



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

**UNIVERSITE ABOU-BEKR BELKAID - TLEMCCEN**

# MEMOIRE

Présenté à :

FACULTE DES SCIENCES – DEPARTEMENT DE PHYSIQUE

**MASTER EN PHYSIQUE**

Spécialité : Physique Énergétique et Energie Renouvelables

Par :

**Melle: HOSNI Hanane**

Sur le thème

---

## **Solution énergétique efficace pour un habitat dans un climat du Sahara Algérien**

---

Soutenu publiquement le 25 juin 2022 à Tlemcen devant le jury composé de :

Dr CHIKH BLED Bachir	MCA	Université de Tlemcen	Président
Dr HADDAM Muhammad Abdalkhalaq Chuayb	MCA	Université de Tlemcen	Encadrant
Dr BENYELLES Souhila	MCB	Université de Tlemcen	Examinatrice

*Année Universitaire : 2021 ~ 2022*

# ***Dédicaces***

*Je dédie ce mémoire à mes très chers parents qui m'ont  
Toujours soutenus, et qui ont tout sacrifié pour mes études.*

*A mes deux chers frères : Samir et Rachid.*

*Ainsi à toute ma famille.*

*A mes chers amis et à tous ceux qui me sont chers.*

# **Remerciements**

*Je tiens à exprimer ma gratitude et remerciement à ALLAH qui m'a donné la force et le pouvoir pour effectuer ce modeste travail.*

*Le grand merci à mon encadrant Mr. HADDAM Muhammad Abdalkhalaq chuayb pour son aide durant l'élaboration de ce mémoire.*

*Je tiens également à remercier Le président de jury Dr CHIKH BLED Bachir pour l'honneur qu'il m'a prodigué en acceptant de présider le jury pour évaluer ce travail.*

*Je tiens également à remercier l'Examinatrice de ce jury Dr BENYELLES Souhila pour l'honneur qu'elle m'a prodigué en acceptant d'examiner ce travail*

*Je souhaite aussi adresser mes remerciements les plus sincères aux personnes qui m'ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire ainsi qu'à la réussite de cette année universitaire*

# **Sommaire**

	<b>Introduction Générale</b>	7
	<b>Chapitre 1</b>	10
	<b>La Compacité d'un Bâtiment</b>	
	Introduction.	11
1.1.	La compacité.	11
1.1.1.	La compacité c'est quoi ?	11
1.1.2.	La compacité du bâtiment.	11
1.1.3.	Les avantages de bâtiment compact.	12
1.1.4.	Les facteurs de la compacité.	12
1.1.5.	Inadéquation du facteur de compacité classique à l'architecture.	13
1.1.6.	Adéquation du facteur de compacité $S_p/S_{Hab}$ à l'architecture.	13
1.1.7.	L'effet de la compacité sur la performance du projet.	15
1.1.7.1.	Exemple sur l'effet de la compacité sur la performance du projet.	15
1.1.7.1.1.	L'effet sur les surfaces déperditives.	15
1.1.7.1.2.	L'effet sur les gains solaires.	15
1.1.7.1.3.	L'effet sur les ponts thermique.	15
1.2.	L'implantation.	16
1.3.	L'orientation.	16
1.3.1.	L'orientation par rapport l'ensoleillement.	16
1.3.2.	L'orientation par rapport le vent.	17
1.4.	Les protections solaires.	18
1.4.1.	Les différents types des protections solaire.	18
1.4.1.1.	Les protections solaires fixes.	18
1.4.1.2.	Les protections solaires mobiles.	19
1.4.1.2.1.	Les protections solaires mobiles extérieurs.	19
1.4.1.2.2.	Les protections solaires mobiles intérieurs.	19
1.4.1.3.	La protection végétale.	20
1.4.2.	Le contrôle solaire permis par les vitrages solaire.	20
1.4.2.1.	Vitrages absorbants.	20
1.4.2.2.	Vitrages réfléchissants.	20

1.4.2.3.	Les vitrages à stores intégré.	20
1.4.2.4.	Les vitrages électro chromes et gasochromes.	20
1.4.2.5.	Les vitrages solaires dit systèmes solaires actifs.	21
1.4.2.6.	Les modules photovoltaïques translucides.	21
1.5.	Matériaux de construction (la couleur).	21
1.6.	La ventilation.	21
1.6.1.	Les conditions de la ventilation.	22
1.6.2.	Les types de ventilation.	22
1.6.2.1.	La ventilation naturelle par ouverture des fenêtres.	22
1.6.2.2.	La ventilation transversale naturelle.	22
1.6.2.3.	La ventilation par tirage thermique.	22
1.7.	Conclusion.	22
	Références.	23

## **Chapitre 2**

### **L'Isolation Thermique des Bâtiments**

	Introduction.	26
2.1.	Le transfert de chaleur.	26
2.1.1.	Les modes de transfert de chaleur :	26
2.1.1.1.	Transfert par conduction.	26
2.1.1.2.	Transfert par convection.	26
2.1.1.3.	Transfert par rayonnement.	26
2.2.	Notions thermiques.	27
2.2.1.	Flux thermiques.	27
2.2.2.	Conductivité thermique.	27
2.2.3.	Résistance thermique.	27
2.2.4.	Le coefficient de transmission calorifique.	27
2.2.5.	Capacité thermique massique.	27
2.2.6.	Capacité thermique.	27
2.3.	Isolation thermique.	27
2.3.1.	L'objectif d'isolation thermique.	27

