliers du développement durable :

Le développement durable vise à favoriser un état d'harmonie entre les êtres humains et entre l'homme et la nature, ce qui lui donne un aspect « protéiforme » (Koleva, 2008). Le socle du DD se compose de trois piliers qui sont l'aspect économique, environnemental et social. Cela signifie que ces trois notions doivent être réunies pour parler de DD Cette notion nous est également confirmée par Jean Gynse Bolivar (2008) qui l'a précisé un peu plus en donnant sa composition. En effet, selon lui le DD est composé d'un tiers pour l'aspect environnemental, un tiers pour l'aspect économique et enfin un tiers pour l'aspect écologique. L'objectif est donc de trouver un équilibre entre ces trois piliers qui sont plus précisément [6] :

1. Le pilier environnemental :

Il s'agit du pilier le plus connu. Le développement durable implique : la diminution des rejets polluants de l'atmosphère, le remplacement des énergies non renouvelables par des énergies renouvelables (solaires, éoliennes), la préservation des terres cultivables et des espaces verts par l'utilisation des formes et tissus urbains.

Intégrer, dans l'ensemble des actions sociales, culturelles et économiques, la préoccupation du maintien de la vitalité, de la diversité et de la reproduction des espèces et des écosystèmes naturels terrestres et marins. Ceci, par des mesures de protection de l'environnement, par la restauration, l'aménagement et le maintien des habitats essentiels aux espèces ainsi que par une gestion durable de l'utilisation des écosystèmes exploités [7].

2. Le pilier social sociétal:

Le développement durable vise à assurer la cohésion sociale en veillant à réduction de la pauvreté et des inégalités, au partage équitable des revenus et des services, à une répartition équitable de la richesse [8].

3. Le pilier économique :

Optimiser la portée économique du projet :

a- Inscrire le projet dans la dynamique de développement local

b- Anticiper et encadrer l'impact économique du projet

Assurer la pertinence du montage financier du projet :

a- Optimiser le montage financier et le coût global du projet

b- Imposer des objectifs de résultats en matière de réduction/maîtrise des charges

Garantir la pérennité du projet :

a- Prévoir des possibilités d'évolution conjoncturelle du projet

b- Prévenir les risques liés au projet. [9]

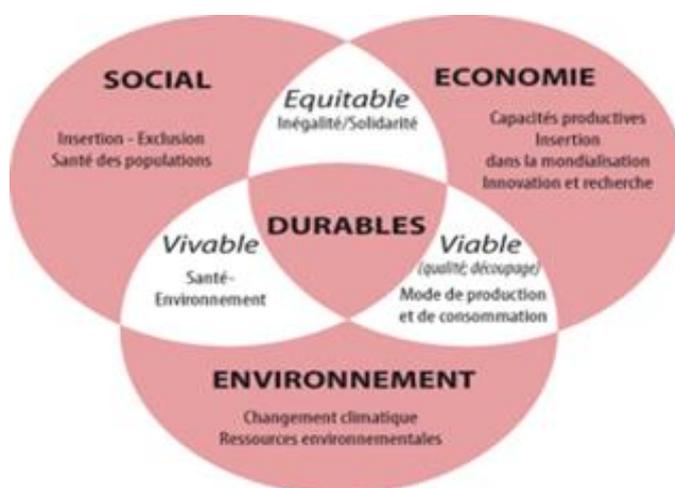


Figure1.2 : Schéma conventionnel du Développement durable Source : Ministère de l'écologie et du développement durable et commissariat général du Plan (France).

I .2.5. Les enjeux du développement durable :

La plupart des états se sont engagés à élaborer une stratégie nationale de développement durable. Sa mise en œuvre sera complexe car elle devra faire face aux enjeux du développement durable [10] .

- Il faut rééquilibrer les pouvoirs entre les priorités économiques et les impératifs sociaux et écologiques.
- Il faut instaurer une nouvelle pratique des décisions gouvernementales.
- Il faut une implication de tous les groupes sociaux-économiques. La réalisation effective des objectifs du développement durable.
- Il faut rééquilibrer les forces économiques entre les pays du sud et du nord. Les paysan voie de développement sont trop endettés et freinés dans leurs échanges commerciaux pour consacrer l'énergie et les moyens suffisants à l'éducation, la santé et la protection de l'environnement.
- Il faut créer une institution internationale chargée de faire respecter les obligations souscrites par les états.

I .3 la construction durable :

Ce secteur revêt une importance considérable principalement par la qualité de déchets générés et de ressources consommées par le bâtiment. La construction, mais surtout l'exploitation du bâtiment (eau, éclairage, chauffage, entretien), entraîne la consommation de près de la moitié de l'énergie produite dans le monde. Appliquer le développement durable à la construction signifie la prise en compte globale de ses trois facettes (économie, écologie et société)[11] . Cependant, cela ne veut pas obligatoirement dire construire en bois ou installer des capteurs solaires ! La difficulté réside dans la mise en place d'une synthèse entre de nombreux aspects : ▪ Gestion de l'énergie ; ▪ Diversité sociale ; ▪ Qualité de l'air ; ▪ Réseaux de transport ; ▪ Qualité de l'eau ; ▪ Gestion des déchets ; ▪ Aspect économique.

Le développement durable trouve son expression dans le secteur de la construction qui allie, par excellence, les trois dimensions [12].

Dans cette perspective, la Commission européenne dans sa communication du 25 mai 2005 a déclaré que le secteur de la construction était le seul susceptible de « transformer la nécessité d'assurer la protection de l'environnement et la cohésion sociale en perspective d'innovation, de croissance et de création d'emplois ». Aussi, le livre vert sur l'efficacité énergétique [13] précise que « tenant compte de gains au rapport coût-efficacité favorable que l'on peut estimer à plus de 70 millions tonnes d'équivalent pétrole (Mtep), ce secteur pourrait à lui seul générer plus de 250 000 emplois à temps plein, en personnel hautement qualifié et dans le milieu de la construction en général. Le gouvernement français procéda à la création de la conférence permanente « habitat-construction-développement durable » par le décret n° 2002-484 du 9 avril 2002[14]. Cette conférence était « représentative des acteurs, des milieux professionnels, des collectivités locales et des établissements publics concernés par la mise en œuvre de politique de développement durable dans les domaines de l'habitat et de la construction » [15].

Développement durable implique de construire avec des matériaux respectant l'environnement [16]. Ces matériaux doivent être, eux-mêmes, produits dans des conditions respectant l'environnement, sains et sûrs. Le Comité économique et social européen avait souligné « qu'il est indispensable d'associer, dès la conception des conditions typologiques et morphologiques des complexes d'habitation et/ ou des bâtiments : il s'agit d'utiliser avec parcimonie les ressources naturelles et améliorer les conditions de logements des individus et responsabiliser d'avantage les acteurs concernés en matière de procédures, processus et techniques, afin de satisfaire aux exigences de qualité et de sécurité, pour les travailleurs et les consommateurs finaux »[17] .

Éco construction et construction durable sont souvent utilisés de manière interchangeable : cependant, le terme construction durable aborde de manière plus complète les problèmes

environnementaux, sociaux et économiques d'un bâtiment dans le contexte de sa communauté. En 1994, le groupe de travail 16 de l'International Building Council (IBC), une organisation internationale de réseau de recherche sur le bâtiment, a défini la construction durable comme « la création et le fonctionnement d'un environnement bâti sain basé sur l'efficacité des ressources et la conception environnementale » [18]. Le groupe de travail 16 a formulé sept principes pour la construction durable qui éclaireront idéalement la prise de décision à chaque étape du processus de conception et de construction, et se poursuivront tout au long du cycle de vie du bâtiment (tableau 1.1) [19].

Les principes de la construction durable
1. réduire de la consommation de ressource (réduire).
2. réutiliser les ressources (réutilisation).
3. utiliser des ressources recyclables (recycler).
4. protéger la nature (nature).
5. éliminer les toxiques (toxiques).
6. appliquer le cout du cycle de vie (économiques).
7. concentrez-vous sur la qualité (qualité).

Tableau1.1 : principe de la construction durable. Source :[19]

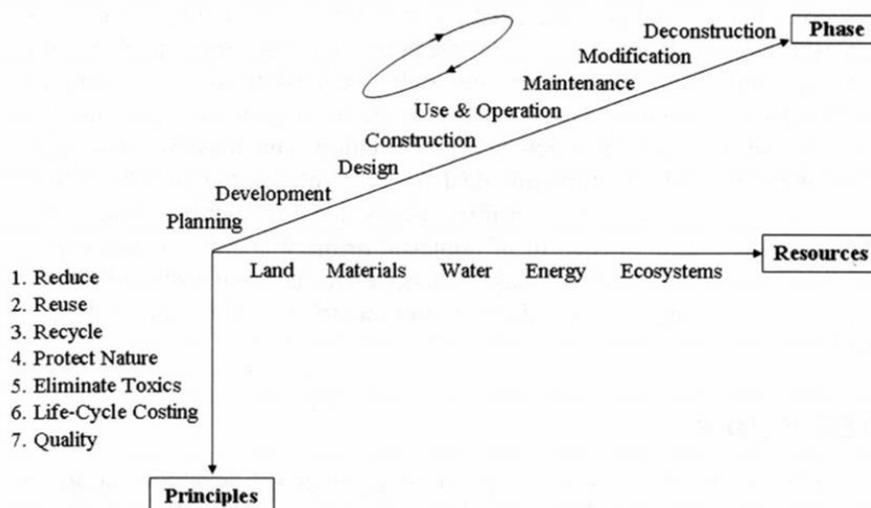


Figure1.3 : Cadre de la construction durable élaboré en 1994 par le groupe de travail16 (construction durable) de la CIB dans le but d'articuler la contribution potentielle de l'environnement bâti à la réalisation du développement durable. (Dessin de Bilgeçelik)

I .3.1. Importance de la construction durable :

L'industrie de la construction a un impact énorme sur l'environnement.

En fait, l'industrie de la construction représente un incroyable 36% de la consommation mondiale d'énergie et 40% des émissions de CO2.

La fabrication et l'expédition de matériaux peuvent avoir un impact important sur les émissions de carbone. L'extraction de matières premières peut entraîner la pollution des nappes phréatiques locales. La fabrication du béton a généré plus de 2,8 milliards de tonnes de CO2, un chiffre qui ne fera qu'augmenter puisque 4 milliards de tonnes de béton sont coulées chaque année.

La construction peut également générer des déchets dangereux, et l'élimination inappropriée de ces déchets peut entraîner une pollution qui affecte non seulement l'environnement, mais également la santé des personnes vivant dans cette zone. [20]

I .3.2. Objectif de la construction durable :

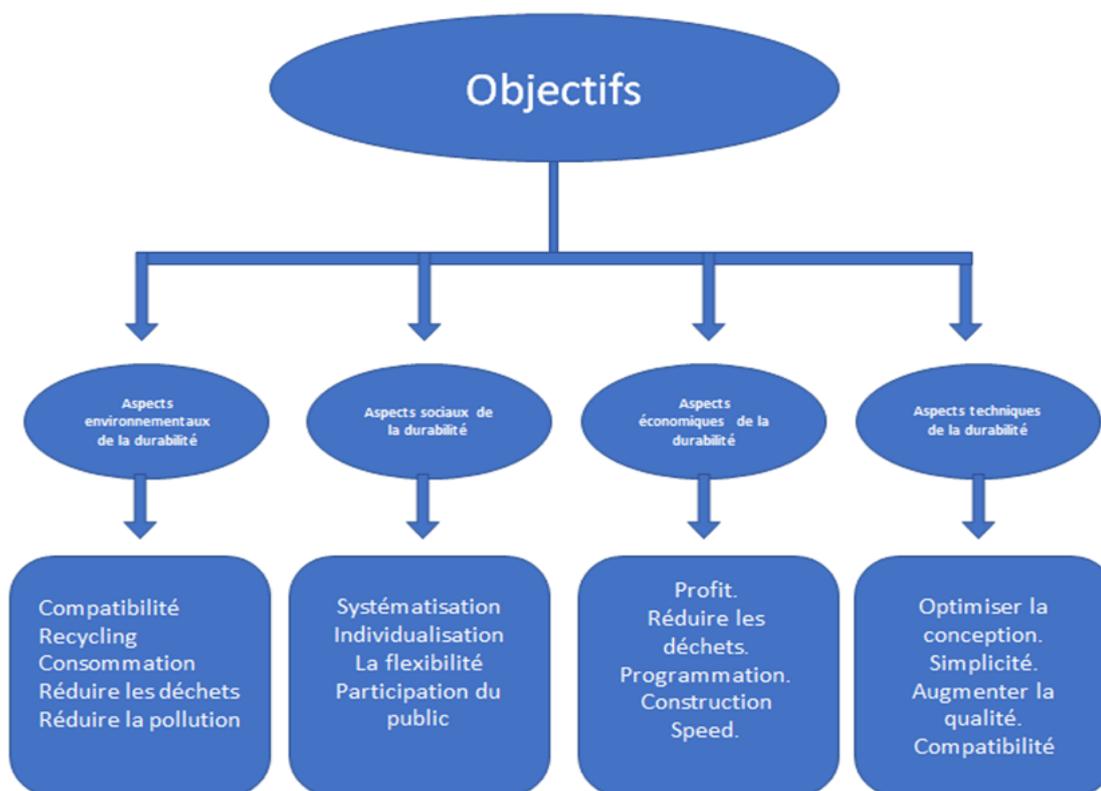


Figure1.4 : le modèle de la construction durable Source : [21], préparé auteur.

I .3.3. Les normes et labels d'éco construction :

Pour qu'une construction soit considérée comme durable, elle doit répondre à une certaine réglementation et valider des exigences en termes de lutte contre le réchauffement climatique et la pollution. Les normes françaises sont régies par les lois Grenelle. Pour être certain qu'une construction est durable, il est possible de faire confiance à certaines normes :

HQE: Label HQE (Haute Qualité Environnementale) est un concept environnemental datant du début des années 90. Le bâti labélisé HQE doit respecter 14 normes ciblées. Le but du label HQE

est d'être une marque commerciale référence pour la conception ou la rénovation de bâtiment et de v. Des en limitant le plus possible leurs impacts sur l'environnement. Le projet du label est à initiative de l'Association HQE reconnue d'utilité publique en 2004. Afin d'obtenir le label HQE, le bâtiment doit respecter 14 cibles. Les cibles permettent de mieux percevoir les facteurs qui influencent l'environnement. Elles sont réparties entre la volonté de créer un environnement intérieur satisfaisant en maîtrisant les possibles impacts sur l'environnement extérieur: Cibles d'éco-construction Cibles d'éco-gestion. Cibles de confort Cibles de santé [22].



BBC : « bâtiment basse consommation énergétique » est un bâtiment dont l'émission de gaz à effet de serre est fortement réduite par rapport aux habitations standards. Le label BBC a été créé en 2007 suite au Grenelle de l'Environnement.



LEED: Leadership in Energy and Environmental Design (LEED). Système nord-américain de standardisation de bâtiments à haute qualité environnementale créé par l'US Green Building Council en 1998, Un bâtiment peut atteindre quatre niveaux : certifié, argent, or ou platine. Les critères d'évaluation incluent : efficacité énergétique, l'efficacité de la consommation d'eau, l'efficacité du chauffage, l'utilisation de matériaux de provenance locale et la réutilisation de leur surplus. Initialement créé par le U.S. Green Building Council (USGBC). Le système a été adapté aux marchés canadiens par le Conseil du bâtiment durable du Canada (CBDCA)[23] .



ISO 15392 2008 : cette norme vérifie que les principes du développement durable sont respectés pendant toute la construction et la vie du bâtiment.

Passivhaus : est un label allemand de performance énergétique dans les bâtiments, Il est accordé aux logements neufs dont les besoins en chauffage sont inférieurs à 15 kWh/m²/an. La consommation totale, calculée en énergie primaire, prenant en compte le chauffage, la ventilation, l'éclairage, l'eau chaude sanitaire, les auxiliaires et les équipements électrodomestiques, doit être inférieure à 120 kWh/m²/an.[24]

BREEM : Le BREEAM « Building Research Establishment Environmental Assessment Méthode », est le standard de certification bâtiment le plus répandu à travers le monde. Chaque type de bâtiment a son référentiel d'évaluation (BREEAM Habitations, Etablissement scolaires, Hôpitaux, International, Tribunaux, Industriel, Bureaux, centres commerciaux, ...).



I .3.4. Les avantages de construction durable :

- A CONSTRUCTION DURABLE, UNE DÉMARCHE ENVIRONNEMENTALE :

En effet, adopter la construction durable, c'est préserver l'environnement. Il faut rappeler que les matériaux utilisés sont non polluants. En outre, le bâtiment n'est pas énergivore.

- UNE CONSTRUCTION DURABLE GARANTISSANT LE CONFORT DES OCCUPANTS DU BÂTIMENT :

La construction durable permet de créer un bâtiment agréable à vivre. Les matériaux utilisés sont non polluants et ils n'émettent pas de poussières ou de gaz toxique..

- UNE CONSTRUCTION DURABLE ÉCONOMIQUE :

Grâce à la construction durable, le bâtiment devient économe en énergie. Ses besoins en chauffage sont limités grâce à sa bonne isolation et ventilation.

- La construction durable permet également la création d'emploi, notamment dans le secteur des énergies renouvelables.

I .4. Construction durable en Algérie :

I .4.1. Définition :

La consommation énergétique des bâtiments en Algérie est estimée à 40 %, et c'est dans ce contexte, que le gouvernement algérien entend réaliser 3000 logements Écologiques et la rénovation thermique de 4000 autres logements existants, ainsi que 20 pour le tertiaire (audit énergétique) dans le cadre du programme quinquennal 2010/2014. Avec son potentiel solaire évalué à plus de 3000

heures d'ensoleillement par an, l'Algérie est l'un des pays les plus aptes à promouvoir l'énergie solaire. Cependant, l'apolitique nationale de mise en valeur des technologies des énergies renouvelables doit s'articuler autour d'une stratégie financière en mesure d'allouer des ressources adéquates à ce secteur d'activité d'avenir. Rappelons juste, que la mise en application de la loi 99.09 relative à la maîtrise Del 'énergie dans le secteur du bâtiment, s'est concrétisée par la promulgation le 24 avril2000 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 danses bâtiments neufs à usage d'habitation et autre et dans les parties de constructions réalisées comme extension des bâtiments existants. Afin d'y associer une optimisation des pratiques, un projet pilote a été mis en place soudain, privilégiant l'utilisation de matériaux locaux et de sources alternatives d'énergie. Le projet pilote MED-ENEC de Soudain a été pensé afin de réunir ces conditions, du stade de la construction à celui de l'utilisation [25].