2.3.1.1.	Pertes de chaleur.	28
2.3.1.2.	Ponts thermiques.	28
2.3.1.3.	Parois froides :	28
2.3.1.4.	La condensation.	28
2.3.2.	Les principes de l'isolation thermique.	28
2.3.2.1.	L'isolation intérieur.	28
2.3.2.2.	L'isolation extérieur.	29
2.3.2.3.	L'isolation intégré.	29
2.3.3.	Avantages d'isolation thermique.	30
2.3.4.	Les différentes méthodes d'isolation.	30
2.3.4.1.	L'isolation des toitures.	30
2.3.4.2.	L'isolation des murs.	31
2.3.4.3.	L'isolation des fenêtres.	31
2.3.4.4.	L'isolation des planchers.	31
2.3.5.	Les isolants thermiques.	31
2.3.6.	Différents types d'isolants.	31
2.3.6.1.	Les isolants minéraux.	31
2.3.6.2.	Les isolants synthétiques.	32
2.3.6.3.	Les isolants d'origine végétale et animale.	32
2.3.6.4.	Les nouveaux isolants.	32
2.3.7.	Différents matériaux d'isolants.	32
2.3.8.	Critères d'isolant.	35
2.3.8.1.	La conductivité thermique.	35
2.3.8.2.	La résistance thermique.	35
2.3.9.	<b>Choix d'un bon matériau isolant.</b>	36
2.3.9.1.	Certification ACERMI.	36
2.3.9.2.	Certification NF ou CSTBat.	36
2.3.9.3.	La certification CEKAL.	36
2.3.9.4.	La certification ACOTHERM.	36
2.3.9.5.	La certification NF fenêtre bois.	36

2.3.10.	L'isolation du vitrage.	36
2.3.10.1.	La qualité des vitrages.	37
2.3.10.2.	Techniques d'isolation d'une paroi vitrée.	37
2.4.	L'inertie thermique.	37
2.4.1.	L'inertie de transmission.	37
2.4.2.	L'inertie d'absorption.	37
2.5.	Conclusion.	38
	Références.	38

### **Chapitre 3**

#### **Efficacité Energétique d'un Bâtiment**

	Introduction.	41
3.1.	Définition de l'efficacité énergétique.	41
3.2.	Analyse du cycle de vie (ACV) d'un bâtiment.	41
3.3.	La synergie entre l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables.	42
3.4.	De l'efficacité énergétique au développement durable.	43
3.5.	L'efficacité énergétique dans les bâtiments.	43
.3.5.1.	Le fonctionnement d'amélioration de l'efficacité énergétique.	44
3.5.1.1.	Les solutions passives (réduire les besoins).	44
3.5.1.2.	Les solutions actives.	44
3.5.1.3.	Le comportement des consommateurs.	44
3.5.2.	Les étapes d'amélioration de l'efficacité énergétique.	44
3.5.2.1.	Les leviers d'action.	45
3.5.2.2.	La construction durable.	47
3.5.3.	Les équipements.	47
3.5.3.1.	Le chauffage.	47
3.5.3.2.	L'eau chaud sanitaire.	47
3.5.3.3.	La climatisation.	47
3.5.3.4.	L'éclairage.	47
3.5.4.	Le confort thermique.	47
3.5.4.1.	Les paramètres liés au confort thermique.	48

3.5.4.1.1.	La température de l'aire.	48
3.5.4.1.2.	L'humidité de l'air.	48
3.5.4.1.3.	Le courant d'air.	48
3.5.5.	L'enveloppe du bâtiment.	48
3.5.6.	Bâtiments performants.	48
3.5.6.1.	Le bâtiment à basse consommation.	48
3.5.6.2.	Le bâtiment passif.	48
3.5.6.3.	Le bâtiment « zéro énergie » ou « zéro net ».	48
3.5.6.4.	Le bâtiment à énergie positive.	49
3.5.6.5.	Le bâtiment autonome.	49
3.5.6.6.	Le bâtiment « producteur d'énergie ».	49
3.5.7.	La réglementation thermique.	49
3.5.8.	Les labels de performances énergétiques.	49
3.6.	Conclusion.	50
	Références.	51
	<b>Conclusion générale</b>	<b>52</b>

# **Introduction Générale**

Le domaine de la construction est un grand consommateur d'énergie et c'est la première cause du réchauffement planétaire (l'effet de serre). Ce problème de la consommation excessive d'énergie se présente fermement dans le sud d'Algérie (plus de 85% de la superficie totale de l'Algérie) [1], qui se caractérise par un climat désertique.

Le milieu désertique algérien, se caractérise par un climat chaud et sec, dont l'aridité est due aux vents alizés. Le rayonnement solaire direct est très intense et peut atteindre  $800 \text{ W/m}^2$  sur une surface horizontale. La faible humidité relative (4 % à 20 %), couplée à l'absence de nuages, provoque de larges amplitudes de températures pouvant varier de plus de  $50 \text{ }^\circ\text{C}$  le jour à moins de  $15 \text{ }^\circ\text{C}$  la nuit en été. Dans ces régions, les vents sont chauds et sont fréquemment accompagnés de tourbillons de sable et de poussière. Les précipitations sont rares et interviennent souvent sous forme d'averses ou de pluies orageuses [2].

Donc, créer un environnement favorable thermiquement dans cette région exige une grande consommation d'énergie aussi bien en été (la consommation d'énergie pour le refroidissement) ou en hiver (consommation d'énergie pour le chauffage) ce qui nécessite des dépenses élevées [1].

La diminution de la consommation d'énergie et l'utilisation de sources renouvelables dans le secteur du bâtiment permettent de réduire la dépendance énergétique et émissions de gaz à effet de serre. La régulation thermique est destinée à réduire la consommation d'énergie des nouveaux bâtiments. L'économie d'énergie est susceptible de diminuer la consommation de 63 à 76% selon les zones climatiques, lors de l'application de plusieurs stratégies passives [3].

La maîtrise des éléments passifs, contribuant au confort thermique, tels que la compacité, l'isolation thermique, les ouvertures, l'orientation et l'utilisation d'un vitrage à hautes performances thermiques minimisera sans aucun doute les déperditions et gains thermiques dont souffrent les édifices à caractère public [4].