I .4.2. Réglementation thermique :

a) Le DTR. C 3 – 2 :

Le présent Document Technique Réglementaire (DTR) apporte une première réponse aux problèmes liés à la thermique du bâtiment. Il met à la disposition des professionnels des méthodes d'évaluations thermiques des logements pour le problème d'hiver. L'exigence réglementaire sur laquelle s'appuie ce DTR consiste à limiter les déperditions calorifiques des logements en fixant un seuil à ne pas dépasser (appelé déperditions de référence)[26]. Le respect de ce seuil devrait permettre une économie de 20 à 30 % sur la consommation d'énergie pour le chauffage des logements, sans pour autant se réaliser au détriment du confort des utilisateurs. Les méthodes de calculs présentées dans ce DTR sont des méthodes simples, testées par ailleurs, suffisantes en principe pour trouver des solutions techniques admissibles. Bien entendu, il appartient au concepteur d'effectuer dans les cas limites des calculs plus précis (utilisation de logiciels de simulation opérant en régime dynamique) D'autres textes réglementaires viendront s'ajouter à ce DTR.

b) Le DTR. C 3 – 4 :

Il s'agit d'un document qui prend en charge le calcul des apports calorifiques d'été pour les bâtiments à usages d'habitation. Il consiste à limiter l'utilisation de la climatisation pour rafraîchir en période d'été afin d'économiser la consommation énergétique [27]. Objet du document Le présent Document Technique Réglementaire (DTR) a pour objet de fixer : les méthodes de détermination des apports calorifiques des bâtiments, la méthode de vérification de la conformité à la réglementation thermique d'été des bâtiments [28].

c) Le DTR. C 3-34 :

Tous ces réglementations ont pour objectif d'introduire la performance énergétique pour les constructions neuves ou lors de réhabilitation en minimisant les besoins calorifiques par 40% selon l'APRUE. Mais l'application de ces réglementations reste non obligatoire la preuve est l'absence de toute efficacité énergétique dans les constructions sur le territoire Algérien [27].

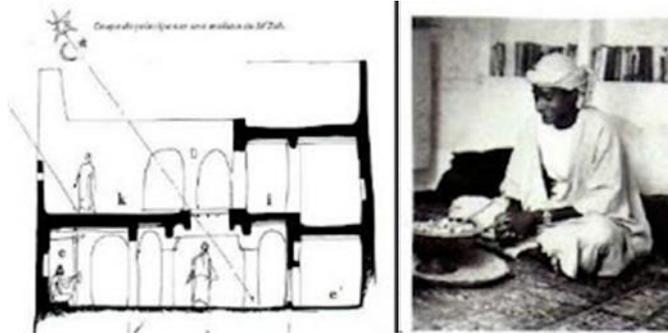
I .4.3. L'architecture vernaculaire :

3.1. Définition :

L'expression « architecture vernaculaire » est utilisée depuis les années 1980 en France, sous l'influence de l'anglais « vernacular architecture ». Cette expression désigne un type d'architecture propre à une aire géographique, un terroir et à ses habitants. Il s'agit d'architecture fortement influencée par le contexte local, les traits culturels et l'impact des milieux physiques. Au carrefour de la nature et de la culture, le bâti vernaculaire est étonnamment divers puisque qu'il naît du sol et des ressources de la région où il se développe, tout en s'adaptant à l'ensemble de ses contraintes. Plutôt que de choisir une région et effectuer un inventaire, Rapport jette d'abord un regard sur toutes les demeures qu'il répartit selon la tradition populaire, la haute tradition ou la tradition primitive. Il comprend la tradition comme un modèle mouvant en constante mutation. Les bâtiments issus de la tradition populaire, qu'il appelle aussi indigène, constituent d'après lui l'expression directe et non consciente des désirs et ne sont pas réalisés par des intervenants spécialisés. Le groupe indigène peut se trouver à proximité de haute tradition partage avec elle certaines pratiques. Cependant la haute tradition renvoie à la production d'architecte ou spécialistes. Elle est plutôt monumentale. Au contraire, les bâtiments de la tradition primitive sont les constructions indigènes de communautés recluses dont les moyens techniques sont limités [29].

3.2. Caractéristiques de l'architecture vernaculaires en Algérie :

- L'absence de différenciation dans les formes et dans la construction (toutes les maisons se ressemblent)
- Hauteur sous-plafond limitée et posture assise par terre des usagers
- Absence de mobilier amovible et l'utilisation des niches comme éléments de rangements
- Respecte l'intimité de la famille
- Promiscuité des personnes où l'isolement est impossible
- Polyvalence des espaces (l'espace abrite plusieurs activités)[30].



Source : Ravéreau (1981)

3.3. L'architecture vernaculaire comme un nouvel axe de recherche :

L'architecture dite « vernaculaire » est souvent définie comme « indigène », « primitive » ou

« Sans architecte », ces définitions peuvent laisser croire que cette dernière n'est régie par aucune règle ni faire partie d'une discipline reconnue. Longtemps dévalorisée et sous-estimée elle pourtant pour principale qualité de s'adapter à son milieu. Elle est le fruit d'un long processus d'adaptation et de traditions transmises de génération en génération : « La construction vernaculaire est le fruit traditionnel et naturel par lequel les communautés créent leur habitat. C'est un processus en évolution nécessitant des changements et une adaptation constante réponse aux contraintes sociales et environnementales. » [31].

Le premier volume « théories and principales » théories et principes met en évidence la complexité que revêtent la définition et l'étude de l'architecture vernaculaire. Un chapitre entier, est consacré à déterminer les différentes approches et méthodes pour étudier l'architecture vernaculaire. Différents critères d'influence sur ce type d'architecture sont répertoriés notamment, l'influence des traits culturels, l'impact de l'environnement, le rôle des matériaux et des techniques l'importance des éléments symbolique et décoratifs, ainsi que les usages et fonctions, sont définis dans les huit points suivants :

- Traits de culture et attributs : regroupe les croyances, les habitudes culturelles, la Politique, la structure sociale ou encore l'économie....etc.
- Environnement : regroupe l'influence du climat et du site ou encore les catastrophes Naturelles.
- Ressources et matériaux de construction : sont classés par type de matériaux qu'ils Soient d'origine animale, végétale ou à base de terre ou de pierre.
- Production : regroupe par exemple les systèmes de circulations, de ventilation, de

Climatisation

- Symbolisme et décoration : décline les rituels, les symboles et motifs, les

Inscription

- Typologies : regroupe les typologies de formes, de plans, de type de structures....

- Usages et fonctions : renvoi aux fonctions liées à l'autorité et au pouvoir, aux

Activités économiques, aux sanctuaires et temples [28].

3.4. Programme ECO-BAT :

Ce programme a été lancé par l'APRUE et 11 OPGI afin de réaliser 600 logements de haute performance énergétique à travers le territoire national. Il entre dans le cadre du programme national pour la maîtrise de l'énergie, 'PNME', 2007-2011, et consiste à optimiser le confort thermique dans ces logements tout en réduisant la consommation énergétique liée au chauffage et de climatisation par environ 40%. La localisation de ces logements est selon les zones climatiques dans 11 wilaya [27].

3.4.1. Les objectifs :

- L'amélioration du confort thermique dans les logements et la réduction de la

Consommation énergétique pour le chauffage et la climatisation.

- La mobilisation des acteurs du bâtiment autour de la problématique de l'efficacité

Énergétique.

- La réalisation d'une action démonstrative, preuve de la faisabilité des projets à haute

performance énergétique en Algérie. La provocation d'un effet d'entraînement des pratiques de prise en considération des aspects de maîtrise de l'énergie dans la conception architecturale.

3.4.2. La consistance du programme :

La mise en œuvre du programme ECO-BAT sera soutenue par des mesures incitatives sous forme d'expertise et d'un apport financier du Fond National pour la Maîtrise de l'Énergie(FNME). Elle devait être également accompagnée d'une bonne médiation ainsi que du lancement de cycles de formation à destination des bureaux d'études et des maîtres d'ouvrage. Enfin, des journées techniques regroupant l'ensemble des acteurs du secteur du bâtiment devaient être également organisées [27].

I .5. Conclusion :

L'objectif de la présente étude était d'élaborer une définition globale du développement durable et de la construction durable, et de développer un modèle qui résume la construction durable (Figure 1.4) en quatre catégories, les objectifs principaux et fondamentaux étant présentés dans chaque catégorie. En général, les caractéristiques de la construction durable sont liées à quatre objectifs principaux dans les groupes sociaux, économiques, techniques, technologiques et environnementaux, ces quatre objectifs comprennent la promotion des économies financières et économiques, la réduction de l'impact sur l'environnement et l'augmentation de la compatibilité environnementale, l'augmentation de la l'efficacité et l'utilité, l'amélioration de la qualité et l'amélioration du bâtiment. Ce modèle indique et suggère généralement les caractéristiques qu'un bâtiment doit avoir pour atteindre la durabilité.

Notre pays doit s'engager encore plus dans l'investissement lié au développement durable, et spécialement à la construction écologique Nous avons pu trouver des matériaux qui ne se contredisent pas beaucoup et qui aide, à réduire les coûts énergétiques dans le temps et à utiliser des énergies renouvelables, telles que la terre ou le soleil. Seulement ces maisons demandent un coût plus important lors de la réalisation. De Plus, dans le temps, ces bâtiment sauront besoin de moins d'énergie pour chauffer, Éclairer... ce qui représente des économies à côté des autres bâtiments .Ainsi donc, l'habitat écologique est plus, une question de choix que de moyens, et qui rentre dans le cadre du développement durable.

Référence :

- [1].Site Internet de l'ADEME : www.ademe.fr, consulté le 15 juin 2007.
- [2]. Livre construction public de HQE directeur de la publication JEANMARE GALIBOURG.
- [3].Les dossiers FNAU.N°07-Mai 2001.Fédération Nationale des Agences d'Urbanisme-paris.
- [4].DJEGHAM, Y et al. « Education au développement durable- Pourquoi ? Comment ? », Édition Politique scientifique fédérale, Paris, 2006, P 16
- [5].Livre Développement durable - Comprendre et analyser des enjeux et des actions du développement durable Auteurs: Martin Yelkouni Cécile Duclaux Monteil Michelle Monguondoripancy (nrd Flavien Tehapga Louis Edouard Pouget.
- [6].ÉTUDE EXPLORATOIRE SUR LES IMPACTS DU DÉVELOPPEMENT DURABLE DANS LA GESTION DE PROJET DES PME MÉMOIRE PRÉSENTÉ COMME EXIGENCE PARTIELLE DU PROGRAMME DEMAÎTRISE EN GESTION DE PROJET PARKAHINA TEHAR.
- [7]. BURGEMMEIR, B, « Politiques économiques du développement durable », édition De Boeck Supérieur, Paris, 2008, p48.
- [8].Livre Développement durable - Comprendre et analyser des enjeux et des actions du développement durable Auteurs: Martin Yelkouni Cécile Duclaux-Monteil Ott Michelle Mongo Paul Ouédraogo Flavien Tchapgga Louis-Édouard Pouget (page : 15)
- [9].MEMOIRE Pour l'obtention du diplôme d'architecte Option : architecture et durabilité architecturale THEME Présenté par : Achour AbdeSmadZerroukRafaa Sous la direction de : BadecheMounira
- [10]. La conférence de Rio. (C'est des rencontres décennales entre dirigeants mondiaux organisées depuis 1972 par l'ONU, avec pour but de définir les moyens de stimuler le développement durable au niveau mondial).
- [11].EMELIANOFF, C, « LA ville durable : l'hypothèse d'un tournant urbanistique en Europe », éditionL'information géographique, Paris, 2007, Vol.71, p.49
- [12].Écologique (basse consommation de l'énergie, faible empreinte environnementale), économique (coûts de Fonctionnement réduits, valeur patrimonial préservée), sociale (pouvoir d'achat conservé, bien-être accru des Occupants).

- [13]. Le livre vert sur l'efficacité énergétique, « consommer mieux avec moins », COM (2005) 265 final du 22 juin 2005, p. 22.
- [14]. JORF n°84 du 10 avr. 2002 p. 6337.
- [15]. Art. 1er du décr. N° 2002-484 du 9 avr. 2002, abrogé par décr. n° 2006-662 du 7 juin 2006 relatif à la Réorganisation, au retrait de magistrats et à la suppression de diverses commissions administratives, JORF n° 131 du 8 juin 2006, p. 8634.
- [16]. Directive 89/106/CEE du Conseil du 21 déc. 1988 relative au rapprochement des dispositions législatives, Réglementaires et administratives des États membres concernant les produits de construction, JOCE L 40 du 11 févr. 1989 et L 220 du 30 août 1993.
- [17]. Avis du Comité économique et social européen sur la « Proposition de règlement du Parlement européen et du Conseil établissant des conditions harmonisées de commercialisation pour les produits de construction » COM(2008) 311 final – 2008/0098 (COD), JOUE du 11 sept. 2009, p. 15-20.
- [18]. 24. Kibert, C. J. (2005) Sustainable construction: green building design and delivery. Hoboken, Jersey: John Wiley and Sons, Inc.
- [19]. Liver Sustainable Construction: Green Building Design and Delivery Author: Charles J Kibert Publisher: Hoboken, New Jersey : Wiley, [2016] ©2016.
- [20]. <https://www.british-assessment.co.uk/insights/what-is-sustainable-construction-and-why-is-it-important/#:~:text=Why%20is%20sustainable,living%20in%20that>.
- [21]. Durabilité dans le bâtiment et la construction : révision des définitions et des concepts Auteurs : Hosseinzabihi , Dr. Farah Habib, Leila mirsaedie. PhD, professeur adjoint, Département d'art et d'architecture, Direction des sciences et de la recherche, Université islamique d'Azad, Téhéran, Iran. *Candidat au doctorat, Département d'art et d'architecture, Eranch des sciences et de la recherche, Université islamique d'Azad, Téhéran, Iran.
- [22]. Livre Manifeste pour le Vivant auteur : Arnaud GABRIELI directeur : Gaïaa Sources inc page41.
- [23]. Livre Manifeste pour le Vivant auteur : Arnaud GABRIELI directeur : Gaïaa Sources inc page42.
- [24]. wikipedia.org/wiki/Passivhaus.
- [25]. Article Eurojar, 'L'Algérie s'essaye à une ruralité verte', ENPI info centre, 15 mars 2010

[26].Document Technique Réglementaire (D.T.R. C 3-2) Réglementation thermique des bâtiments d'habitation

[27].MEMOIRE Présenté en vue de l'obtention Du diplôme MASTER ACADEMIQUE Domaine : sciences de la Terre et de l'Univers Filière : Géographie et aménagement du territoire Spécialité : villes et dynamiques spatiales

[28].Document Technique Réglementaire D.T.R. C 3-4 CLIMATISATION Règles de calcul des apports calorifiques des bâtiments

[29].Melle MESLI Houda Mémoire présenté en vue de l'obtention Du diplôme de Magistère en : Architecture Option : Ville et architecture au Sahara page 22_23.

[30].Master 2, Option Habitat Matière : Logement, espaces et usages Cour 04Habitat vernaculaire urbainEn Algérie

[31].-Charte du patrimoine bâti vernaculaire (1999) ICOMOS (conseil international des monuments et des sites).

Chapitre 2 :

Matériaux de construction durable

Chapitre 02 : matériaux de construction durable

II.1. Introduction :

En déconstruisant, le cycle de vie des matériaux comme une série d'actions, il est possible de quantifier le caractère durable d'un matériau par rapport à un autre. Certains matériaux, comme l'aluminium, ont besoin de beaucoup d'énergie et de produits chimiques pour passer de la matière aux matériaux, mais se révèlent avoir une stabilité exceptionnelle et un recyclage aisé. D'autres, comme le bois, sont moins énergivores et même intéressants en tant que stockage de CO₂, mais une fois traité pour augmenter sa durabilité il peut s'avérer dangereux pour la santé des occupants et risque de polluer l'eau une fois qu'il sera mis en décharge. Trois paramètres, pour comparer et rendre compte si les matériaux sont économiques et durables ou pas [1]. transport dépense d'énergie, technologie L'analyse de différents matériaux par rapport au transport, à la dépense d'énergie et à la technologie, on peut les classer et les évaluer. Il apparaît que la fabrication du ciment exige une technologie avancée. Ce qui ne veut pas dire qu'il ne faut pas fabriquer de ciment : au contraire, le ciment sera toujours nécessaire. L'objectif, donc, est uniquement de donner un modèle de référence en tenant compte de l'utilisation des ressources. Si on veut s'orienter, dans l'avenir, vers un développement prometteur, il faut donner la priorité à la mise au point d'un matériau de construction nécessitant : un transport minimum une technologie de conception approprié En étudiant l'implication des matériaux de construction à travers la vie des bâtiments, trois phases se dégagent. Pour chaque phase il est possible de définir des actions précise concernant les matériaux de construction, chacune de ces actions permettant de caractériser un effort particulier dans le sens du développement durable [2]. Il suffit qu'un matériau respecte un de ces caractères en plus qu'un matériau comparable pour qu'il soit considéré comme plus durable.

II.2 matériaux de construction durable :

II.2.1 Définition :

Un matériau désigne toute matière utilisée pour réaliser un objet au sens large. Ce dernier est souvent une pièce d'un sous-ensemble. C'est donc une matière de base sélectionnée en raison de propriétés particulières et mise en œuvre en vue d'un usage spécifique. La nature chimique, la forme physique (phases en présence, granulométrie et forme des particules, par exemple), l'état de surface des différentes matières premières, qui sont à la base des matériaux, leur confèrent des propriétés Particulières. On distingue ainsi quatre grandes familles de matériaux [3].

II.2.2 Principe :

Pour construire de manière durable, il est essentiel d'adopter un modèle permettant de réduire, entre autres, la consommation d'énergie. Il faut par conséquent prendre en compte aussi bien le processus constructif dans son ensemble que le cycle de vie du bâtiment :

- Choix de l'emplacement du bâtiment selon des critères environnementaux et durables.
- Optimisation de l'utilisation de l'énergie et des matériaux, plus particulièrement de l'eau.
- Gestion responsable des ressources : utilisation de matériaux recyclables et accent mis sur la réutilisation.
- Réduction de la consommation d'énergie.
- Gestion correcte des déchets et des émissions.
- Création d'un espace intérieur confortable et sain [4].

II.2.3 Comment choisir un matériau "durable" ?

II.2.3.1 sur base des enjeux environnementaux :

A. L'épuisement des ressources naturelles et la problématique des déchets :

- Du point de vue de la ressource :
 - ▶ Rationaliser : l'usage des matières premières (économie de matière)
 - _ Éviter les matières premières rares ou en voie d'épuisement
 - _ Privilégier les matières premières renouvelables (cycles courts) Privilégier des processus de transformation réduits (matériaux bruts)
 - _ La prise en compte de l'évolution du bâtiment tout au long de son cycle de vie
 - _ La récupération, la réutilisation, le recyclage des matériaux
 - _ Les impacts des matériaux sur la santé humaine
 - _ L'essor des systèmes / outils / labels de reconnaissance environnementale
 - ▶ Refermer le "cycle des matériaux"
 - ▶ Notion de "bâtiment comme stock de matières"[5].