En Algérie le secteur du bâtiment consomme plus de 40 % du total de l'énergie finale. Ce secteur représente un potentiel énorme d'efficacité énergétique. Pour ces bâtiments les constructeurs devront fixer des objectifs afin d'assurer l'abri et le confort de l'utilisateur (confort thermique), mais devront également faire en sorte que l'impact du bâtiment sur l'environnement soit minimisé, en suivant des réglementations, des normes et des démarches managériales [5].

Notre travail consiste à regrouper certaines notions (compacité, isolation thermique et efficacité énergétique) pour faciliter aux prochains chercheurs et architectes qui s'intéressent aux bâtiments non énergivores ou à basse consommation d'énergie dans le Sahara Algérien.

C'est dans cette optique que vient s'inscrire notre travail en mettant en relief l'étude de la compacité, l'un des critères de base à prendre en compte pour que le bâtiment économise la consommation énergétique. Ensuite, l'isolation thermique, un élément très important pour l'amélioration de la performance énergétique. Alors, pour arriver à un bâtiment à faible consommation énergétique, il faut tenir en compte une compacité adéquate dès les premières lignes de la conception architecturale, assurer le choix des matériaux de la construction pour une bonne isolation thermique [6]. Enfin, L'efficacité énergétique dans les bâtiments est un sujet qui fait l'objet de nombreuses études, afin d'atteindre cette efficacité énergétique, il est nécessaire de réaliser à la fois une gestion correcte de la demande électrique et une exploitation optimale des sources d'énergie renouvelables, en utilisant pour cela des stratégies de contrôle spécifique [7].

Pour ce faire, nous avons élaboré ce mémoire en trois chapitres, précédés d'une introduction générale et suivis d'une conclusion générale.

Dans le premier chapitre : on a regroupé différentes notions sur la compacité du bâtiment et son rôle très important dans la réduction de la consommation énergétique dans le bâtiment. Ce chapitre comporte aussi d'autres stratégies dont le site, l'orientation, les dispositifs de protection solaire et la ventilation.

Dans le deuxième chapitre : consacré à l'isolation thermique, nous avons donné un aperçu sur les divers modes de transfert de chaleur, et les différents matériaux utilisés dans les bâtiments non énergivore. Nous avons aussi présenté des matériaux isolants et leurs propriétés physiques et thermiques, et certaines méthodes d'isolation thermique.

Le troisième chapitre : aborde l'efficacité énergétique dans les bâtiments. Ce chapitre expose les enjeux de l'efficacité énergétique dans le bâtiment et l'importance du confort de l'utilisateur (le confort thermique), pour avoir un environnement agréable. Nous proposons une présentation des labels énergétiques aux échelles européenne et nationale.

### **Références :**

- [1] L. Abdallah, B. Tarek, (2017), *Etude expérimentale des transferts thermiques dans un local muni d'un isolant à base végétale*, (Mémoire de master génie mécanique, Université Kasdi Merbah D'Ouargla), à partir de site : [Dspace.univ-ouargla.dz](http://Dspace.univ-ouargla.dz)
- [2] Mokhtari, A., Brahimi, K., & Benziada, R. (2008). *Architecture et confort thermique dans les zones arides Application au cas de la ville de Béchar*. *Journal of Renewable Energies*, 11(2), 307-315.
- [3] Haddam, M. A. C., Cherier, M. K., Bekkouche, S. M. E. A., Hamdani, M., Belgherras, S., Mihoub, R., & Benamrane, N. (2019). *Efficient Energy and Financial Solutions for Residential Buildings in Algerian Saharan Climate*. *Journal homepage : [http://iieta.Org/journals/mmc\\_c](http://iieta.Org/journals/mmc_c)*, 80(2-4), 79-87.
- [4] Mazari, M. (2012). *Etude et évaluation du confort thermique des bâtiments à caractère public : cas du département d'architecture de Tamda (Tizi-Ouzou)* (Doctoral dissertation université Mouloud Mammeri de Tizi- Ouzou).
- [5] Touil, A., & Merghache, S. (2016). *Au sujet de l'efficacité énergétique- vers des bâtiments moins énergivores*. (Mémoire de master en génie civil, université Abou Bekr Belkaid-Tlemcen).
- [6] Doukhane, D., & Chougui, M. L. E. (2020). *L'isolation thermique et la compacité comme solution architecturale dans le bâtiment* (Doctoral dissertation, Université Mohamed Seddik Benyahia de Jijel).
- [7] Boucherit, S. (2019) *L'effet de l'architecture passive sur l'optimisation de la consommation énergétique, cas d'étude : Experimentarium à Biskra*. (Mémoire de master en architecture, université Mohamed Khider de Biskra), à partir de site : [Dspace.univ-biskra.dz](http://Dspace.univ-biskra.dz).

## **Chapitre 1 :**

### ***La compacité d'un bâtiment***

**Introduction :**

Dans ce chapitre nous allons parler de la compacité qui est l'un des principes de base de l'architecture bioclimatique.

La compacité est le mot utilisé pour parler de la forme du bâtiment, qui joue un rôle indispensable pour le confort des gens dans le dit bâtiment.

Nous allons parler aussi des sites, de l'orientation, des protections solaires et de la ventilation.

**1.1. La compacité :**

**1.1.1. La compacité c'est quoi?**

La compacité est le rapport entre le volume d'habitation protégé et la surface de déperdition calorifique de l'habitation :

- Le volume d'habitation protégé : Concrètement, les volumes dits protégés sont tous à l'intérieur des sections isolées telles que la cuisine, le salon et les autres chambres.
- La surface de déperdition calorifique : est la surface totale de la limite de l'environnement extérieur tel que les murs, les fenêtres, les sols et les toits.

La compacité est donc le rapport entre ces deux grandeurs. Plus la superficie de déperdition est petite, plus la maison est considérée comme compacte. La compacité de la maison est très importante car elle a un important impact sur son efficacité énergétique avenir [1].

**1.1.2 La compacité du bâtiment :**

La compacité d'un bâtiment également appelée le coefficient de la forme. Elle est le rapport entre la surface de déperdition de l'enveloppe extérieure et le volume habitable. Les bâtiments sont plus économes en énergie lorsque le facteur de forme prend des valeurs moins élevées, on compte généralement 6 faces : les 4 murs le sol et le toit [2].

Le choix de la compacité des bâtiments est une source très importante d'économies d'énergie et d'investissement. Les déperditions thermiques sont en fonction des contacts de la surface des murs avec l'extérieur ou avec le sol : pour un même volume et une même surface, une habitation plus compacte consomme moins d'énergie [3].

La conception bioclimatique n'a pas pour objectif l'hyper-compacité. Il est cependant important de savoir, lors de la conception d'une habitation, que toute diminution de la compacité génère automatiquement des consommations d'énergie et des coûts d'investissement plus élevés [4].

On peut limiter la consommation d'énergie pour le chauffage et économiser les matériaux grâce à la forme du bâtiment. Plus un bâtiment est compact, plus il sera performant. La compacité est mesurée comme le rapport de la surface endommageante (murs, toits, etc.) au volume à chauffer : le rapport S/V. Plus ce rapport est élevé, plus il y a de surfaces prédatrices, donc plus de pertes dans les murs. Ces trois objectifs doivent être considérés comme des éléments pour le développement projets architecturaux :

- Privilège du voisinage.
- Privilégier les immeubles de grande hauteur [5].

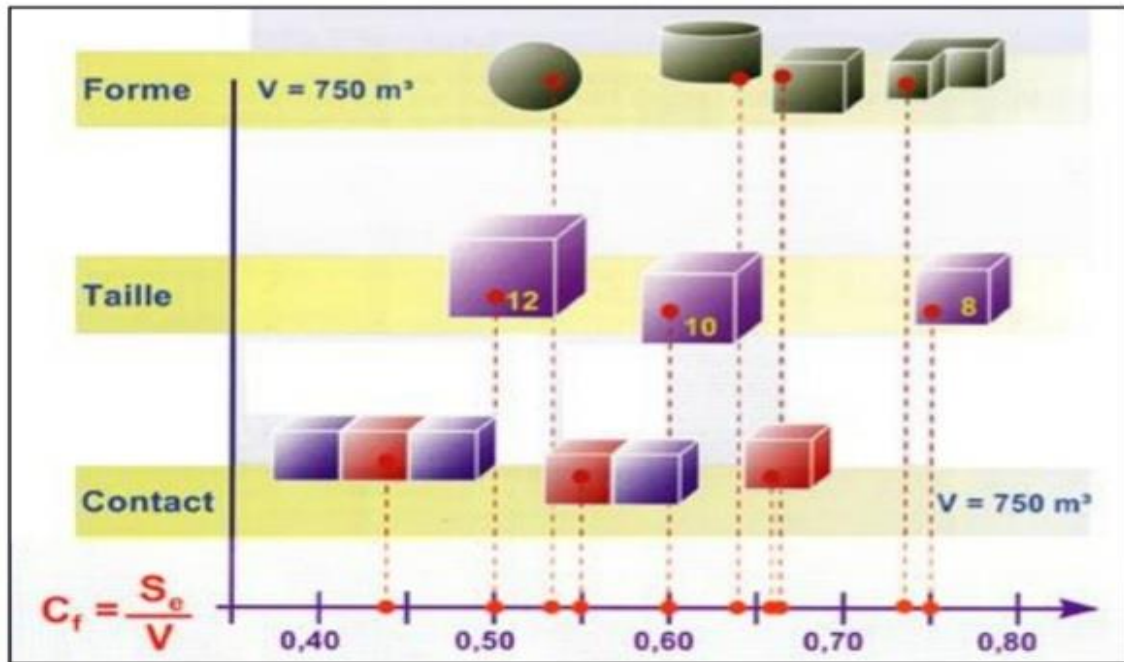


Figure 1.1 : la variation de la compacité par rapport : la forme, la taille et le contact [5].

La compacité d'un bâtiment dépend de :

- La forme : les formes sphériques sont idéales, les formes cubiques sont une bonne solution.
- La taille : pour une même forme, le facteur de compacité diminue avec la taille
- Du mode contact : les murs mitoyens ne seront pas comptés comme des surfaces de déperdition car elles sont disposées entre deux espaces chauffés. Aussi les maisons mitoyennes et les bâtiments de plusieurs étages ont une meilleure compacité [6].

Ainsi, comme ces surfaces sont optimisées par rapport à la surface habitable, la perte est réduite. La réduction des délestages de façade et l'optimisation de la compacité du bâtiment sont les clés de la réussite énergétique du projet [7].

### 1.1.3. Les avantages d'un bâtiment compact :

- Moins de surfaces exposées aux intempéries.
- Moins de turbulences créées par le vent.
- Moins de déperditions thermiques par les parois
- Moins de ponts thermiques [8].

### 1.1.4. Les facteurs de la compacité :

La compacité du bâtiment est déterminée par deux facteurs :

- La forme : deux bâtiments peuvent avoir la même surface et ne présentent pas les mêmes avantages. Par conséquent, la forme architecturale la plus compacte est le bol. Comme ce type de logement est difficilement envisageable, il est recommandé d'opter pour un habitat en forme de cube [9]. La facture énergétique d'un bâtiment rectangulaire ou en forme de « L » augmentera considérablement par rapport à une maison cubique.

- Le contact avec d'autres bâtiments : les maisons tétraédriques sont beaucoup moins compactes que des maisons en rangées.