B. prise en compte de l'évolution du bâtiment Tout au long de son cycle de vie:

- Du point de vue du cycle de vie du bâtiment :
 - ▶ "Tous les matériaux n'ont pas la même affectation, les mêmes Sollicitations au sein d'un bâtiment"
 - › Notion de "hiérarchie constructive"

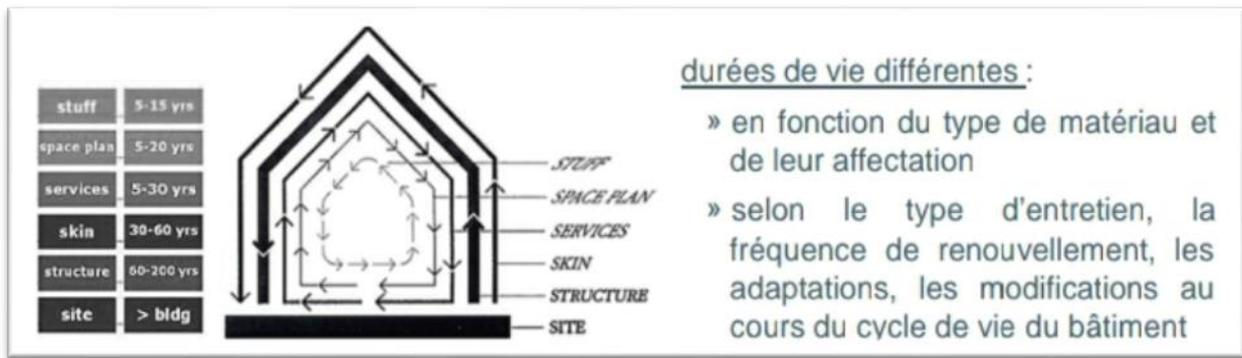


Figure 2.1: durées de vie différentes - Source: « How buildings learn », Stewart Brand, 1994

► Choisir des matériaux adaptés à leur durée de vie prévisible qui disposent du plus faible impact environnemental et sanitaire

– notamment pour les matériaux à faibles durées de vie et renouvellements fréquents (par ex. finitions)

C. La récupération, la réutilisation, le recyclage Des matériaux :

• Du point de vue du cycle de vie du matériau...

► Concevoir pour déconstruire et valoriser (et non pour démolir et jeter)

► Notions de "réutilisation/recyclage" pour une fonction similaire:

– réutilisation/récupération sans processus de transformation

– recyclage pour les mêmes usages que les matériaux d'origine

– 'downcycling' ou recyclage avec perte de qualité : pour des usages moins

'nobles' que les matériaux d'origine

► Tendre vers le cycle de vie des matériaux le plus 'noble'

– Voir la présentation de Lionel Billet (ROTOR)[5].

D. Les impacts des matériaux sur la santé Humaine :

• Du point de vue de leur impact sur la santé humaine :

► Prendre en compte la santé des occupants et des travailleurs

(Fabrication / mise en œuvre)

Historiquement, concentrations/teneurs max. dans les matériaux:

– par exemple, pour les panneaux dérivés du bois (EN13986), pour les Peintures et vernis (directive européenne 2004/42/CE), etc.

– MAIS différence entre teneur (en /g ou /kg ou /l) >< émissions réelles> puis, seuils d'émission par produit (par m³ d'air) Limitation des émissions des matériaux dans l'ambiance intérieure Au niveau belge :

– Arrêté royal du 08 mai 2014 : niveaux seuils pour les émissions dans L'environnement intérieur de produits de construction [5].

E.L'essor des systèmes / outils / labels de

Reconnaissance environnementale :

- Liés à la performance énergétique des bâtiments...

- Augmentation des exigences de performance énergétique des bâtiments Tendance à l'augmentation de l'utilisation de matériaux, notamment De l'isolation thermique Part de l'impact des matériaux de plus en plus important.

- Liés à l'essor des systèmes de reconnaissance des

Bâtiments 'durables'

- Augmentation des démarches d'évaluation, de labellisation et de

Certification des battements [5].

II.2.3.2 Une démarche multicritères:

La description détaillée des différents états que traverse le matériau au cours de son cycle de vie renseigne sur les réalités à prendre en compte dans la démarche de conception architecturale. On comprend que le choix des matériaux et des techniques constructives lors de la conception de l'édifice doit satisfaire à des attentes aussi diverses que la réponse à des données physiques, environnementales ou financières, mais aussi à des aspirations de nature humaine, sociale et culturelle. Ce choix s'effectue avec une démarche multicritères basée sur les caractéristiques des matériaux qui sont issues de leur processus de fabrication. Les matériaux sont évalués selon des points de vue différents Des normes et des critères pour réduire les impacts sur l'environnement et la santé humaine des matériaux et des produits sont développés et de plus en plus utilisés par les prescripteurs de produits pour prendre des décisions sur la manière leur utilisation.



Figure2.2 : Les critères de choix des matériaux.

Les bâtiments modernes sont généralement des structures uniques d'une grande complexité. Ils comprennent de nombreux composants, certains préfabriqués et assemblés sur site, tandis que d'autres, comme le béton, peuvent être fabriqués "in situ". Dans chaque cas, le fonctionnement satisfaisant du bâtiment dans son ensemble dépend de la performance des matériaux à partir desquels ses composants sont fabriqués et des relations entre eux. Le bon fonctionnement des matériaux dans les bâtiments nécessite donc une compréhension de leurs caractéristiques car ils affectent le bâtiment à tous les stades de sa vie. Avant d'évaluer la pertinence d'un matériau pour une situation donnée, les exigences de performance pour cette [6].

Situation doivent être identifiées. Ces exigences peuvent inclure:

A. La Construction :

Les constructeurs sont légalement tenus de "bien construire", ce qui inclut la responsabilité d'utiliser matériaux spécifiés de la bonne manière et d'identifier les défauts potentiels [6].

B. L'Entretien :

Bien que certains matériaux ne nécessitent pratiquement aucun entretien, la majorité d'entre eux nécessitent une forme de soins pendant leur vie. L'entretien efficace dépend de la façon dont les matériaux réagissent avec leur environnement au cours de leur durée de vie. À long terme, il peut être beaucoup plus coûteux d'entretenir certains matériaux si leur qualité initiales médiocre [6].

C. La réparation :

Un large choix de systèmes de réparation est maintenant disponible pour de nombreux matériaux. Une utilisation efficace et éclairée de tels systèmes dépend de la compréhension des processus de désintégration, de la façon d'arrêter la dégradation et de la façon dont les matériaux de réparation interagissent avec les matériaux d'origine. L'aptitude à l'usage : Les matériaux sont normalement spécifiés par un standard de qualité, soit un standard ou une norme européenne, ou une norme.

D. Le Coût :

Le coût du projet est toujours pris en compte dans la spécification et la sélection des matériaux. Si un projet dépasse le budget, les spécifications des matériaux sont remplacées par des spécifications de moindre qualité afin de réduire les dépenses. La qualité a également une relation avec le coût. Les matériaux de qualité supérieure coûtent plus cher, mais s'ils peuvent être accordés au stade initial, cela permettra d'économiser de l'argent à long terme [6].

II.2.4 Les familles de matériaux :

II.2.4.1 Matériaux métalliques :

Les métaux sont obtenus à partir de minéraux et par des procédés de fusions (passage d'un corps solide à l'état liquide sous l'action de la chaleur) et de purifications, on les transforme en métal. Déjà en 5000 av. J.-C., les hommes avaient découvert des techniques pour extraire le cuivre de certaines roches dans leur milieu. De 3000 av.-C, on utilisait le bronze et en 1400 av.-C, on utilisait le fer les métaux ne s'utilisent rarement à l'état pur, on utilise plutôt des Mélanges de différents métaux, que l'on appelle alliage pour obtenir des propriétés différentes. Un alliage est destiné à améliorer les propriétés mécaniques et/ou chimiques des métaux.

II.2.4.2 Matériau composite :

Le matériau composite ou composite est un assemblage d'au moins deux matériaux non miscibles (qui ne peuvent être mélangés). Le nouveau matériau ainsi constitué possède des propriétés que les éléments seuls ne possèdent pas. Il est constitué d'une ossature appelée renfort qui assure la tenue mécanique et d'une protection appelée matrice qui est généralement une matière plastique et qui assure la cohésion de la structure et la retransmission des efforts vers le renfort [7].

II.2.4.3 Matériaux organique :

Un matériau organique est une substance d'origine végétale ou animale, par exemple le bois, le papier, la laine, les matières plastiques (dérivées du pétrole). La plupart de ces matériaux sont combustibles. On dit qu'une matière est combustible lorsqu'elle peut prendre feu et brûler. Un matériau organique est un matériau qui contient du carbone. Le bois, les végétaux, le charbonne pétrole, les êtres vivants possèdent tous cet élément chimique. Ces exemples sont dits d'origine naturelle car ils ont tous été créés dans la nature. Les diamants et le graphite sont des formes de carbone pur [7].

II.2.5 Les matériaux bios sources :

Les matériaux bio sources sont issus de matières organiques renouvelables, d'origine végétale Ou animale. Ils peuvent être utilisés comme matériaux de construction dans un bâtiment, pour Réaliser du mobilier fixe ou encore être incorporés dans des produits de décoration1. On les Distingue des

matériaux géo sources, qui proviennent de ressources non renouvelables à court Terme (pierre ou terre crue). Ils disposent de nombreuses propriétés qui en font des matériaux de choix. D'un point de vue Déphasage ou isolation phonique et thermique, ils peuvent être plus performants que des Matériaux synthétiques ou chimiques. De même, ils peuvent être utilisés lors d'opérations de Rénovation du bâti ancien puisqu'ils laissent davantage respirer les murs. Ils apportent ainsi un meilleur confort, une qualité de l'air supérieure et permettent de faire des économies d'énergie grâce à une isolation plus qualitative [8].

II.2.5.1 TYPEDES MATÉRIAUX BIOSOURCÉS :

A. Canvre :



Photo 2.1 chanvre construction : 6 choses à savoir cet éco matériaux, la source : [9].

Filières :

La France est le premier cultivateur de chanvre d'Europe et le second producteur mondial après la Chine. Planète Chanvre, composante de la filière chanvre, est 100 Française et représente 1 200 hectares de culture. Elle dispose d'une usine à proximité des producteurs qui transforme chaque année plus de 7 000 tonnes de paille de chanvre Les six chanvrières françaises permettraient de produire 40 000 tonnes de béton et mortier par an .En 2020, la capacité annuelle de production française sera de 32900m de façades.

Usage :

- Béton et mortier sous forme d'enduit et de bloc à façonner (granulats de chanvre mélangés à des liants)
- Isolation thermique et/ou phonique, sous forme de laine et granulats

Avantages, inconvénients et cycle de vie :

Avantage :

- Le chanvre est une plante à croissance rapide et annuelle, ce qui en fait une ressource facilement renouvelable.
- Bonne régulation de l'humidité et de la température : particulièrement adapté à la rénovation.
- Déphasage thermique élevé de 8 h environ, dû à une forte inertie.
- Très léger : un m3 de béton de chanvre pèse en moyenne 400 kg, soit 6 fois moins que le béton armé.
- Très résistant : durée de vie théorique de 100 ans.

Inconvénients :

- concurrence de l'utilisation des terres pour l'agriculture.
- Non résistant à la compression Le béton de chanvre est fabriqué sans ciment, sans adjuvant ni résine Synthétique. Il possède donc une empreinte carbone très faible. Les émissions sur le cycle de vie du béton de chanvre sont de 0,89 kg eqCO2/m2 [10].

B. Paille :



Photo 2. 2 la paille comme matériaux de construction écologique, la source : [11].

Filières : Jusqu'alors, la paille était essentiellement utilisée pour de l'auto-construction et pour des chantiers participatifs. Aujourd'hui, de plus en plus de professionnels y ont recours, incités par la parution de règles professionnelles. Le COLLECT'IF Paille francilien œuvre au développement de l'utilisation de la paille dans la construction en Île-de-France.

Le Réseau Français de la Construction Paille (RFCP) estime que 280 tonnes de paille ont été utilisées dans la construction en Île-de-France en 2016 et 4 600 à l'échelle nationale. Cette tendance est à la hausse.

La production française permettrait de construire 300 000 bâtiments, soit la totalité des bâtiments construits en France chaque année

Usage :

_ Isolation thermique sous forme de torchis pour les murs, de chaume pour les toitures ou de panneaux de paille compressés

– Utilisation en bottes de paille pour construire des murs autoporteurs ou pour le remplissage d'une structure porteuse en bois.

Avantages, inconvénients et cycle de vie :

Avantage :

La paille provenant de l'ensemble des céréales (sauf le maïs) peut être utilisée dans la construction Pour une paroi isolée en paille, les émissions sur le cycle de vie sont de 9,63 kg e q CO₂ /m³ [12].

C. Résines bio polymères :

Filières :

Une large gamme de peintures bio sources est disponible.

En 2016, 17 références étaient recensées, fabriquées .

Principalement en France.

Usage :

Matière qui permet de fabriquer différents produits utilisés dans la Construction : peinture, matière plastique, adhésif, vernis ou textile.

Avantages, inconvénients et cycle de vie :

Avantage :

– Biodégradables

– La matière organique (mélasse de canne à sucre, amidon de pomme de terre, résine de betterave et déchet agricoles, chanvre, miscanthus...) remplace les composants synthétiques issus des énergies fossiles Les émissions sur le cycle de vie d'une peinture aqueuse NF environnement est de 0,29 kg e q CO₂/m² contre 1,04 kg e q CO₂/m² pour une peinture avec solvant [13].

D. Bois :



Photo 2.3 guides techniques des matériaux bio sources & géo sources, la source : [14].

Filières :

C'est donc la plus en mesure de répondre aux besoins démarchés. L'État soutient son développement pour augmenter l'utilisation du bois (encart page 12).

Usage :

- _ Béton de bois, fabriqué à 80 % de sciure de bois et à 20 % de ciment (qui permet une plus grande solidité et résistance) .
- _ Isolation : le bois est transformé en laine ou en fibre.

Avantages, inconvénients et cycle de vie :

Avantage :

- Ressource souvent locale.
- Délais de production et de mise en œuvre relativement courts.
- Facile à stocker car de faible densité.
- Isolation thermique et phonique.

Les émissions sur le cycle de vie du béton de bois sont de 5,8 kg équivalent CO₂/m² [15].

II.2.6 Les matériaux d'isolation :

Les matériaux d'isolation sont de différentes natures : les isolants synthétiques, minéraux et végétaux [16].

II.2.6.1 Les isolants synthétiques:

A. Le polystyrène :

Le polystyrène expansé : est obtenu à partir d'hydrocarbures (styrènes) expansés à la vapeur d'eau et au pentane ce qui lui confère une structure à pores ouverts. Le polystyrène extrudé : s'obtient de

la même manière, en y ajoutant un agent gonflant qui lui confère une structure à pores fermes avec une meilleure résistance à la compression et à la vapeur d'eau (préférable pour une utilisation en milieu humide).

Il est largement utilisé et se trouve dans le commerce sous forme de vrac, de panneaux nus et composites. Le polystyrène extrudé a de meilleures performances thermiques mais coûte plus cher que le polystyrène expansé.

II.2.6.2 Les isolants minéraux :

A. Les laines minérales :

Elles ont un bon comportement au feu et sont imputrescibles mais se tassent au cours du temps. Elles sont dégradables par les rongeurs. Elles sont perméables à l'eau mais perdent leurs performances thermiques à l'humidité.

B. La perlite et la vermiculite :

Le papier est débarrassé de ses fibres, réduit en flocons et additionné d'agents de texture et d'agents ignifugeants.

Ce matériau est d'une grande disponibilité, demande peu d'énergie à la fabrication.

Concernant l'impact sanitaire, il existe des doutes sur la bio-persistance des fibres et

sur les risques d'inflammation pulmonaire. Des dégagements de poussières peuvent

avoir lieu lors de la mise en œuvre du vrac. En cas d'incendie, il n'y a pas d'émission de gaz toxique.

C. La laine de lin :

Le lin est une plante dont les fibres courtes, non utilisées dans l'industrie textile, présentent de bonnes qualités isolantes. Elles sont traitées avec des sels minéraux, cardées puis thermo-liées avec des fibres de polyester pour former la ouate. C'est une ressource renouvelable, réutilisable, qui demande relativement peu d'énergie à sa fabrication. Elle ne présente aucun risque pour la santé et ne dégage pas de gaz toxique en cas d'incendie [16].

II.3 CONCLUSION :

L'utilisation de matériaux naturels respectueux de l'environnement, améliore le confort et la qualité de l'air interne des bâtiments. Ayant aussi des bonnes qualités hygrométriques, acoustiques et visuelles, ils assurent un confort supplémentaire dans la construction. D'autre part, la bio source apporte aussi un bien-être en hiver et en été, grâce aux multiples propriétés thermiques et isolantes de ces matériaux. Les matériaux utilisés dans les projets de construction, ont un rôle majeur à jouer dans la réduction de cet impact sur notre écosystème. Et à l'ère du développement durable et d'une volonté de respecter l'environnement, le bio source semble être une vraie solution.

Référence :

- [1]. J. Strand, L. Baissai, E.Johansson, S. Laid, H. Matériau thermiquement isolants, béton mousse panneaux engaine de bois. CNERIB Algérie & LCHS Suède, rapport 2de séminaire1994
- [2].P Dominique Gazin Muller, Architecture écologique, édition le moniteur nov. 2001P 108
- [3].MÉMOIRE DE MASTER Domaine : Sciences et Technologies Filière : Architecture et Urbanisme Spécialité : ARCHITECTURE ET ENVIRONNEMENT Réf. : Présenté et soutenu par : DRISS Hadale : samedi 20 juillet 201
- [4].<https://blog.synthesia.com/fr/la-construction-durable-quest-ce-que-cest-un-peu-dhistoire>
- [5]. Matériaux de construction durable, les dernières nouveautés. Découvrez les outils en cours d'élaboration et les nouveaux produits sur le marché29 janvier 2016
- [6].Mr .CHERIER Mohamed Kamal DOCTORA TENSCEIENCES Spécialité : Énergies Renouvelables, page 97
- [7]. DRISS Hadale : samedi 20 juillet 2019 MÉMOIRE DE MASTER Spécialité : ARCHITECTURE ET ENVIRONNEMENT.
- [8]. les matériaux durables pour le bâtiment état des lieux du bio source du réemploi en métropole parisienne mai2020
- [9].<https://www.maison-travaux.fr/maison-travaux/materiaux/fibres-naturelles-materiaux/chanvre/chanvre-construction-choses-a-savoir-cet-eco-materiau-251405.html#item=1>.
- [10].Rapport sur la filière Chanvre Construction, Inter Chanvre, Construire en Chanvre, 2017.
- [11].<https://www.systemed.fr/maconnerie-facades/choisir-paille-comme-materiau-construction-ecologique,6865.html>.
- [12].La paille : concurrences et complémentarité des usages en Île-de-France, LVaisman, IAU Île-de-France, 2018.
- [13].Recensement des produits bio sources disponibles sur le marché et identification des marchés publics ciblés, Direction générale des entreprises, ADEME, 2016.
- [14]. Ressources # CAUE MATÉRIAUX BIOSOURCÉS & GÉOSOURCÉS
- [15]. Le bois : concurrences et complémentarité des usages en Île-de-France, L. Vaisman, IAU Île-de-France, 2018.