Pour construire un bâtiment compact, il est idéal de construire en cube. Ce dont on a besoin d'éviter par contre, c'est un bâtiment en forme de "découpée". Il est également idéal de construire entre deux bâtiments chauffés, ou entre deux autres maisons pour s'assurer une réduction de la probabilité de fuite de chaleur [1].

**1.1.5. Inadéquation du facteur de compacité classique à l'architecture :**

L'observation de la courbe d'évolution de ce coefficient conduit aux conclusions plus précises suivantes :

- La compacité augmente avec la taille car le rapport Sp/V diminue avec la taille quelle que soit la forme.
- Plus la taille est petite, plus la différence de la compacité est grande. Ce rapport est beaucoup plus important pour les boîtes de conserve que pour les maisons ou les immeubles.
- L'effet de forme disparaît avec l'augmentation de la taille [10].

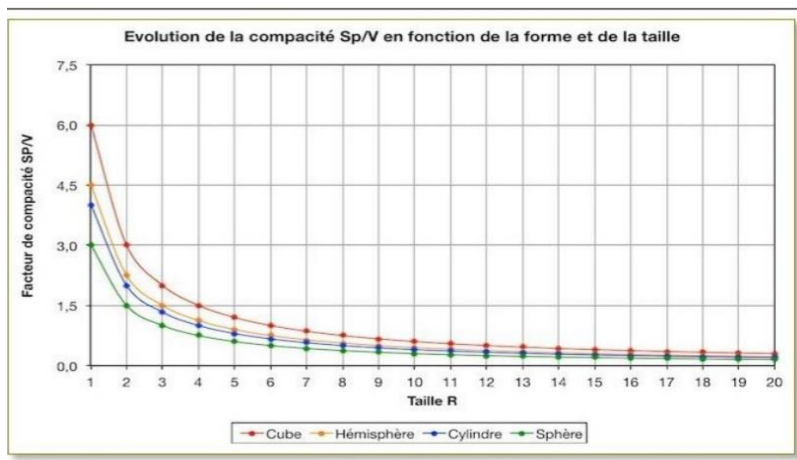


Figure 1.2 : Evolution de la compacité Sp/V en fonction de la forme et de la taille [5]

**1.1.6. Adéquation du facteur de compacité Sp/SHab à l'architecture :**

Le tableau ci-dessous compare plusieurs formes de tailles différentes mais similaires, en considérant que la partie horizontale de chaque forme correspond à la surface habitable. Les rapports de la compacité Sp/SHab (Sp : surface des parois et SHab : surface habitable) et Sp/V (V : volume) sont indiqués :

Evolution du facteur de compacité Sp / SHab en fonction de la forme et de la taille							
Forme	Dimensions	R	Surface habitable SHab	Surface des parois Sp	Compacité Sp/SHab	Volume	Compacité Sp/V
Cube	Cotés : R	1,00 m	1,00 m <sup>2</sup>	6,00 m <sup>2</sup>	6,00	1,00 m <sup>3</sup>	6,00
		3,16 m	10,00 m <sup>2</sup>	60,00 m <sup>2</sup>		31,62 m <sup>3</sup>	1,90
		10,00 m	100,00 m <sup>2</sup>	600,00 m <sup>2</sup>		1 000,00 m <sup>3</sup>	0,60
		31,62 m	1 000,00 m <sup>2</sup>	6 000,00 m <sup>2</sup>		31 622,78 m <sup>3</sup>	0,19
Cylindre vertical	Rayon : R/2 Hauteur : R	1,13 m	1,00 m <sup>2</sup>	6,00 m <sup>2</sup>	6,00	1,13 m <sup>3</sup>	5,32
		3,57 m	10,00 m <sup>2</sup>	60,00 m <sup>2</sup>		35,68 m <sup>3</sup>	1,68
		11,28 m	100,00 m <sup>2</sup>	600,00 m <sup>2</sup>		1 128,38 m <sup>3</sup>	0,53
		35,68 m	1 000,00 m <sup>2</sup>	6 000,00 m <sup>2</sup>		35 682,48 m <sup>3</sup>	0,17
Parallélépipède	Largeur : R Longueur : 2R Hauteur : R	,71 m	1,00 m <sup>2</sup>	5,00 m <sup>2</sup>	5,00	,71 m <sup>3</sup>	7,07
		2,24 m	10,00 m <sup>2</sup>	50,00 m <sup>2</sup>		22,36 m <sup>3</sup>	2,24
		7,07 m	100,00 m <sup>2</sup>	500,00 m <sup>2</sup>		707,12 m <sup>3</sup>	0,71
		22,36 m	1 000,00 m <sup>2</sup>	5 000,00 m <sup>2</sup>		22 360,65 m <sup>3</sup>	0,22
Cylindre vertical	Rayon : R Hauteur : R	,56 m	1,00 m <sup>2</sup>	4,00 m <sup>2</sup>	4,00	,56 m <sup>3</sup>	7,09
		1,78 m	10,00 m <sup>2</sup>	40,00 m <sup>2</sup>		17,84 m <sup>3</sup>	2,24
		5,64 m	100,00 m <sup>2</sup>	400,00 m <sup>2</sup>		564,19 m <sup>3</sup>	0,71
		17,84 m	1 000,00 m <sup>2</sup>	4 000,00 m <sup>2</sup>		17 841,27 m <sup>3</sup>	0,22
Hémisphère	Rayon : R	,56 m	1,00 m <sup>2</sup>	3,00 m <sup>2</sup>	3,00	,38 m <sup>3</sup>	7,98
		1,78 m	10,00 m <sup>2</sup>	30,00 m <sup>2</sup>		11,89 m <sup>3</sup>	2,52
		5,64 m	100,00 m <sup>2</sup>	300,00 m <sup>2</sup>		376,13 m <sup>3</sup>	0,80
		17,84 m	1 000,00 m <sup>2</sup>	3 000,00 m <sup>2</sup>		11 894,18 m <sup>3</sup>	0,25

Tableau 1.1 : Evolution de la compacité Sp/SHab en fonction de la forme et la taille [10].