[16].MEMOIRE Pour l'obtention du diplôme d'architecte Option : architecture et durabilité architecturale

Chapitre 3 :

Thermique du bâtiment et transfert chaleur

Chapitre 3 : thermique du bâtiment et transfert chaleur.

III.1 Introduction :

Une bonne conception du bâtiment est essentielle pour assurer le confort par l'utilisation judicieuse des dispositifs techniques, architecturaux et constructifs, apportant les Conditions thermiques les plus adéquats, tels que le type des protections solaires, inertie Thermique suffisante, orientation, ventilation naturelle, charge interne électrique faible en été. La prise en compte de ces techniques, dès la phase amont de la conception, garantit non Seulement le confort attendu mais évite le recours aux dispositifs actifs et qui seront couteux Pour rétablir le bien être des individus. Le confort thermique intérieur d'été de sa part, repose Sur des principes notamment de protection contre les rayons solaires directs, alors que la Stratégie nocturne s'appuie sur le principe de dissiper la chaleur emmagasinée dans la Structure. Selon Izard J.L : « L'architecte qui conçoit un bâtiment avec la volonté de maîtrise Les phénomènes thermiques qui s'y produisant en période chaude, a besoin d'informations Relatives à la conception globale, celle qui lui permet de figer les grandes lignes de son Projet » [1].

Dans ce chapitre, nous allons parler des déperditions thermiques, ponts thermiques, les modes de transfert de chaleur par conduction, convection et rayonnement rencontrés généralement dans le bâtiment.

III.2 Notions relatives à la thermique du bâtiment :

III.2.1 Thermique du bâtiment :

La thermique du bâtiment est l'ensemble des techniques visant à étudier les besoins énergétiques des bâtiments. Elle aborde principalement les notions d'isolation thermique et de ventilation afin d'offrir le meilleur confort thermique aux occupants [2].L'ensemble des parties d'un bâtiment est soumis aux transferts thermiques, qui sont des échanges de chaleur entre le milieu chaud et le milieu froid (généralement de l'intérieur vers l'extérieur).

III.2.2 Flux thermiques :

Le flux thermique est la quantité d'énergie thermique qui traverse une surface isotherme par unité de temps [3],Il s'exprime en watt (W).

$$\Phi = \frac{Q}{\Delta t}$$

La densité de flux thermique est le flux thermique par unité de surface. Elle s'exprime en watts par mètre carré (W/m² ou W m⁻²).

$$\varphi = \frac{\Phi}{S}$$

III.2.3 Le coefficient de transmission calorifique :

Le coefficient U (anciennement K), exprimé W/m².k, définit la déperdition thermique à travers Les matériaux unitaire ou globaux de la construction. Il indique la quantité de la quantité de chaleur qui traverse une paroi d'une température du fluide (dans notre cas, de l'air) entre l'intérieur et l'extérieur de 1°K. [4]

III.2.4 Capacité thermique :

La capacité thermique C_T d'un corps est définie par le rapport dQ/dT , où dQ représente l'énergie-chaleur nécessaire à Elever la température de ce corps de dT . Cette grandeur n'est pas complètement définie, à moins que le type de transformation soit spécifique. Les phénomènes traités par la physique du sol se déroulent, comme tous les phénomènes naturels, pression atmosphérique, c'est-à-dire dans des conditions de pression relativement constantes, si bien que la capacité thermique d'un corps, exprimée par unité de masse, est complètement définie par la notion de capacité thermique massique isobare C_P . Soit [5] :

$$C_T = \frac{dQ}{dt} \quad \text{J/K} \quad \text{Et} \quad C_P = \frac{C_T}{M} \quad \text{J/Kg.K}$$

La capacité thermique massique isobare représente la capacité d'emmagasinement de chaleur d'un corps, par unité de masse et de température. Elle dépend en réalité de la température, mais, dans la gamme de température que peuvent présenter les sols, ses variations restent négligeables [6].

III.2.5 Conductivité thermique :

la conductivité thermique λ , exprimée en W/m.k, est une caractéristique du matériau. Elle défunt le flux de chaleur exprimé en watt, qui traverse 1m^2 d'épaisseur d'un matériau. Quand la chute de température, dans la direction du flux de chaleur, équivaut à 1degré Kelvin ($1^\circ\text{C}=1^\circ\text{K}$; $0^\circ\text{C}=273,15^\circ\text{k}$ ou $^\circ\text{K}=-273,15$).[7].

Plus le coefficient λ est faible, plus le matériau est isolant.

Par ailleurs, l'efficacité d'isolation du matériau isolant s'accroît généralement avec l'augmentation de sa densité.

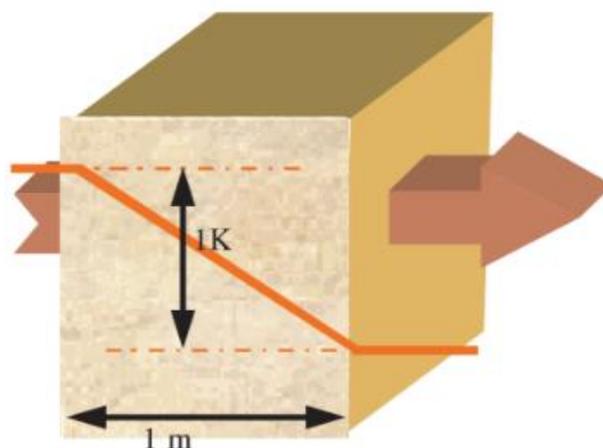


Figure 3.1 : Conductivité thermique source : [8].

Tableau3.1 : coefficient de conductivité thermique λ (en W/m.k) de divers gaz et matériaux a pression et température ambiantes.

Matériaux / gaz isolant		Autres matériaux	
Désignation	λ (W/m.K)	Désignation	λ (W/m.K)
Gaz carbonique (CO ₂)	0,016	Bois résine	0,12 à 0,16
Air	0,024	Béton cellulaire léger (ytong...)	0,12 à 0,27
Mousse polyuréthane (45 et 25 kg/m ³)	0,06 et 0,036	Panneau de particules bois	0,13 a 0,18
Phénol-formaldéhyde(40kg/m ³)	0,027	Bois feuillus	0,18 à 0,23
		Brique de terre cuite (700 et 1500 kg/m ³)	0,17 et 0,49
Polystyrène extrudé (45 et 10 kg/m ³)	0,027 et 0,037	Béton de granulats légers	0,23 à 0,46
		Sable sec	0,32
Laine de verre(65kg/m ³)	0,030	Plâtre + fibre (fermacell)	0,36
Polystyrène expansé (30 et 10kg/m ³)	0,032 et 0,055	Polyéthylène HD	0,39
Laine de roche (140kg/m ³)	0,032	Plâtre	0,48
Cellulose projetée (warmcell)	0,035	Sol sec	0,50 à 0,60
Urée formaldéhyde (25 kg/m ³)	0,035	Eau	0,60
Fibre de cellulose (100 et 20 kg/m ³)	0,035 et 0,043	Brique de terre cuite pleine	0,60 à ,70
Fibre végétale (80kg/m ³)	0,037	Parpaing en béton	0,85
Liège expansé (140 kg/m ³)	0,039	Béton	1,65 à 2,50
Feutre (250 kg/m ³)	0,039	Sol humide	2,30
Laine de chanvre	0,040	Acier inoxydable	15

Mousse de verre rigide	0,040 a 0,050	Acier doux	45
Perlite expansée (85 kg/m ³)	0,045	Laiton	80 à 100
Fibre de bois compressé	0,045	Aluminium	200
Brique de terre cuit alvéolaire avec remplissage polystyrène	0,08	Cuivre pur	388
Argile expansée	0,11		

III.2.6 Résistance thermique:

La résistance thermique R s'obtient en faisant le rapport de l'épaisseur du matériau

(En mètres) sur sa conductivité thermique λ :

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

Elle s'exprime en $m^2 K / W$. Plus la résistance thermique est grande, plus le matériau

s'opposera au passage de la chaleur. Elle est d'autant plus grande que l'épaisseur e

est grande et que la conductivité thermique λ est faible. [9].

III.2.7 Résistance surfacique :

La résistance thermique surfacique, appelée aussi coefficient d'isolation thermique surfacique [10], est la résistance thermique (en mode conduction, convection ou rayonnement) rapportée à une unité de surface. Elle s'exprime en mètre carré-kelvins par watt ($m^2 K W^{-1}$)

$$r_{th} = \frac{\Delta T}{\phi}$$

ΔT est la différence de température en °C ou en K. et ϕ est la densité de flux thermique en watts par mètre carré ($W m^{-2}$).

En thermique du bâtiment, on fait usage de la résistance thermique surfacique pour mesurer la résistance thermique d'une paroi (le transfert thermique s'y fait par conduction, convection et rayonnement) ou d'un matériau (le transfert thermique s'y fait par conduction).

III.2.8 Inertie thermique :

L'inertie thermique, est quantifiée par deux grandeurs physiques essentielles, la diffusivité thermique et l'effusivité thermique. Celles-ci sont fonction de :

- La conductivité thermique du matériau (λ)

- La capacité thermique massique du matériau (c)
- la masse volumique (ρ)

Appliquée à un matériau de construction, une paroi, un local ou un bâtiment, la capacité thermique représente la quantité de chaleur que ceux-ci emmagasinent lorsque leur température augmente d'un degré. Cette quantité est Dans une pièce revêtue intérieurement d'une couche d'isolant ou une cloison de doublage légère, l'inertie thermique est faible. Il suffit de peu de temps pour réchauffer l'air de la pièce, ce qui est un avantage. Par contre, en été, le moindre rayon de soleil fait monter la température brutalement et cette dernière Baisse aussi vite qu'elle a montée lorsque le soleil disparaît. La sensation D'inconfort est nette. L'utilisation de murs massifs intérieurs et une isolation extérieure permettent D'augmenter l'inertie thermique et de réduire les variations de température. La capacité thermique volumique et la masse volumique sont renseignées dans Les spécifications techniques des matériaux entrant dans la construction des Bâtiments.[11].

III.3 Isolation thermique :

L'isolation thermique est la propriété que possède un matériau de construction pour

Diminuer le transfert de chaleur entre deux ambiances. Elle a pour but de protéger les Bâtiments et leurs occupants contre les effets de variations de températures et des conditions Atmosphériques ainsi que de l'humidité [12]. Généralement, ces matériaux, dits isolants Thermiques d'origine minérale, végétale, organique ou hétérogène.

L'isolation thermique permet à la fois de réduire les consommations d'énergie de Chauffage et/ou de climatisation et d'accroître le confort thermique. D'après la norme Française NF P 75-101, l'appellation "isolant thermique" dans le bâtiment est réservée aux produits dont la résistance thermique est au moins égale à $0,5 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$, et dont le rapport de L'épaisseur par sa résistance thermique (conductivité thermique λ) est au plus égal à $0,065 \text{ W}/\text{m}\cdot\text{K}$ [13]. **Figure 3.2** présente en pourcentages indicatifs les pertes de chaleur d'une maison traditionnelle non isolée.

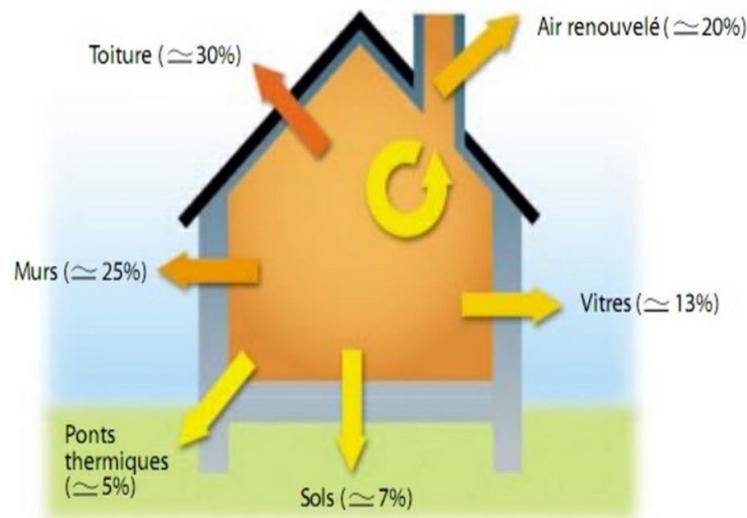


Figure3.2: Ensemble des déperditions thermiques d'une maison non isolée, source : ADEME Graphies

III.3.1 But de l'isolation thermique :

Le but de l'isolation thermique dans les bâtiments est de maintenir un climat Intérieur confortable et hygiénique à basse température ambiante. Une quantité Minimale d'isolation thermique est requise pour protéger les éléments de construction contre les chocs thermiques et les dommages liés à l'humidité. L'objectif principal de l'isolation thermique en hiver est la conservation de l'énergie entraînant une diminution de la demande de chauffage et donc la protection de l'environnement. Cet objectif doit être pris en compte dans les nouveaux bâtiments ainsi que dans la rénovation du parc immobilier. Les stratégies pour atteindre cet objectif sont l'utilisation de matériaux de construction à faible conductivité thermique et l'installation de fenêtres avec de faibles valeurs U d'un côté et éviter les ponts thermiques et l'infiltration incontrôlée également. Outre le but mentionné ci-dessus, l'isolation thermique joue un rôle majeur dans la prévention de la surchauffe estivale des bâtiments en réduisant la transmission du rayonnement solaire, absorbé par les surfaces extérieures des bâtiments. Les valeurs les plus basses des éléments non évacués réalisables sont celles de l'air immobile. Par conséquent, le principe de base dans le développement de matériaux isolants consiste à enfermer le plus possible d'air immobile dans la structure du matériau tout en respectant la stabilité structurelle requise. [14]

III.3.2 Les techniques de pose de l'isolation :

La technique de pose de l'isolation peut se faire en interne ou en externe.

a- L'isolation par interne :

La technique d'isolation d'intérieur consiste à isoler une maison à partir de l'intérieur. Le choix de la technique utilisée peut ou non avoir un impact sur la surface habitable de la maison. Par exemple, La technique par application directe consiste à coller directement la matière isolante sur le mur

intérieur. Il en va de même pour l'isolation projetée. Celle-ci se compose généralement de ouate de cellulose (matière isolante végétale). [15]

b- L'isolation par extérieur :

Elle permet d'isoler la maison à partir de l'extérieur avec une couverture composée de matière isolante. C'est une technique généralement utilisée au cours d'une rénovation intégrale. Elle peut aussi concerner un ravalement de façade. Mais pour cela, il est important de consulter la commune au sujet des règles d'urbanismes, car les lois relatives à la construction écologique ne sont pas les mêmes selon les communes et le lieu.[15]

c- Isolation répartie :

Isolation assurée exclusivement par l'épaisseur de la partie porteuse de la paroi(ex : blocs à perforations verticales en terre cuite, blocs en béton cellulaire).[16]

III.4 Ventilation :

La ventilation permet d'introduire l'air neuf et d'extraire l'air vicié, de diluer et d'évacuer les polluants à l'origine de ces problèmes : odeurs, fumées produits de combustion, produits toxiques, vapeur d'eau, gaz carbonique, et poussières. La ventilation n'est cependant pas qu'une question du renouvellement de l'air. Elle est également utilisée pour augmenter la température intérieure ou la diminuer, ou pour créer une sensation de fraîcheur en période chaude. Ce chapitre décrit les différents types de ventilation et une analyse bibliographique des études appropriée à la cheminée solaire [17]

III.4.1 La ventilation naturelle :

La ventilation naturelle est utilisée en approche bioclimatique pour fournir l'air frais nécessaire aux occupants pour leur santé, et de contrôler la température

Cette stratégie s'avère efficace à contrôler les surchauffes des bâtiments si ceux-ci sont bien conçus et si les conditions climatiques le permettent [18]. Il y a deux grands « moteurs » de la ventilation naturelle :

Le vent : Une façade exposée au vent est en surpression, un renouvellement d'air proportionnel au carré de la vitesse du vent se produit.

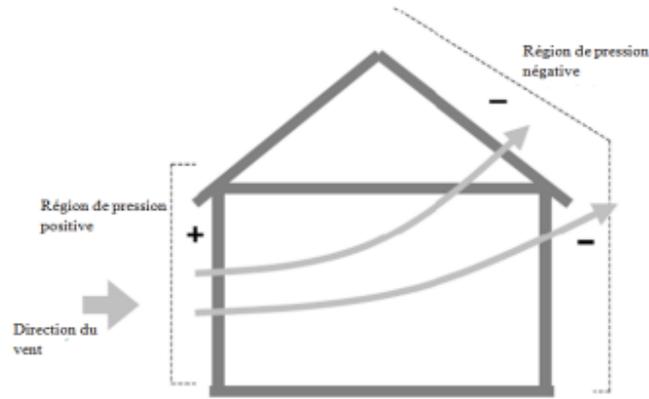


Figure3.3: Action du vent sur les bâtiments [21]

Le tirage thermique: La dépression qui génère les mouvements d'air est créée par la différence de masse volumique de l'air plus ou moins chaud. « L'air chaud attendance à monter » (Figure3.4). Si on prévoit des ouvertures en partie basse pour introduire d'air extérieur dans un espace à rafraîchir, et des ouvertures en partie Haute pour laisser l'air s'échapper, il se produit un renouvellement d'air par effet de cheminée.

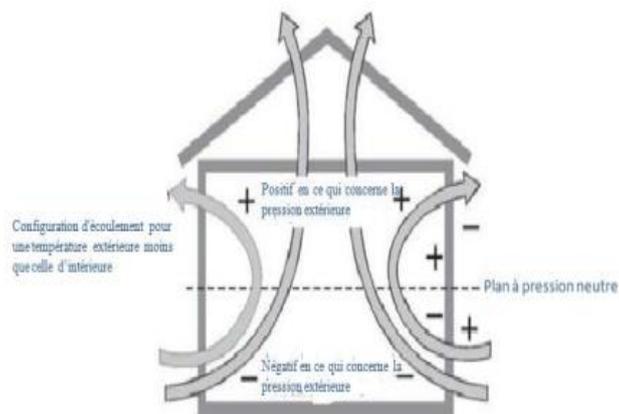


Figure3.4: Effet du tirage thermique dans les bâtiments(19).

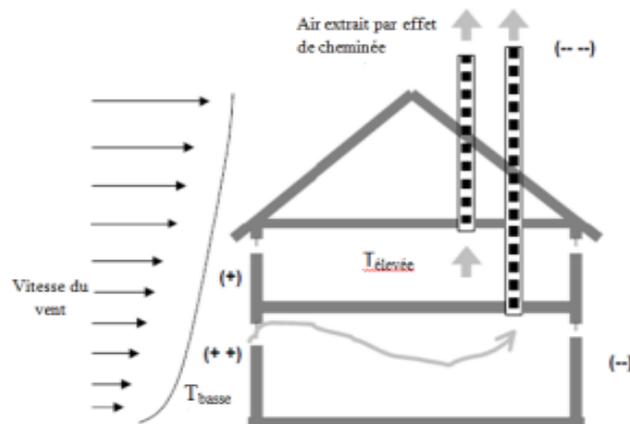


Figure:3.5 Effets combinés du vent et du tirage thermique(19).

III.4 .2 La ventilation hybride :

La ventilation hybride est un système qui combine à la fois les stratégies passives De la ventilation naturelle et les moyens actifs de la ventilation mécanique pour maintenir, Un environnement confortable. Selon les conditions météorologiques disponibles, le Système de ventilation du bâtiment échange entre les modes passif et mécanique de Manière à assurer constamment une ventilation et un refroidissement des espaces adéquat Tout en minimisant la consommation énergétique.[20]

III.5 Confort thermique :

Le confort est une notion globale: chaleur et froid, lumière, bruit, paysage, eau, verdure, prestige.... et autre, sont autant d'éléments définissant plusieurs paramètres climatiques, esthétiques, psychologiques du confort. Le confort est également la sensation subjective qui n'existe pas en lui-même [21]

III.5.1 Type confort thermique :

Le confort respiratoire :

La bonne qualité d'air intérieur traduit par la ventilation est importante pour les processus métaboliques et pour l'hygiène de chacun. La ventilation et la réduction des pollutions à la source sont les garantes d'une meilleure respiration et d'une meilleure santé [22]

L'indicateur de la qualité de l'air est donné dans certaines études par la concentration en dioxyde de carbone [23]. Il a été établi une plage de concentrations de dioxyde de carbone correspondant à une qualité d'air acceptable. Le dioxyde de carbone est produit par la respiration humaine, et sa concentration ne peut être réduite de façon significative que par une ventilation naturelle, ou artificielle suffisante. Le degré de ventilation nécessaire pour maintenir une faible teneur en dioxyde de carbone à l'intérieur permet également de réduire les concentrations d'autres polluants intérieurs et d'améliorer la qualité générale de l'air à l'intérieur.

Facteur	Source
Température et taux d'humidités extrêmes	<ul style="list-style-type: none"> • Emplacement inadéquat des thermostats. • Mauvaise régulation de l'humidité. • Incapacité du bâtiment à compenser les changements climatiques extrêmes. • Equipement et procédés ajoutés par les occupants.
Dioxyde de carbone	<ul style="list-style-type: none"> • Respiration humaine. • Combustion de combustibles fossiles (p. ex. chaudières au gaz et à l'essence, dispositifs de chauffage).
Monoxyde de carbone	<ul style="list-style-type: none"> • Gaz d'échappement des automobiles. • (garage, quais de chargement, prises d'air). • Combustion, fumée de tabac.
Formaldéhyde	<ul style="list-style-type: none"> • Panneaux de contreplaqué ou de particules non scellés. • Isolant d'urée-formaldéhyde. • Tissus, colles, tapis, meubles.
Particules	<ul style="list-style-type: none"> • Fumées, prises d'air, papier. • Isolant des conduites, résidus aqueux, tapis. • Ménages des locaux.
Composés organiques volatils (COV)	<p>Machines à copier ou imprimantes, ordinateurs</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tapis, meubles. • Produit de nettoyage, fumée, peintures. • Adhésifs, produits de calfeutrage. • Parfums, fixatifs pour cheveux, solvants.
Ventilation inadéquate (apport insuffisant d'air extérieur, débit et circulation de l'air insuffisant)	<ul style="list-style-type: none"> • Conception ou fonctionnement inadéquats du système • Mauvais aménagement des locaux • Dérèglement du système
Matière microbienne	<ul style="list-style-type: none"> • Matière humide et mouillées • Humidificateur, plateaux de drainage de condensat.

Tableau 3.2: Facteurs et sources influant sur la qualité de l'air [23]

Le confort visuel :

Un bon éclairage doit garantir à l'habitant qu'il puisse exercer ses activités le plus Efficacement possible, en assurant son bien-être et en lui apportant un certain agrément Visuel. L'environnement visuel doit permettre de voir les objets nettement et sans fatigue dans une ambiance colorée agréable.[22]

Le confort visuel peut se définir à partir des conditions d'éclairage, naturel et/ou artificiel, satisfaisantes pour permettre l'activité de l'utilisateur. Cela implique un éclairement lumineux suffisant, une absence d'éblouissement, ainsi qu'un bon rendu des couleurs.

Nous prendrons en compte les deux paramètres suivants :

- L'optimisation de l'utilisation de la lumière naturelle autorisée par l'orientation et les ouvrants vitrés des pièces, paramètres exprimés par le facteur de lumière du jour Ce facteur est le rapport de l'éclairement uniformément réparti reçu au point de Mesure dans la pièce sur l'éclairement mesuré à l'extérieur (en plein jour au mêmeInstant de mesure). Il est exprimé en pourcentage.
- le pourcentage des locaux éclairés artificiellement au niveau conseillé (ou plus) par les réglementations en vigueur. [23]

III.6 Mode de transfert chaleur :

Le transfert thermique peut être défini comme la transmission de l'énergie d'une région à une autre sous l'influence d'une différence de température. Il est habituel, dans l'étude des transferts thermiques, de distinguer trois grandes parties se rattachant chacune à un mode de transfert particulier de la chaleur. La conduction, la convection et le rayonnement. Chacun de ces modes étant lui-même lié à un processus physique bien déterminé. En effet, comme l'énergie thermique d'un milieu matériel correspond à l'énergie cinétique de ses constituants fondamentaux ayant une certaine liberté de mouvement (molécules, atomes, électrons libres, ...), ceux-ci pourront échanger tout ou une partie de leur énergie thermique, c'est-à-dire gagner ou perdre l'énergie cinétique:

- Soit par interaction directe avec les particules voisines (choc de molécules par exemple), ce qui correspond à la conduction.
- Soit par absorption ou émission de radiations électromagnétiques, ce qui correspond au rayonnement.

Enfin dans le cas d'un gaz ou d'un liquide, on considère également, mais cette fois à l'échelle macroscopique, comme un mode de transfert de chaleur appelé convection, les échanges résultants du déplacement des diverses parties d'un fluide à des températures différentes.

La conduction :

C'est le transfert de chaleur au sein d'un milieu opaque, sans déplacement de matière, sous l'influence d'une différence de température. La propagation de la chaleur par conduction à l'intérieur d'un corps s'effectue selon deux mécanismes distincts: une transmission par les vibrations des atomes ou molécules et une transmission par les électrons libres.[24]

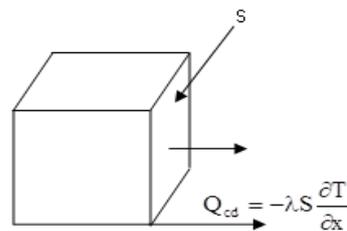


Figure (3.6) : le transfert par conduction.

La théorie de la conduction repose sur l'hypothèse de Fourier: la densité du flux est proportionnelle au gradient de température : $\vec{Q} = -\lambda \text{grad}(T)$

Ou sous forme algébrique : $Q_{cd} = -\lambda S \frac{\partial T}{\partial x}$

Q_{cd}: flux de chaleur transmis par conduction. (W).

λ : conductivité thermique du milieu. (W m⁻¹K⁻¹).

x: variable d'espace dans la direction du flux. (m).

S: aire de la section de passage du flux de chaleur. (m²).

La convection :

La convection est un mode de transport d'énergie par l'action combinée de la conduction, de l'accumulation de l'énergie et du mouvement du milieu. La convection est le mécanisme le plus important de transfert d'énergie entre une surface solide et un liquide ou un gaz. Le transfert d'énergie par convection d'une surface dont la température est supérieure à celle du fluide qui l'entoure s'effectue en plusieurs étapes. D'abord la chaleur s'écoule par conduction de la surface

aux molécules du fluide adjacentes. L'énergie ainsi transmise sert à augmenter la température et l'énergie interne de ces molécules du fluide. Ensuite les molécules vont se mélanger avec d'autres molécules situées dans une région à basse température et transférer une partie de leur énergie. Dans ce cas l'écoulement transporte le fluide et l'énergie. L'énergie est, à présent, emmagasinée dans les molécules du fluide et elle est transportée sous l'effet de leur mouvement. [25]

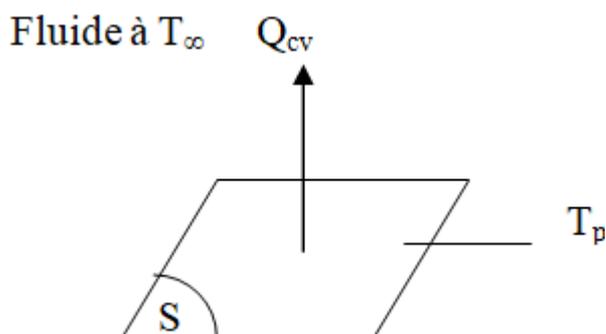


Figure (3.7) : le transfert par convection.

Ce mécanisme de transfert est régi par la loi de Newton :

$$Q_{cv} = h_{cv} S (T_p - T_{\infty})$$

Q_{cv}: flux de chaleur transmis par convection. (**W**).

h_{cv} : Coefficient de transfert de chaleur par convection. (**W m⁻² K⁻¹**).

T_p: Température de la surface du solide. (**K**).

T_∞: Température du fluide loin de la surface du solide. (**K**).

S: Aire de la surface de contact solide/fluide. (**m²**).

La valeur du coefficient de transfert de chaleur par convection **h_{cv}** est fonction de la nature du fluide, de sa température, de sa vitesse et des caractéristiques géométriques de la surface de contact solide/fluide.

a- Convection naturelle et convection forcée :

Selon la nature du mécanisme qui provoque le mouvement du fluide on distingue:

- La convection libre ou naturelle: le fluide est mis en mouvement sous le seul effet des différences de masse volumique résultant des différences de températures sur les frontières et d'un champ de forces extérieures (la pesanteur).

- La convection forcée: le mouvement du fluide est induit par une cause indépendante des différences de température (pompe, ventilateur...etc.). L'étude du transfert de chaleur par convection permet de déterminer les échanges de chaleur se produisant entre un fluide et une paroi.

b-Couches limites dynamiques et thermiques :

Quel que soit le régime d'écoulement, il demeure une sous-couche laminaire (couche limite dynamique) dont l'épaisseur est d'autant plus réduite que le nombre de Reynolds est grand. L'épaisseur de cette couche limite varie en fonction de nombreux paramètres : nature de la fluide température, rugosité de la paroi..... . L'analogie de Reynolds montre que le gradient thermique est particulièrement important au voisinage de la paroi, c'est à dire dans la sous-couche laminaire. Quel que soit le régime d'écoulement du fluide, on considère que la résistance thermique est entièrement située dans le film laminaire qui joue le rôle d'isolant thermique (couche limite thermique).

c-Calcul du coefficient d'échange par convection :

On exprime le flux thermique échangé par convection par:

$$Q_{cv} = h S (T_p - T_f)$$

h est appelée coefficient d'échange par convection. (W/m² K) Différence de la température de la paroi et du fluide.

En convection forcée, le coefficient d'échange **h** est indépendant de la différence de la température de la paroi et du fluide mais il dépend des grandeurs suivantes:

U_m: vitesse moyenne du fluide, **ρ**: masse volumique du fluide, **C_p**: chaleur spécifique du fluide: viscosité dynamique du fluide, conductivité thermique du fluide et **D**: dimension caractéristique de la surface d'échange

À partir de ces grandeurs, on définit les nombres sans dimension suivants :

$$\text{Nombre de Nusselt} : Nu = \frac{h D}{\lambda}$$

$$\text{Nombre de Reynolds} : Re = \frac{\rho U_m D}{\mu}$$

$$\text{Nombre de Prandtl} : Pr = \frac{\mu C_p}{\rho \lambda}$$

Les travaux expérimentaux étudiant le transfert de chaleur par convection dans une situation donnée fournissent leurs résultats sous forme de corrélations mathématiques pour les deux modes de convection (naturelle ou forcée).

Le nombre de Reynolds caractérise le régime d'écoulement du fluide.

Si l'écoulement est laminaire.

Si l'écoulement est intermédiaire.

Si l'écoulement est turbulent.

Le nombre de Prandtl caractérise les propriétés thermiques du fluide.

Nu le nombre de Nusselt caractérise l'échange thermique entre le fluide et la paroi.

Exemple: plaque verticale, oblique ou horizontale.

$$Nu = \frac{2}{3} Re^{0.5} Pr^{1/3}$$

$$Nu = \frac{0.036 Re^{0.5} Pr}{1 + 0.83 (Pr^{1/3} - 1)}$$

En convection naturelle, le mouvement du fluide est dû aux variations de la masse volumique du fluide provenant des échanges de chaleur entre le fluide et la paroi. Le fluide est mis en mouvement sous l'effet des forces d'Archimède car sa masse volumique est fonction de sa température. La convection forcée est négligeable si:

$$Nu = C (Gr Pr)^n \text{ Avec } Gr = \frac{\beta g \Delta T \rho^2 L^3}{\mu^2}$$

Si la convection est laminaire et donc $Gr Pr < 10^9$ et donc $n = 1/4$

Si la convection est turbulente et donc $Gr Pr > 10^9$ et donc $n = 1/3$

Exemple: plaque plane verticale ou horizontale de longueur L et de température uniforme.

Si la convection est laminaire $Nu = 0.53 (Gr Pr)^{1/4}$

Si la convection est turbulente $Nu = 0.104 (Gr Pr)^{1/3}$.

Le transfert par rayonnement :

Les corps émettent de l'énergie par leur surface, sous forme d'un rayonnement d'ondes électromagnétiques, et ce d'autant plus que leur température est élevée. Inversement, soumis à un rayonnement, ils en absorbent une partie qui se transforme en chaleur [26]. Le rayonnement est un processus physique de transmission de la chaleur sans support matériel. Ainsi, entre deux corps, l'un chaud, l'autre froid, mis en vis-à-vis (même séparés par du vide), une transmission de chaleur s'effectue par rayonnement du corps chaud vers le corps froid : le corps chaud émet un flux Φ_1 et absorbe une partie du flux Φ_2 émis par le corps froid. Comme $\Phi_1 > \Phi_2$, le bilan du flux est tel que le corps chaud cède de l'énergie au corps froid. A l'inverse, le bilan du flux peut être retrouvé sur le corps froid qui émet moins d'énergie qu'il n'en absorbe.

On définit:

- Coefficient d'absorption : $\alpha = \frac{\text{flux absorbé}}{\text{flux incident}}$
- Coefficient d'émission : ε
- Coefficient de réflexion : $\rho = \frac{\text{flux réfléchi}}{\text{flux incident}}$
- La conservation de l'énergie implique : $\alpha + \varepsilon + \rho = 1$

III.7 DEPERDITIONS THERMIQUES :

Les déperditions calorifiques sont égales au flux de chaleur sortant d'un local, ou d'un groupe de locaux, par transmission de chaleur à travers les parois et par renouvellement d'air, pour un degré d'écart de température entre l'intérieur et l'extérieur. Elles s'expriment en watts par degrés Celcius ($W^\circ C$) [27].

III.7.1 EXPRESSION GENERALE DES DEPERDITIONS :

III.7.1.1 Déperditions totales d'un logement :

Les déperditions totales D pour un logement, contenant plusieurs volumes thermiques, sont données par :

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

-Où D_i en ($W / ^\circ C$) représente les déperditions totales du volume i .

III.7.1.2 Déperditions totales d'un volume :

Les déperditions totales D_i d'un volume i sont données par:

$$D_i = (D)i + (DR)i \quad [W / ^\circ C]$$

Où : (en WC) représente les déperditions par transmission du volume.

III.7.1.3 Les déperditions thermiques d'une paroi :

Elles dépendent de la surface exposée vers l'extérieur, de la résistance thermique des matériaux et de la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur. Pour réduire les déperditions thermiques, il faut jouer sur ces 3 facteurs :

- Augmenter la résistance thermique des matériaux: c'est l'isolation et la réduction des ponts thermiques.
- Réduire la surface : construire compact expose moins de surface vers l'extérieur.
- Réduire la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur de la paroi :
 - En réduisant la température intérieure
 - Plus subtilement, en augmentant la température de surface à l'extérieur de la paroi:
 - ✓ En la protégeant des vents
 - ✓ En utilisant des couleurs de mur plutôt foncées pour absorber le rayonnement solaire
 - ✓ En recouvrant les abords de la maison de surfaces claires (graviers, dalles) qui renverront la chaleur du soleil contre les murs
 - ✓ En utilisant les pièces non chauffées comme espaces tampons (garage, cellier) [28].

III.8 Les Ponts thermiques :

Un pont thermique est une partie de l'enveloppe du bâtiment où la résistance thermique, par ailleurs uniforme, est modifiée de façon sensible par une absence ou une réduction locale de l'isolation thermique .Les ponts thermiques entraînent des déperditions de chaleur supplémentaires par rapport aux déperditions à travers les parois du bâtiment. Ces déperditions peuvent dépasser pour certains 40 % des déperditions thermiques totales à travers l'enveloppe .Un autre effet néfaste des ponts thermiques est le risque de condensation de vapeur d'eau en hiver du côté intérieur en conséquence de l'abaissement des températures superficielles au niveau de la fuite de chaleur [29].

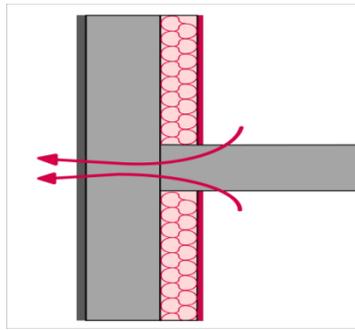


Figure 3.8: Pont thermique classique Source: Own work Date: 14 February 2013, 14:19:00

III.8.1 Types de points thermiques :

Il existe deux grands types de ponts thermiques :

a. Ponts thermiques des liaisons :

Ils se trouvent à la jonction de deux parois de l'enveloppe du bâtiment (mur toiture ou mur fenêtre), ou bien au niveau des changements de plan (vertical / horizontal).



Figure 3.9 : Ponts thermique de liaison Source : [30]

b. Ponts thermiques intégré :

Ils se trouvent au niveau de la surface d'une paroi à chaque interruption ou dégradation de l'isolation thermique. Dans les parois maçonnées en pierre par exemple, ils se trouvent au niveau des joints de mortier. L'impact des ponts thermiques intégrés doit être pris en compte dans le calcul de la résistance thermique R [$m^2.K/W$] ou du coefficient de transmission thermique U [$W/(m^2.K)$] de la paroi. [31]

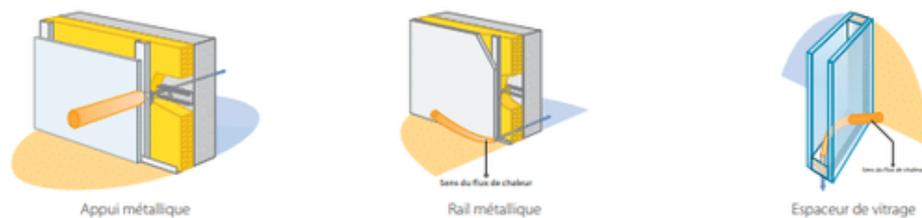


Figure 3.10 : Ponts thermiques intégrés [30]

III.9 Le bilan thermique :

Le bilan thermique est le diagnostic complet du bâtiment a pour objectif de déterminer la nature des améliorations à apporter pour réduire la consommation d'énergie, et ce bilan est réalisé par un spécialiste appelé "processeur thermique".