Les résultats montrent :

- A forme constante, la compacité  $Sp/SHab$  est complètement indépendante de la taille, mais la taille varie simultanément dans toutes les directions pour atteindre un facteur global de 1000 entre min et max, contrairement au calcul  $Sp/V$  qui privilégie la grande taille quelles que soient la forme et les proportions sont très importants.
- La compacité  $Sp/SHab$  varie correctement selon la forme, tandis que les calculs  $Sp/V$  donnent une hiérarchie qui n'est pas réaliste. Dans les exemples du tableau, un parallélépipède a une surface de mur plus petite qu'un cube, étant donné la même surface habitable. Le facteur de compacité  $Sp/SHab$  reflète la situation réelle, contrairement au calcul  $Sp/V$ .
- Le volume maximal n'est pas favorisé par l'inverse de la compacité  $Sp/SHab$  et du rapport  $Sp/V$  conforme à la réalité physique, à surface habitable égale.
- La forme a un impact significatif, car le rapport de compacité  $Sp/SHab$  varie du simple au double, des hémisphères aux cubes.
- Pour une même forme, le facteur de compacité  $C = Sp/SHab$  est indépendant de la taille. Le facteur de compacité  $C = Sp/SHab$  peut être comparé à la compacité de forme, peu importe sa taille.

Le fait que la compacité soit indépendante de la taille ne signifie pas qu'elle ne change pas à mesure que la surface habitable augmente, comme le montre l'exemple ci-dessous, où un bâtiment de 8 m de large et 2,5 m de haut sous plafond voit sa longueur changer.

Evolution du facteur de compacité $Sp/SHab$ en fonction de la surface habitable				Largeur	HSP
				8,00 m	2,50 m
Longueur	Surface habitable SHab	Périmètre	Surface des murs	Surface d'échange $Sp$	Compacité $Sp/SHab$
7,00 m	56,00 m	30,00 m	75,00 m <sup>2</sup>	187,00	3,34
8,00 m	64,00 m	32,00 m	80,00 m <sup>2</sup>	208,00	3,25
9,00 m	72,00 m	34,00 m	85,00 m <sup>2</sup>	229,00	3,18
10,00 m	80,00 m	36,00 m	90,00 m <sup>2</sup>	250,00	3,13
11,00 m	88,00 m	38,00 m	95,00 m <sup>2</sup>	271,00	3,08
12,00 m	96,00 m	40,00 m	100,00 m <sup>2</sup>	292,00	3,04
13,00 m	104,00 m	42,00 m	105,00 m <sup>2</sup>	313,00	3,01
14,00 m	112,00 m	44,00 m	110,00 m <sup>2</sup>	334,00	2,98
15,00 m	120,00 m	46,00 m	115,00 m <sup>2</sup>	355,00	2,96
16,00 m	128,00 m	48,00 m	120,00 m <sup>2</sup>	376,00	2,94
17,00 m	136,00 m	50,00 m	125,00 m <sup>2</sup>	397,00	2,92
18,00 m	144,00 m	52,00 m	130,00 m <sup>2</sup>	418,00	2,90
19,00 m	152,00 m	54,00 m	135,00 m <sup>2</sup>	439,00	2,89
20,00 m	160,00 m	56,00 m	140,00 m <sup>2</sup>	460,00	2,88

Tableau 1.2 : Evolution de la compacité  $Sp/SHab$  en fonction de la surface habitable [2].

Plusieurs résultats peuvent être tirés des résultats des 2 tableaux précédents :

- Un très grand bâtiment n'a pas l'avantage d'être compact par rapport à un bâtiment plus convivial dans le même facteur de forme.
- Une augmentation de la surface habitable affecte le facteur de compacité parce qu'elle provoque une évolution collatérale de la forme, non parce qu'elle provoque une augmentation parallèle de la taille sans les effets précités. Lorsque son évolution est supérieure à celle de la surface extérieure du mur.
- Augmenter la taille des bâtiments sans modifier leur forme n'a plus de sens, car cela n'a aucun effet sur la compacité.

**1.1.7. L'effet de la compacité sur la performance du projet :**

A volume habitable équivalent, l'enveloppe ayant la plus petite surface de mur extérieur sera celle qui aura le moins de déperdition de chaleur. La notion de compacité est abordée ici : plus le bâtiment est compact, moins il y a de surface gaspillée pour une même surface habitable. Ainsi, les bâtiments compacts auront une meilleure performance énergétique. De plus, ils économisent sur les coûts de construction :

- Moins de matière
- Moins complexe.

Les bâtiments non compacts doivent avoir une isolation renforcée et les équipements de chauffage doivent être plus performants, ce qui augmentera les coûts de construction [11].

**1.1.7.1. Exemple sur l'effet de la compacité sur la performance du projet :**

Pour comprendre l'impact de la compacité sur les performances du projet, nous allons considérer la maison en U du côté opposé et la comparer à un projet de même surface habitable avec une forme carrée très compacte.

	Maison en U	Maison compacte en carré
Surface habitable (Shab)	143 m <sup>2</sup>	143m <sup>2</sup>
Périmètre (P)	75m	48m
Surface des murs donnant sur extérieur (=Px hauteur mur)	187.5m <sup>2</sup>	120m <sup>2</sup>
Ratio surface mur déperditif/Surface habitable	1.31	0.84

Tableau 1.3 : Maison U et maison en forme carré [11].

**1.1.7.1.1. L'effet sur les surfaces déperditives :**

Comme la surface habitable est la même pour les deux projets, la déperdition par les surfaces murales du plancher et du plafond demeure la même. La surface des murs change considérablement d'un projet à l'autre. Il ressort du tableau ci-dessus que le bâtiment en U perd beaucoup plus que le bâtiment compact car les murs perdus sont beaucoup plus grands par rapport à la surface habitable [11].