Le calcul d'un bilan thermique permet de connaître avec précision la quantité d'énergie qu'il faudra pour chauffer et refroidir un local afin de :

- Satisfaire les exigences de confort d'occupation,
- Assurer la conservation des bâtiments.

La justesse de ce calcul est primordiale non seulement pour le coût de l'installation, mais aussi pour son exploitation. Les éléments entrant en compte dans ce calcul sont nombreux, il faudra connaître la nature, l'exposition, la surface des murs, des parois vitrées, des plafonds, des sols, ces éléments étant multipliés par des coefficients variables selon l'altitude, le rayonnement solaire, la localisation géographique .D'autres éléments doivent être pris en compte comme le renouvellement d'air naturel ou mécanique, les divers ponts thermiques ainsi que les apports qui pondéreront le calcul par exemple l'éclairage, l'occupation humaine, les appareils ménagers...etc. [32]

III.10 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons présenté un aperçu général sur thermique du bâtiment qui étudie les besoins énergétiques des bâtiments. Elle aborde principalement les notions d'isolation thermique et de ventilation afin d'offrir le meilleur confort thermique aux occupants. Comme nous en avons parlé les modes de ternaire chaleur, L'ensemble des parties d'un bâtiment est soumis aux transferts thermiques, qui sont des échanges de chaleur entre le milieu chaud et le milieu froid (généralement de l'intérieur vers l'extérieur).

Référence :

- [1] IZARD Jean-Louis, architecture d'été : construire pour le confort d'été, édition EDISUD, Aix de Provence, France, 1993, p : 83.
- [2] LA THERMIQUE DU BÂTIMENT Du confort thermique au choix des équipements de chauffage et de climatisation auteur : Malek Jedidi Omrane Benjeddou
- [3] CLONED J., « Les matériaux isolants thermiques pour le bâtiment », Centre d'animation régional en matériaux avancés, Mai 2010.
- [4] Livre maison passive Géothermie et pompe à chaleur auteur : Lucien Schwartzberger page : 19.
- [5] Livre Physique du sol auteur : André Musy et Marc Soutter page : 150
- [6] Livre Physique du sol auteur : André Musy et Marc Soutter page : 151.
- [7] Livre maison passive Géothermie et pompe à chaleur auteur : Lucien Schwartzberger page : 18.
- [8] Livre Santé et qualité de l'environnement intérieur dans les bâtiments auteure : Claude-Alain Roule.
- [9] Guide Écoconstruction 2008 page : 11.
- [10] Michel Dubesset, Le manuel du Système International d'unités - Lexique et conversions, Éd. Technip, 2000.
- [11] Mémoire de Master Présenté à l'Université de Guelma Faculté des Sciences et de la technologie Département de : Génie Civil et Hydraulique Spécialité : Génie Civil Option : Conception et Calcul des Constructions Présenté par : Soudani Widad Khirouni Aïcha.
- [12] A. Bonhomme. isolation thermique des bâtiments. 4e édition mise à jour et augmentée. Ed. du moniteur, Paris 1979, p.24.
- [13] A. Merzeg la réhabilitation thermique de l'habitat contemporain en Algérie, mémoire de magistère, UMMTO, 2010.
- [14] Mr. CHERIER Mohamed Kamal THÈSE Présentée à la : FACULTÉ DES SCIENCES – DÉPARTEMENT DE PHYSIQUE Pour l'obtention du diplôme de : DOCTORAT EN SCIENCES Spécialité : Énergies Renouvelables Sur le thème L'UTILISATION PASSIVE DE L'ÉNERGIE SOLAIRE DANS LES HABITATS DE GHARDAÏA.

[15] Isolation Durable et Ecologique : techniques et avantages <https://maisons-durables.com/isolation-durable>.

[16] Règles Th-bat – Ponts thermiques Publié le 20 décembre 2017.

[17] Mémoire Présenté pour l'obtention du diplôme de MAGISTER Présenté par: AKCHICHE Zineb Thème : ÉTUDE DE COMPORTEMENT D'UNE CHEMINÉE SOLAIRE EN VUE DE L'ISOLATION THERMIQUE.

[18] Hugues Boivin, la ventilation naturelle développement d'un outil d'évaluation du potentiel de la climatisation passive et d'aide à la conception architecturale, maître èssciences (M.Sc.), université Laval Québec, (2007)

[19] J. Koffi, Analyse Multicritère Des Stratégies De Ventilation En Maisons Individuelles", Thèse De Doctorat, université de la rochelle, France, (2009

[20] Hugues Boivin, la ventilation naturelle développement d'un outil d'évaluation du potentiel de la climatisation passive et d'aide à la conception architecturale, maître ès sciences (M.Sc.), université Laval Québec, (2007).

[21] H. M'Sellem et D. Alkama, Le confort thermique entre perception et évaluation par les techniques d'analyse bioclimatique - Cas des lieux de travail dans les milieux arides à climat chaud et sec, Revue des Energies Renouvelables Vol. 12 N°3, pp. 471– 488 (2009).

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

[23] Céline Mandallena, Elaboration et application d'une méthode d'évaluation et d'amélioration de la qualité environnementale de bâtiments tertiaires en exploitation, Thèse doctorat l'université de Bordeaux, (2006)

[24] J.L.Barras « Cours de Physique ». Collège du Sud, Bulle. Avril 2001.

[25] C.Long&N.Sayma « Heat Transfer ». Chris Long, NaserSayma&Ventus Publishing APS ISBN 978-87-7681-432-8.2009.

[26] AdrianBejan et Allan D. Kraus « Heat Transfer Handbook » Department of Mechanical Engineering. Duke University. Durham, North Carolina. Publié par John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.2003

[27] Réglementation thermique des bâtiments d'habitation^ règles de calcul des déperdition calorifique^ (D.T.R C3-2). Page 19.

[28] Livre construire une maison bioclimatique ‘‘conception et détails de la mise en œuvre’’

auteur : FRANCK BULAND.

[29] GUIDE DES PONTS THERMIQUES Comprendre et évaluer l’impact des ponts thermiques rencontrés les plus fréquemment dans une maison en pierre naturelle.

[30] <https://hirschisolation.fr/les-ponts-thermiques-de-liaison-plancher-etmur/>

[31] GUIDE DES PONTS THERMIQUES Comprendre et évaluer l’impact des ponts thermiques rencontrés les plus fréquemment dans une maison en pierre naturelle page03.

[32] NJ.HABITAT Conseils & Travaux pour l'amélioration de l’habitat.

Chapitre 4 :

Simulation

Chapitre 04 : Simulation

IV.1 Introduction :

L'architecture bioclimatique est, une architecture qui cherche à tirer parti de l'environnement plutôt que de le subir, l'architecture bioclimatique insiste sur l'optimisation de la relation de l'habitation avec le climat, et cherche à assurer des ambiances confortables soit un équilibre entre la conception et la construction, son milieu (climat, environnement,...) ainsi que les modes de vie des habitants. Dans ce sens, Gérard Hégron commente que « La mise en relation des descriptions morphologiques et physiques d'un environnement architectural ou urbain avec les représentations cognitives des usagers explicite les spécificités d'ambiance d'un lieu» [1]. Donc une ambiance architecturale ou urbaine émerge de l'interaction entre l'environnement construit et les pratiques sociales. Elle est multidimensionnelle et dépend de plusieurs paramètres: paramètres physiques, émotionnels, psychologiques, esthétiques. Elle permet aussi de réduire les besoins énergétiques, de maintenir des températures agréables, de contrôler l'humidité et de favoriser l'éclairage naturel.

Le choix des matériaux est une étape fondamentale dans le processus de conception architecturale d'un bâtiment. Cette étape devient aujourd'hui prépondérante dans la mesure où l'architecte, en matière de choix, fait face à trois problématiques majeures: le foisonnement et la multiplication de nouvelles matières, le désir de dématérialisation engendrée par la séparation entre la structure du bâtiment et son enveloppe et le renforcement des exigences énergétiques, environnementales et sanitaires [2].

Toutes les Réglementations Thermiques de tout les pays portent à la fois sur les bâtiments résidentiels et tertiaires et visent à réduire les consommations d'énergie en agissant sur l'isolation des parois, la ventilation, le chauffage, les apports solaires, la climatisation, l'eau chaude et l'éclairage. Ces techniques s'inscrivent donc dans le programme de lutte contre l'effet de serre, un quart des émissions de gaz étant dû au chauffage des bâtiments et à la production d'eau chaude sanitaire. Périodiquement, un nouveau renforcement des exigences au niveau de la performance énergétique des bâtiments se traduit par une modification de la réglementation thermique et en particulier des coefficients de transmission thermique (valeur-U) pour les différents composants de l'enveloppe du bâtiment. Avec les renforcements des normes, les recherches au niveau de la thermique du bâtiment se sont accentuées, en particulier sur l'isolation thermique de l'enveloppe qui joue un rôle important dans la maîtrise de la consommation d'énergie [3]. En effet, une grande part des déperditions thermiques est liée aux pertes de chaleur à travers les murs, la toiture et le plancher et même les vitres (figure 5.1).

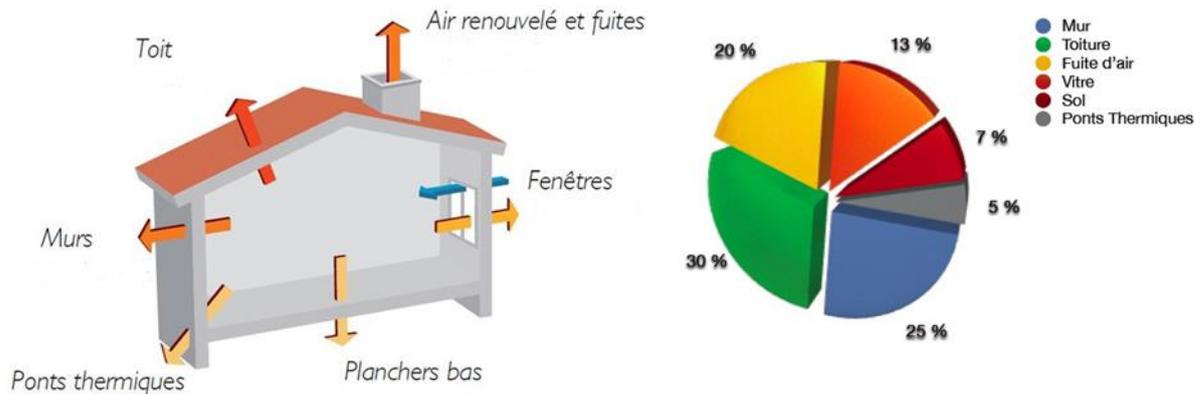


Figure (4.1) : Déperditions thermiques dans un habitat [4].

IV.2 Climat de la ville de Ghardaïa :

Le Sahara couvre près de 90% du territoire algérien. En termes de superficie, l'Algérie est considérée comme la première d'Afrique et la dixième au monde avec une superficie approximativement égale à 2 381 741 km². Elle comprend sept zones climatiques allant relativement de l'humide au très sec (semblable à un désert), parmi lesquelles le climat désertique représente la plus grande partie du pays. Le climat aride s'étend sur environ 95 % de la superficie totale du pays, alors que le climat tempéré chaud représente environ 5 %. Plus de 85% du climat aride est chaud et 5% peut être qualifié de climat steppique froid. Il convient de noter que, mis à part la zone climatique désertique, les autres zones climatiques se trouvent exclusivement dans la partie nord de l'Algérie.

IV.2.1 Situation géographique :

Ghardaïa se situe dans le centre-nord de la région du Sahara, à environ 600 km au sud de la capitale algérienne (Alger). Ses coordonnées géographiques selon le système longitude latitude WGS 84 sont :

- Altitude 480m ;
- Latitude 32°30' Nord ;
- Longitude 3° 45' Est.

La Wilaya de Ghardaïa est limitée :

- Au Nord par la Wilaya de Laghouat (200 Km) ;
- Au Nord Est par la Wilaya de Djelfa (300 Km) ;
- A l'Est par la Wilaya d'Ouargla (190 Km) ;
- Au Sud par la Wilaya de Tamanrasset (1370 Km) ;

- Au Sud- Ouest par la Wilaya d’Adrar (600 Km) ;
- A l’Ouest par la Wilaya d’El-Bayad (350 Km) ;

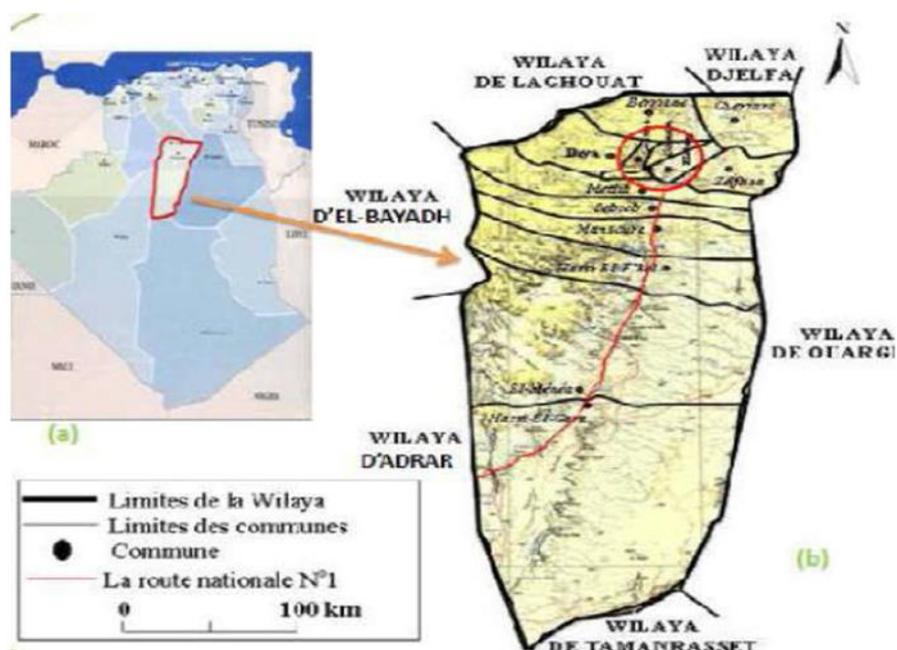


Figure (4.2) : Limites administratives de la wilaya de Ghardaïa.

IV.2.2 Conditions climatiques de Ghardaïa :

La région a un climat désertique, avec de l'air sec et parfois chaud, qui se caractérise par un long été, et un hiver doux, avec de courtes journées chaudes et des nuits froides. Ce climat reste dominé par la chaleur, la sécheresse et les fortes variations thermiques diurnes et annuelles [5].

Le fichier météo (*.epw ; Energy Plus Weather file) est essentiel pour exécuter les simulations, il comprend non seulement les valeurs du rayonnement solaire, température ambiante, vitesse et direction du vent, mais comprend aussi des informations propres au site de Ghardaïa comme la latitude, la longitude et l’altitude du lieu. Un ancien fichier de type TMY2 (TypicalMeteorologicalYear) pour le site de Ghardaïa qui a été utilisé par des études antérieures a été converti pour la simulation.

Mois	jan.	fév.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sep.	oct.	nov.	déc.	année
Température minimale moyenne (°C)	5,5	7,4	10,2	13,6	18,4	23,6	26,5	26,4	22,1	16,6	10,5	6,7	15,6
Température moyenne (°C)	10,9	13,2	16,3	20,1	25	30,4	33,5	33,1	28,3	22,4	15,9	12	21,8
Température maximale moyenne (°C)	16,3	19	22,3	26,5	31,5	37,2	40,4	39,8	34,5	28,2	21,3	17,3	27,9
Précipitations (mm)	8,2	4,8	8,7	6,8	4	2,5	0,7	3,1	11,4	7,3	12,1	5,4	75
Nombre de jours avec précipitations	2,6	1,7	2,5	1,7	1,8	1,4	0,8	1,1	2,8	2,4	2,8	2	23,6

Figure (4.3) : Données climatiques à Ghardaïa. Source: World Meteorological Organization (average temperatures and precipitation, 1976–2005)

IV.3 Choix des outils de simulation :

Le choix d'un outil de simulation peut être fait par référence à des facteurs suggérés par l'ASHRAE (1997) tels que ; la précision, sensibilité, vitesse et cout, facilité d'usage, reproductibilité, qualité des données livrées, et disponibilité des données météorologiques. Vu l'objectif de cette phase de notre étude, nous allons utiliser [6] :

- Sketch up.
- Energy Plus.

IV.3.1 Google Sketch Up :

Le bâtiment peut-être modélisé par Google Sketch Up, un logiciel de dessin gratuit capable de créer des modèles en trois dimensions. Grâce au plug-in Open Studio, il est possible d'exporter des fichiers créés sous Google Sketch Up (*.idf) dans Energy Plus mais aussi d'importer des fichiers créés sous Energy Plus (*.dxf) afin de les visualiser sous Google Sketch Up. On peut ainsi observer les différentes pièces sous différents angles. En résumé, Google Sketch Up offre une visualisation du bâtiment et les différents ombrages. La première étape consiste à modéliser ou importer la géométrie du bâtiment. Elle peut être réalisée de différentes manières:

- Création de la géométrie par dessin en 3D avec le module complémentaire Sketch Up de TRNSYS (génération d'un fichier *.idf),
- Création de la géométrie par dessin en 3D avec le module complémentaire Open Studio (génération d'un fichier *.osm ou *.idf),
- Importation d'un fichier *.ifc dans SketchUp avec le module complémentaire IFC Converter,
- Utilisation d'un convertisseur *.ifc à *.idf (en cours de développement par la NREL).

Google Sketch Up est un logiciel qui présente de nombreux avantages Notamment au niveau de la facilité d'utilisation de son interface de Présentation ainsi que les multiples opportunités offertes

pour la présentation du modèle. Sa versatilité en fait aujourd'hui un outil utilisé par de nombreux champs d'étude, il est possible de modifier l'affichage des différents volumes présents dans le monde 3D. Ainsi, il est possible de décider de rendre opaques ou transparents les volumes thermiques dessinés mais également de rendre opaques, transparents ou même invisibles les éléments d'environnement importés. L'ensemble de ces options est accessible dans le menu, en cochant les différentes options possibles. La deuxième étape consiste à passer du modèle géométrique au modèle énergétique par l'exportation de notre plan à EnergyPlus. Nous devons spécifier l'orientation de notre bâtiment par rapport au Nord [7].