**1.1.7.1.2. L'effet sur les gains solaires :**

Dans une maison en U, la baie vitrée du séjour exposé sud/est ne bénéficiera pas d'un apport solaire optimal car la chambre 1 lui crée un masque solaire : moins d'apport de chaleur et moins d'apport de lumière [11].

**1.1.7.1.3. L'effet sur les ponts thermique :**

Pour cela il faut ajouter un pont de liaison thermique avec plusieurs sources :

- Ponts thermiques de liaison entre les murs et les murs horizontaux : Il s'agit du pont thermique trouvé entre les murs extérieurs et les étages inférieurs et les toits. La valeur du pont thermique selon le type de raccordement reste la même d'un projet à l'autre. La longueur du raccordement ainsi que la longueur du pont thermique auront un impact majeur sur le projet. Cette valeur de longueur de pont thermique est égale au périmètre du mur de la maison :

- Pour les maisons en forme de U, les pertes ont augmenté de 56 % en raison des raccordements mur/sol.

- Il y a aussi une perte de 56 % due aux ponts thermiques entre les murs et les plafonds.
- Pont thermique de liaison mur à mur : En effet, une maison carrée a 4 angles et donc 4 connexions mur à mur. Dans le projet présenté ci-dessus, il y a 10 "coins" et donc 10 liaisons mur/mur [11].

## **1.2. L'implantation :**

Le site est l'environnement ou est planté le bâtiment. L'implantation intelligente du bâtiment est un enjeu primordial pour ses habitants [12]. Selon Pierre Fernandez [13], réussir l'insertion d'un bâtiment, c'est exploiter le potentiel du site.

la conception bioclimatique favorise les économies d'énergie et réduit les dépenses de chauffage et de climatisation tout en bénéficiant d'un cadre de vie confortable, l'emplacement des arbres, des collines ou des montagnes et bien évidemment l'orientation du vent, du soleil, les zones de bruit ...ect

les buts sont d'exploiter les potentialités du site de profiter des dons de la nature afin d'assurer le maximum de confort aux usagers. Par exemples pour Edward Mazria « Planter un bâtiment dans la partie du nord d'une terre dégagée permet de bénéficier ce bâtiment des rayons solaires, en hiver pendant les heures d'ensoleillement maximum du côté sud ».

## **1.3. L'orientation :**

Le choix de l'orientation est influencé par de nombreux facteurs, tels que les vues de différentes directions, l'emplacement du bâtiment par rapport à la route, la topographie du site, l'emplacement des sources de nuisance et la nature du climat [14].

L'orientation du bâtiment affecte l'environnement intérieur de deux manières en modulant l'influence de deux facteurs climatiques différents :

- Rayonnement solaire
- Problèmes de ventilation [14].

Un bâtiment bien orienté répond aux besoins en lumière naturelle pour se chauffer ou alors s'en protéger et des vents pour se rafraîchir en été ou pour éviter les catastrophes en hiver [12].

### **1.3.1. L'orientation par rapport l'ensoleillement :**

La lumière du soleil est caractérisée par des changements dans la trajectoire du soleil et la durée d'ensoleillement dépend de l'heure de la journée et de la saison.

Quelle que soit la latitude en zone qui appartient à la moitié nord de la planète, c'est la façade sud, en hiver elle absorbe les rayonnements du soleil autant qu'en été par contre si l'orientation de la demeure n'est pas prise en compte, d'importante consommation d'énergie sera prise en charge en été la climatisation et en hiver le chauffage [15].

L'ensoleillement est principalement responsable de divers effets sur les bâtiments. Il peut être considéré en même temps comme :

- Énergie gratuite en hiver.
- Source d'énergie, cause d'inconfort thermique en été.

Au plan énergétique, l'orientation d'une paroi par rapport au rayonnement solaire influe sur l'énergie solaire incidente, Le tableau ci-dessous donne les pourcentages de rayonnement intercepté par une surface en fonction de l'angle d'incidence [16].

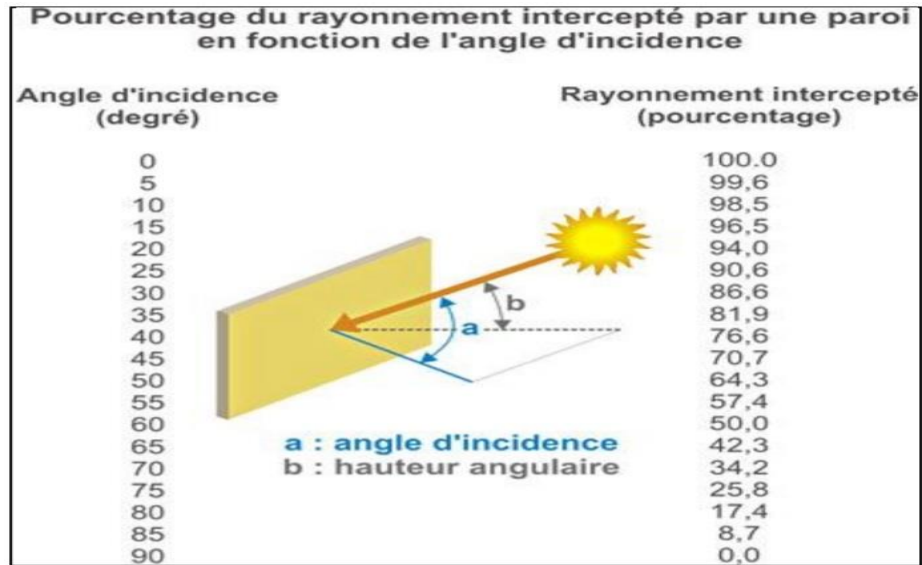


Figure 1.4: Pourcentage du rayonnement intercepté par une paroi [17].