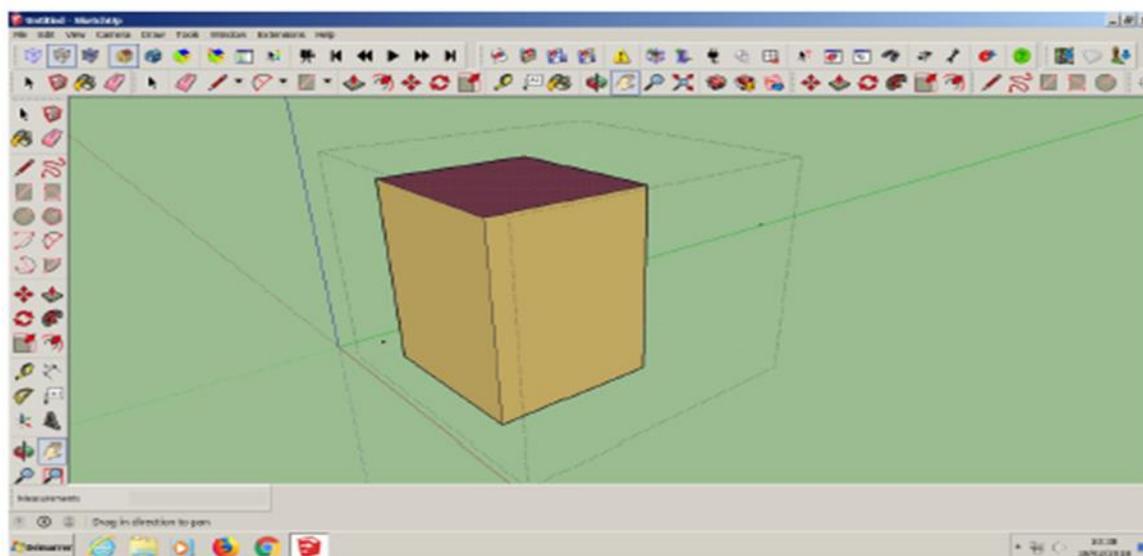


Figure (4.4) : Interface graphique de Google Sketch Up, Création d'un modèle 3D.

Par défaut, le Nord est confondu avec la direction de l'axe vert du repère absolu de l'application et a comme valeur 0° . Par défaut également, l'axe du Nord est non visible. Pour l'afficher, il faut aller dans le menu sur le bouton situé à droite de la fenêtre et on peut par la suite modifier les orientations. Avec l'apparition de Sketch Up, les informations géométriques seront centralisées et structurées dans un seul support, il présente une réelle opportunité pour effectuer automatiquement une passerelle entre la définition géométrique d'un projet et l'outil de simulation thermique dynamique [8].

IV.3.2 Energy Plus :

Energy Plus tient ses racines des logiciels BLAST et DOE-2 qui ont été développés et publiés à la fin des années 1970 et le début des années 1980 comme des outils de simulation thermodynamique. Destiné principalement aux ingénieurs designers, et aux architectes comme un outil d'aide à la décision durant les phases de conception ainsi que pour l'évaluation des performances des bâtiments. Créé et développé par le département d'énergie des E-U en 2001, Energy Plus inclut des fonctionnalités innovantes telles que le calcul à intervalles de moins d'une heure, modules de

simulation des systèmes qui sont intégrés à la simulation de bilan thermique par zone, simulation des flux d'air multizone, simulation d'énergie électrique, y compris les piles à combustible et autres systèmes d'énergie renouvelable, et le « water manager » qui contrôle et mesure l'utilisation de l'eau des systèmes du bâtiment, les précipitations et les eaux souterraines, dans les dernière version Energy Plus inclut aussi l'analyse de cycle de vie des bâtiments (US Département of Energy, 2014)[9].

La simulation d'un bâtiment peut se faire en plusieurs étapes comme il est représenté sur la figure 4.5 :



Figure (4.5) : Etapes de simulation d'un bâtiment avec Energy Plus.

a) Première étape : Création d'un modèle 3D dans Google Sketch Up

La création du bâtiment est la première étape d'une simulation énergétique. Ce processus peut être fait par exemple en insérant les coordonnées dans l'outil ou le logiciel comme dans Energy Plus (figure4.5) ou en téléchargeant des fichiers à partir d'autres modules, comme AutoCAD ou Google Sketch Up.

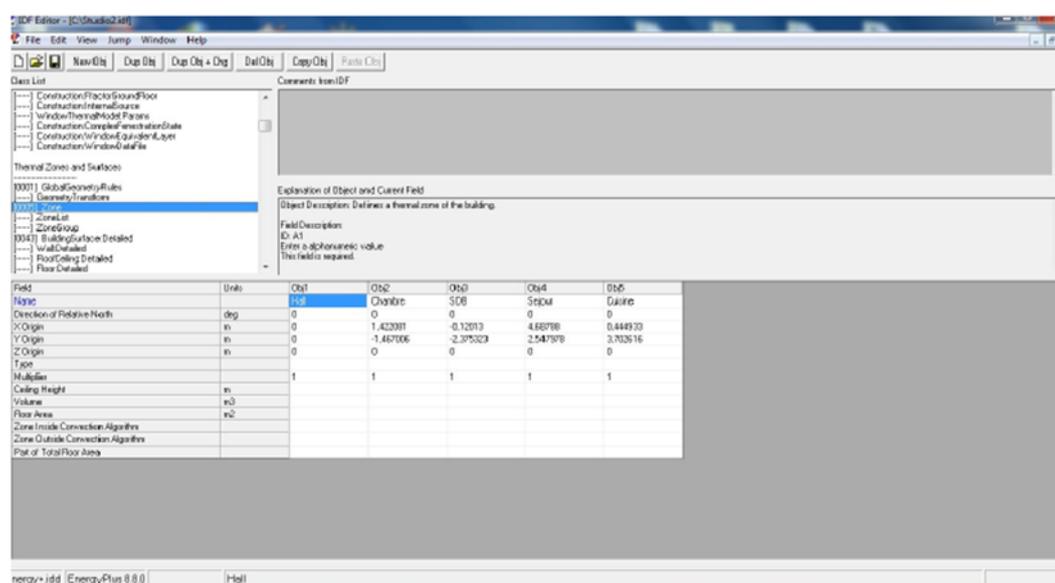


Figure (4.6) : Introduction des coordonnées d'une habitation dans l'option "Surface détaillée" d'EnergyPlus.

Après cette procédure, il est possible de voir la figure introduite dans l'outil via le bouton DXF (figure 4.6) qui se connecte à EnergyPlus et qui permet de l'afficher dans ce format. En ce qui

concerne la structure du bâtiment et sa construction, il est essentiel de préciser les dimensions de la structure organisationnelle, de la géométrie et des matériaux utilisés dans les composants de l'architecture du bâtiment[10] .

b) Deuxième étape : Simulation du bâtiment

EnergyPlus est une interface qui utilise le moteur de simulation et qui permet de mener aisément à bien des analyses sur la consommation d'énergie, le confort intérieur et le dimensionnement des équipements HVAC. Il offre à travers une interface graphique interactive (figure 4.7), la possibilité de simuler plusieurs types de systèmes HVAC couramment utilisés. De plus, les utilisateurs peuvent créer leur propre modèle de systèmes et indiquer le niveau de détail à toutes les étapes du processus de conception et produire les scénarios désirés[11] .

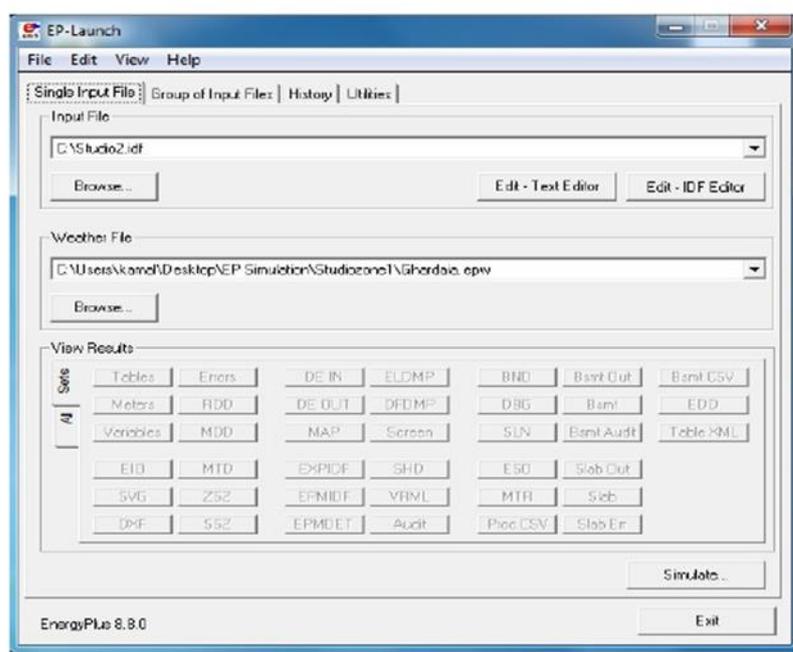


Figure (4.7) : Interface graphique d'EnergyPlus.

c) Troisième étape : Analyse des résultats

Après l'exécution de ce logiciel, il convient de vérifier s'il existe une erreur ou une discordance sévère introduite dans la console de variables. Dans tous les cas, l'outil de simulation publie ses propres avertissements dans un rapport final contenant les résultats et les erreurs y compris toutes les conclusions pertinentes pour le déroulement de l'exécution du programme comme le montre la figure 4.8.[10]

```
StudioZerr - Bloc-notes
Fichier Edition Format Affichage ?
Program Version, EnergyPlus, Version 8.8.0-7c3bbe4830, YMD=2018.02.19 10:02, IDD_Version 8.8.0
** Warning ** GetSurfaceData: world Coordinate System selected. Any non-zero Building/Zone North
** ~~~ ** These may be used in daylighting reference point coordinate calculations but not in
** Warning ** CalculateZoneVolume: 5 zones are not fully enclosed. For more details use: Output:t
** Warning ** CheckUsedConstructions: There are 1 nominally unused constructions in input.
** ~~~ ** For explicit details on each unused construction, use Output:Diagnostics,DisplayExtr
*****
Testing Individual Branch Integrity
*****
All Branches passed integrity testing
*****
Testing Individual Supply Air Path Integrity
*****
All Supply Air Paths passed integrity testing
*****
Testing Individual Return Air Path Integrity
*****
All Return Air Paths passed integrity testing
*****
No node connection errors were found.
*****
Beginning Simulation
*****
Simulation Error Summary *****
*****
*****
***** Final Error Summary *****
```

Figure (4.8) : Exemple d'un rapport d'erreur après l'exécution.

d) Programmes auxiliaires

Certains de ces programmes sont seulement disponibles ou seulement distribués pour certaines plates-formes. Généralement, les programmes sont disponibles sur la plate-forme Windows. Dans les descriptions, d'autres plates-formes seront notées le cas échéant. **Le tableau 4.1** étale d'une manière succincte les programmes auxiliaires nécessaires[12] , et présente la fonctionnalité de chacun d'eux.[10]

Tableau 4.1 : Fonctionnalités des programmes auxiliaires d'EnergyPlus.

Programme	Fonctionnalité
IDF-Editor (éditeur de fichiers *.idf)	EP-La un chpermet d'ouvrir un éditeur de texte pour les fichiers d'entrée et de sortie, ouvrir une feuille de calcul pour les fichiers de résultats du post-processeur, un navigateur Web pour le fichier de résultats des tableaux et démarrer une visionneuse pour le fichier de dessin sélectionné
Eléments (création des fichiers météo)	Outil open-source, pour créer et modifier des fichiers météorologiques personnalisés. Il peut générer plusieurs types de fichiers (bin, fmt, epw...etc.). L'extension epw est utilisée par Energy Plus.
View Factor Calculatçion Program	Utilisé pour calculer les facteurs de formes qui peuvent être utilisés avec EnergyPlus.
EPDraw	Créer des fichiers DXF à partir des fichiers d'entrée
HVAC Diagram	Un programme de post-traitement pour schématiser les entrées HVAC.
CalcSoilSurfTemp	Calculer les paramètres de surface du sol utilisés dans la simulation.
HVAC Performance Curve Fit Tool	Génère des courbes de performance HVAC dans le format EnergyPlus IDF.
BLAST Translator et DOE2Translator	Ces convertisseurs peuvent prendre les fichiers d'entrée BLAST et DOE2 (analyse des charges de construction et thermodynamique du système) et les rendre prêts à fonctionner dans EnergyPlus.
Running Console Applications	Cette section décrit comment exécuter des applications de console faisant partie d'Energy Plus et comment on peut les modifier en fonction des besoins spécifiques. Les instructions pour exécuter des programmes individuels sont incluses dans leurs descriptions.
EP-Compare	Un utilitaire pour comparer graphiquement les résultats tabulaires de plusieurs fichiers de simulation.
xEsoView	Une visionneuse des résultats (Outputs) de la simulation avec Energy Plus

IV.4 Caractéristiques du cas d'étude :

Un habitat type de référence, pointé du doigt dans des études antérieures, est considéré et ses performances énergétiques sont analysées. L'habitat sélectionné est un appartement situé dans la zone Scientifique, qui se trouve dans la ville de Ghardaïa, Algérie (32°29' N - 3°40' E). Cet immeuble représente la typologie typique des appartements en Algérie. La bâtisse est une maison d'habitation de 1 étage et 4 personnes, avec 95,74 m² et une surface utile de 71,3 m². La hauteur du bâtiment est de 2,8 m. Il se compose de 6 espaces dont ; 2 chambres, un salon, un hall et une

cuisine, une salle de bain et un WC, et est soumis à l'air libre dans toutes les directions. Chaque espace a sa propre fenêtre sauf le hall, la superficie de chaque fenêtre est de $(1,44 \text{ m}^2)$, ces fenêtres sont situées à une hauteur de 1 m sur les façades sud et nord du bâtiment (Figure (4.9)). Le rapport fenêtre/mur (WWR) est en moyenne de 17,14 % de la surface totale de chaque mur.

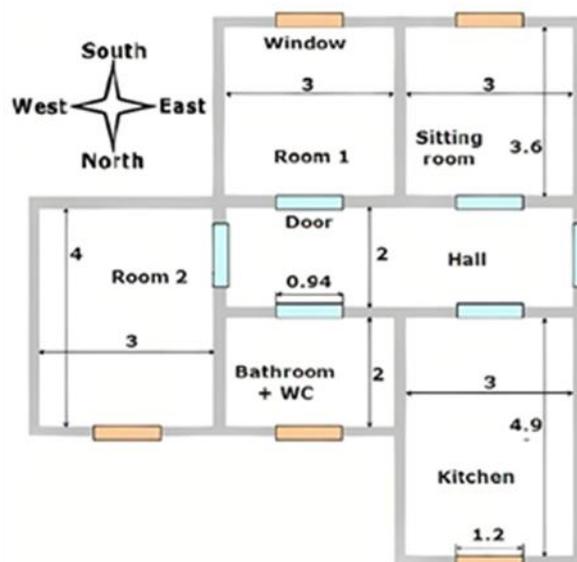


Figure (4.9) : Aspect de la façade et plan architectural de l'habitat.

Dans cette étude, l'épaisseur et les propriétés thermiques des matériaux de construction utilisés sont répertoriées dans le tableau 1. La surface du toit est en béton avec une couche d'enduit de plâtre à l'intérieur d'une épaisseur de 0,02 m. Les murs extérieurs verticaux sont de type multicouche constitués essentiellement d'une couche de pierre enduite de mortier de ciment et d'une couche de finition d'enduit de plâtre. Les murs intérieurs sont majoritairement en briques creuses. L'épaisseur du mur intérieur est de 0,09 m.

Tableau 4.2 : Détails des matériaux de construction utilisés.

	<u>Éléments de maçonnerie</u>	<u>Épaisseur (cm)</u>	<u>Conductivité thermique ($W m^{-1} K^{-1}$)</u>	<u>Masse volumique ($kg m^{-3}$)</u>	<u>Chaleur spécifique ($J kg^{-1} K^{-1}$)</u>
<u>Murs extérieurs de l'extérieur vers l'intérieur</u>	Ciment mortier	2	1.4	2200	1080
	Pierre lourde	25	2.4	2475	936
	Ciment mortier	1.5	1.4	2200	1080
	Enduit de finition en plâtre	0.5	0.35	875	936
<u>Cloison</u>	Brique creuse	7.5	0.48	900	936
	Ciment mortier	1	1.4	2200	1080
	Enduit de finition en plâtre	0.5	0.35	875	936
<u>Plancher bas sur fondation solide De haut en bas</u>	Sol en pierre de granit	2	2.1	2200	936
	Mortier de sable	3	1.4	2200	1080
	Béton lourd	20	1.75	2500	1080
<u>Toit</u>	Dalle de compression béton ; hourdis béton ($16 \times 20 \times 53 cm^3$)	20	1.45	1450	1080
	Ciment mortier	1.5	1.4	2200	1080
	Enduit de finition en plâtre	0.5	0.35	875	936
	<u>Portes en bois</u>	3	0.23	750	2385

IV.5 Hypothèses et données

Les principales hypothèses portent notamment sur l'enveloppe du bâtiment, les antennes et le modèle numérique de précision. Notre étude étant simple, basée uniquement sur le gain d'énergie solaire, les données supplémentaires liées à toute forme de gain interne (présence de personnes, équipements électriques, etc.) ont été omises. Toutes les données requises pour la simulation doivent être prédéfinies dans l'éditeur de fichier *. Idf. Il faut d'abord commencer par présenter les matériaux de construction de notre maison, en précisant leurs propriétés thermo-physiques, leur épaisseur et même la nature de leur rugosité. Ensuite, les types de constructions doivent être déterminés (différentes couches de murs, sols, plafonds et même types de vitrages et de couches isolantes).

Dans notre cas, on s'intéresse particulièrement aux températures intérieures de l'habitat. Pour cela nous avons utilisé le fichier météo de Ghardaïa [13], ce fichier (*.epw) comprend les valeurs du rayonnement solaire, la température ambiante, la vitesse et la direction du vent, et des informations propres au site comme la latitude, la longitude et l'altitude du lieu.

IV.6 Résultats et Discussions

Le programme EnergyPlus a été adopté pour effectuer les différentes étapes de simulation énergétique sur le modèle de base de l'habitat de référence. La disposition 3D de l'habitat a été développée sur la base de la conception architecturale de ce dernier à l'aide d'Euclid (plugin EnergyPlus dans Google Sketchup). Les différentes zones adjacentes ont également été

spécifiquement définies dans Google Sketchup. L'habitat est composé de six zones thermiques différentes qui dépendent thermiquement les unes des autres par les cloisons adjacentes comme le montre la (figure 4.10)Les pertes d'énergie de l'habitat sont principalement causées par la transmission d'énergie entre l'enveloppe du bâtiment et son environnement. Toutes les informations nécessaires à la simulation ont été générées dans le modèle de simulation créé dans le programme EnergyPlus.

L'habitat a été assimilé en six zones thermiques différentes (La salle de séjour, la chambre 1, chambre 2, le Hall, la cuisine et les sanitaires).Pour garantir une comparaison constructive, l'étude a été effectuée pour deux périodes différentes, une période chaude et une période froide.

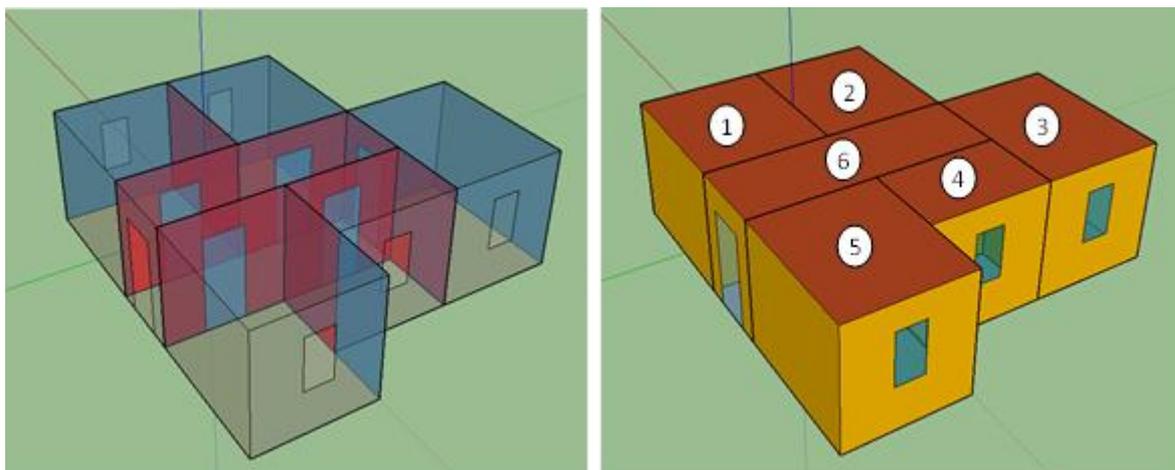


Figure (4.10) : Modèle de bâtiment simulé : (a) cloisons adjacentes ; (b) zones thermiques de l'habitat.

Le choix des journées de simulation a été minutieux, un tracé des températures ambiantes tout au cours de l'année (Figure 4.11) nous a permis de faire le choix sur deux périodes différentes, ces deux périodes étant la plus chaude et la plus froide tout au long de l'année. Notons que ces températures ont été extraites des fichiers météo récoltées auprès de la station météo de l'Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables de Ghardaïa (URAER).

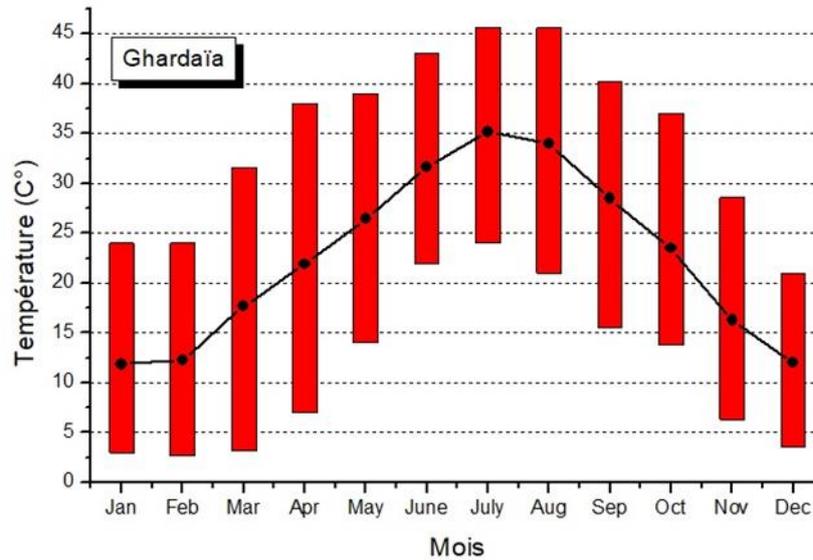


Figure (4.11) : Températures minimales, maximales et moyennes mensuelles pour la ville de Ghardaïa.

Les zones qui ont été prises en compte pour la simulation sont celles de la salle de séjour et la chambre 2 uniquement puisqu'ils représentent l'espace où l'individu y passe le maximum de son temps et c'est dans cet espace que l'individu requiert le confort thermique.

A noter que nous avons commencé notre étude par la simulation de l'habitat tel qu'il est (sans isolation thermique), la suite du travail consistait donc à isoler l'habitat d'une manière progressive, nous avons choisi le polystyrène comme matériau d'isolation, notre choix se justifie par la disponibilité des plaques de polystyrène sur le marché algérien (même en différentes épaisseurs)

- Isolation des murs externes.
- Isolation de la toiture.
- Isolation de la toiture et des murs externes.

L'isolation se fait par une couche de polystyrène de 5 cm, ces plaques de polystyrène sont commercialisées depuis quelques années et se caractérisent par une conductivité thermique égale 0.036 W/m.k et une masse volumique de 34 kg/m^3 et une chaleur spécifique qui avoisine 1450 J/kg.k . Le but est de réduire les déperditions engendrées par les parois extérieures de l'habitat et de voir l'effet de leur isolation sur le comportement thermique de ce dernier.

A travers les figures dessinées ci-dessous, nous prendrons connaissance de la température interne de la salle de séjour et de la chambre 2 pour chaque cas, à deux périodes différentes de l'année (la plus chaude et la plus froide).

Les figures ci-dessous ((5.12), (5.13), (5.14) et (5.15)) apportent une idée sur l'évolution de ces températures en faisant tourner le programme conçu sous l'environnement de simulation décrit précédemment.

Dans ce contexte, quatre configurations vont être testées :

- 1er cas : Sans isolation de l'habitat
- 2^{ème} cas : Isolation des parois extérieures de l'habitat.
- 3^{ème} cas : Isolation de la toiture de l'habitat.
- 4^{ème} cas : Isolation des parois extérieures et de la toiture de l'habitat.

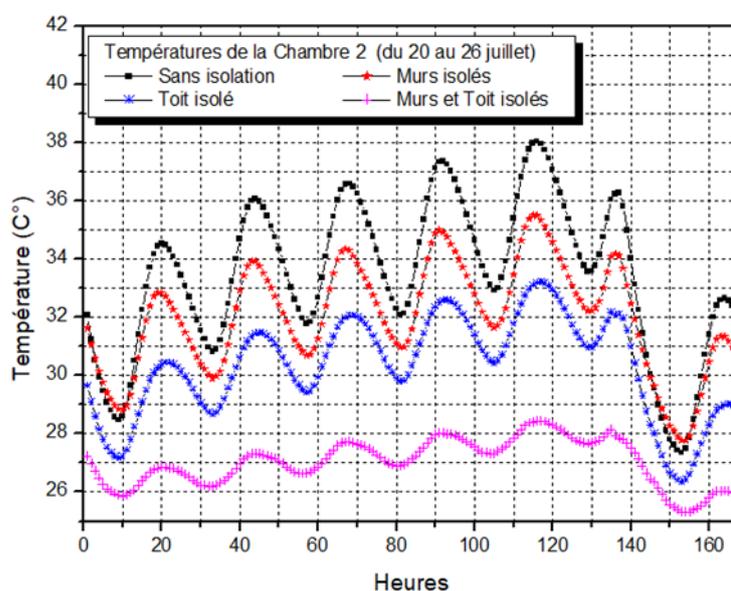


Figure (5.12) : Températures de l'air intérieur de la chambre 2 (du 20 au 26 juillet).

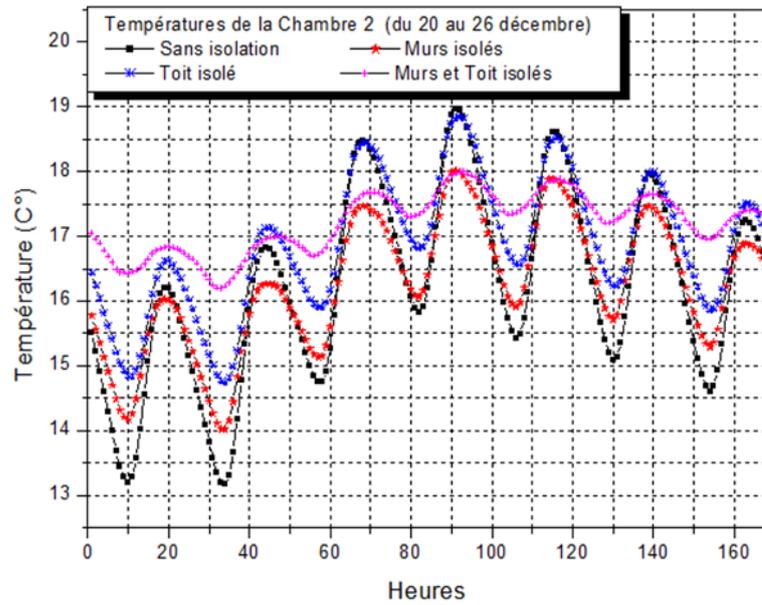


Figure (5.13) : Températures de l'air intérieur de la chambre 2 (du 20 au 26 décembre).

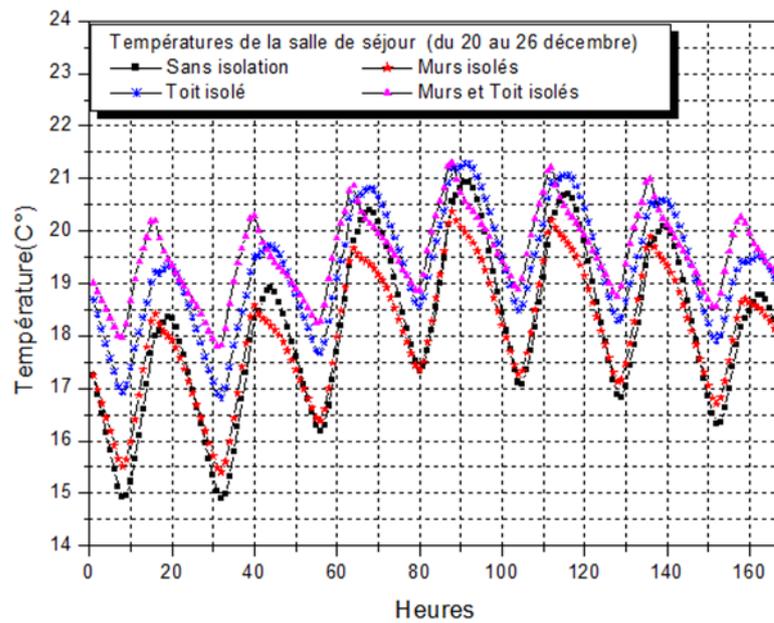


Figure (5.14) : Températures de l'air intérieur de la salle de séjour (du 20 au 26 décembre).

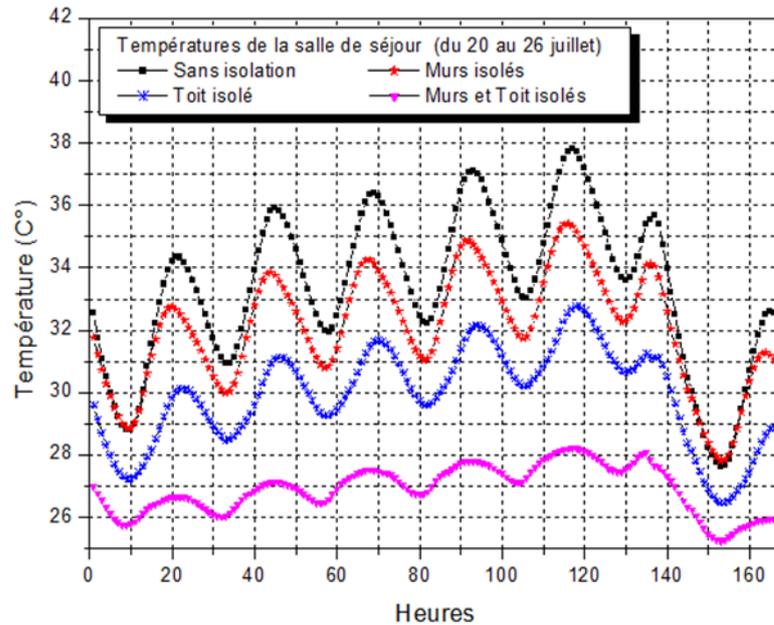


Figure (5.15) : Températures de l'air intérieur de la salle de séjour (du 20 au 26 juillet).

On peut remarquer à travers ces courbes que l'isolation permet d'avoir un gain en température qui peut atteindre presque les 10°C pendant la saison estivale, et les 5°C pendant la période hivernale. En termes de température c'est très appréciable même si cela ne permet pas d'atteindre le confort thermique souhaitable, mais en termes de consommation énergétique c'est très important et l'évolution des températures confirme que l'isolation permet de réaliser des économies en énergies très considérable.

On peut remarquer également que l'isolation permet d'installer une certaine stabilité dans l'évolution des températures permettant d'éviter les fluctuations importantes. Il est indispensable de noter aussi que l'isolation de la toiture est bien meilleure que celle des murs extérieure, ceci peut est claire sur les courbes qui indiquent que l'isolation du toit permet d'avoir un gain en température plus intéressant ou seuls les murs sont isolés.

IV.7 CONCLUSION :

Développement durable, sobriété d'usage, intégration au territoire et confort intérieur sont les fondements de l'architecture climatique. Il s'agit donc de capter l'énergie nécessaire et de la préserver de manière naturelle et respectueuse de l'environnement. En parallèle, le principe est de réduire l'utilisation d'énergies polluantes et non renouvelables comme le gaz et l'électricité. Donc, la simulation thermique aide l'architecte à bien adapter les solutions architecturales et aussi techniques, afin de minimiser la consommation d'énergie et d'assurer le confort thermique, cette méthode simplifiée est une bonne approche pour la compréhension du comportement thermique des murs et de l'air dans un bâtiment réel. Ensuite, pour prédire le comportement thermique des murs et de l'air intérieur d'un bâtiment, il est essentiel de procéder à une phase de simulation précédant l'ensemble de la performance du bâtiment incluant les transferts de chaleur.

Il existe plusieurs outils de simulation thermique utilisés pour étudier les bâtiments, dont le programme sur lequel nous nous sommes appuyés dans notre étude. EnergyPlus a été choisi comme outil de simulation puisqu'il est open source, entièrement libre de droit et gratuit, de cette manière il est utilisable par tous et ne requiert aucun investissement. Il est également facile à utiliser et simple à exécuter, il suffit d'avoir un exécutable EnergyPlus et un fichier IDF bien fait pour pouvoir lancer une simulation.

Ce travail répond à quelques questions concernant l'impact de l'isolation thermique sur la minimisation des fluctuations des températures intérieures d'un habitat qui subit des conditions climatiques propres à la ville de Ghardaïa. L'objectif était de prévoir les réponses du système (l'habitat) et plus particulièrement celle de l'air intérieur de deux pièces pour différents cas de l'isolation thermique. Pour ce faire, nous avons sélectionné deux journées de saison différente (l'été et l'hiver). De ce fait, nous avons tiré quelques règles et critères qui sont très captivantes pour acquérir une isolation parfaite et admirable.

La simulation nous a permis de découvrir aussi que l'isolation du toit est une caractéristique à ne pas négliger, car elle a un impact important sur les températures intérieures et les résultats que nous avons obtenu sont proches de ceux de l'isolation totale, et qu'elle permet de réduire les fluctuations de température et être moins coûteuse financièrement par rapport à la pose de l'isolant dans l'ensemble du bâtiment.

Référence :

- [1] :Gérard Hégron, in [_www2.cnrs.fr](http://www2.cnrs.fr) > ... > La physique domestiquée.
- [2] :S. Trachte, “Matériau, Matière d’Architecture Soutenable Choix responsable des matériaux de construction, pour une conception globale de l’architecture soutenable” 2012
- [3] :N. Chami, “Evaluation de l’impact des isolants minces réfléchissants dans le bâtiment,” école nationale supérieure des mines de paris, 2009.
- [4] :“Doerr Architecture,” 2006. [Online]. Available: <http://doerr.org/>
- [5] :<https://fr.wikipedia.org/wiki/Gharda%C3%AFa#Localisation>.
- [6] :Mémoire présenté en vue de l’obtention Du diplôme de Magister en : Architecture Option : Ville et architecture au Sahara La qualité architecturale des bâtiments publics à Ghardaïa (Cas d’étude bâtiment du siège de l’office de promotion et de gestion immobilière –OPGI -) Présenté par : Laroui Abdelbasset
- [7] :O.Marc, “Étude expérimentale, modélisation et optimisation d ’ un procédé de rafraîchissement solaire à absorption couplé au bâtiment,” 2013.
- [8] :M. Hamdani, “Choix de l’Orientation et des Matériaux de Construction en Vue d’Améliorer les Performances Thermiques des Bâtiments,” Université d’Abou Bakr Belkaid Tlemcen, 2016.
- [9] :Mémoire présenté en vue de l’obtention Du diplôme de Magister en : Architecture Option : Ville et architecture auSahara La qualité architecturale des bâtiments publics à Ghardaïa (Cas d’étude bâtiment du siège de l’office depromotion et de gestion immobilière –OPGI -) Présenté par :Laroui Abdelbasset.
- [10] :Mr. CHERIER Mohamed Kamal DOCTORAT EN SCIENCES Spécialité : Énergies Renouvelables.
- [11] :S. G. Daniel Forgues, Danielle Monfet, “Guide de conception d’un bâtiment performant,” 2016.
- [12] :National Renewable Energy Laboratory NREL., “EnergyPlus Documentation, Auxiliary EnergyPlus Programs Extra programs for EnergyPlus,” no. c, pp. 1996–2015, 2015.
- [13]:<https://climate.onebuilding.org/>

Conclusion Générale

Conclusion générale :

L'objectif principal de notre travail est de contribuer à l'étude de la thermique des bâtiments dans les zones désertiques cas de Ghardaïa pour réduire la consommation énergétique dans les bâtiments à partir de la réduction des échanges thermiques avec son milieu extérieur.

La volonté d'adaptation du principe de la « durabilité » dans le domaine de la construction fut exprimée par la naissance d'une vision de l'habitat écologique optimisant l'utilisation de matériaux naturels ou du moins non toxiques.

Le confort thermique constitue actuellement un enjeu majeur dans le secteur du bâtiment tant pour la qualité des ambiances intérieures que pour les impacts énergétiques et environnementaux dont il est responsable.

Le choix des matériaux utilisés pour la construction de l'enveloppe représente un enjeu considérable pour la réduction de la consommation énergétique dans les secteur du bâtiment.

notre travail s'inscrit Dans ce contexte, qui contient une étude sur la réduction des déperditions de l'enveloppe en utilisant plusieurs types de matériaux répandus dans la construction dans la région d'étude dans des configurations de parois différentes.

Les résultats ont été obtenus en utilisant aussi un couplage entre certains codes de simulation (GOOGLE SketchUpet EnergyPlus), permettant d'étudier le transfert de chaleur. Les résultats que nous avons obtenus favorisent une configuration des parois extérieurs par rapport à d'autres ces résultats sont proches aussi à favoriser l'utilisation d'isolant dans les parois de l'enveloppe, une isolant qui va permettre de réduire les fluctuations de température et être moins couteuse.