### 1.3.2. L'orientation par rapport au vent :

L'orientation d'un bâtiment par rapport à la direction des vents dominants peut avoir un impact considérable sur le refroidissement et la ventilation intérieure.

Le vent est le mouvement horizontal de base de l'air des zones de haute pression (masses d'air froid) vers les zones de basse pression (masses d'air chaud).

La configuration du vent à un emplacement est représentée par un diagramme en rose des vents, qui représente la distribution statistique des directions du vent.

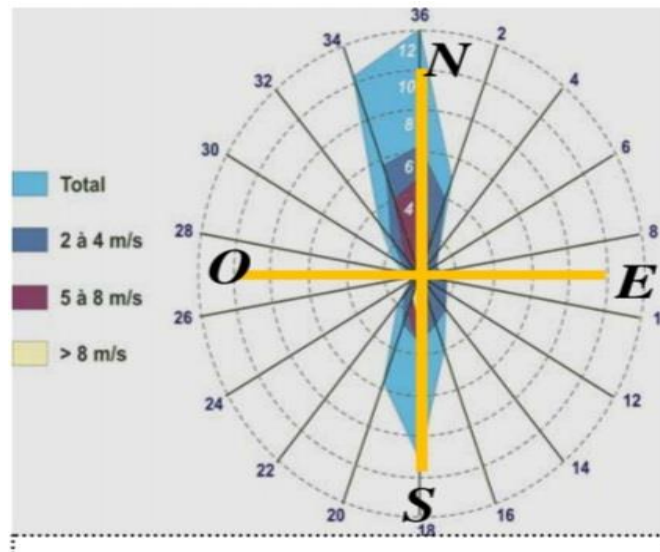


Figure 1.3 : La rose des vents [17].

L'importance du vent pour une direction et une vitesse donnée dépend de la proportion pendant laquelle il a lieu, donc le vent est caractérisé par sa vitesse moyenne et sa direction.

Il y a trois catégories d'obstacle au vent : le relatif, l'environnement bâti et la végétation, ces obstacles provoquent le retentissement du vent et aussi le changement de direction du vent. Il transfère de la chaleur à la surface des murs de constructions à noter que si la qualité des parois extérieur n'est pas très bonne alors l'air peut s'infiltrer et apporter de la chaleur.

Donc il est très important de connaître ses caractéristiques, sa vitesse moyenne, sa direction et sa surface. Aussi, les murs qui sont censés être exposé au vent pour transporter la pluie ou d'autre substances doivent être modérément ouverts pour pouvoir utiliser l'évaporation comme moyen de refroidissement [17].

#### **1.4. Les protections solaires :**

La protection solaire est un élément clé pour gérer la lumière naturelle et optimiser les conceptions de bâtiments à faible consommation d'énergie.

La protection solaire est tout élément qui agit pour empêcher certaines parties du rayonnement solaire à traverser des ouvertures.

La protection concerne toutes les ouvertures vers le soleil, mais aussi tous les murs, les toits et parfois même les sols environnants susceptibles d'être affectés par le soleil.

Le dispositif de protection solaire a un rôle d'améliorer le confort thermique et visuel en réduisant les surchauffes et les risques d'éblouissement. Il peut également contribuer à l'intimité des occupants et l'esthétique de la façade.

##### **1.4.1. Les différents types des protections solaire :**

De nombreux types de dispositifs de protection solaire existent, ils peuvent être fixes ou mobiles, extérieurs ou intérieurs et verticaux ou horizontaux. Ils peuvent aussi être liés à l'environnement comme la végétation.

##### **1.4.1.1. Les protections solaires fixes :**

Ils sont efficaces pour les ouvertures orientées au sud, que ce soit l'avancée du toit, d'un auvent, d'un balcon, de lame horizontales ou verticales ...etc. Ce type de protection permet un chauffage passif en hiver et évite les fortes expositions au soleil en été [18]. Les protections solaires fixes sont divisées en :

##### **Horizontaux extérieurs**

Protection légère horizontale.  
Avancées horizontales (casquettes).  
Skylight.  
Réflecteur.  
Stores

##### **Verticaux extérieurs**

Rideaux.  
Stores verticaux.  
Films réfléchissants sur les fenêtres.  
Protection passive holographique.  
Les vitrages protecteurs.



Figure 1.4: Protections solaires fixes [19].

### **1.4.1.2. Les protections solaires mobiles :**

#### **1.4.1.2.1. Les protections solaires mobiles extérieurs :**

La protection mobile permet un ajustement, qui peut être ajusté en fonction de l'heure de la journée et de la saison. Ils sont généralement très légers par rapport aux protections fixes. Plus, le matériau est isolant, meilleure est la protection contre la surchauffe. Ils bloqueront davantage les rayons du soleil et laisseront entrer la lumière sans être éblouissants.



Figure 1.5: Protections solaires mobiles extérieurs [17].

#### **1.4.1.2.2. Les protections solaires mobiles intérieurs :**

Il peut s'agir de stores à lames orientables, horizontales ou verticales, de rideaux occultants, les stores intérieurs... leur seul intérêt est de bloquer trop de lumière. En effet, une fois que la lumière traverse les baies vitrées à l'intérieur du bâtiment, un effet de serre se crée. Les systèmes externes sont plus efficaces que les systèmes internes [20].

### **1.4.1.3. La protection végétale :**

Les plantations végétales sous formes diverses (arbres, arbustes, plantes grimpantes... etc.) dans des endroits appropriés pouvant fournir de l'ombre au bâtiment. Dans la plupart des cas, les plantes à feuilles caduques sont le premier choix lorsqu'elles cherchent une protection en été mais profitent du gain solaire en hiver. De plus, la plantation de pelouses ou de lianes au sol, face à l'ouverture, limitera la réflexion du rayonnement par le sol (la pelouse absorbe 80 % du rayonnement) [21].

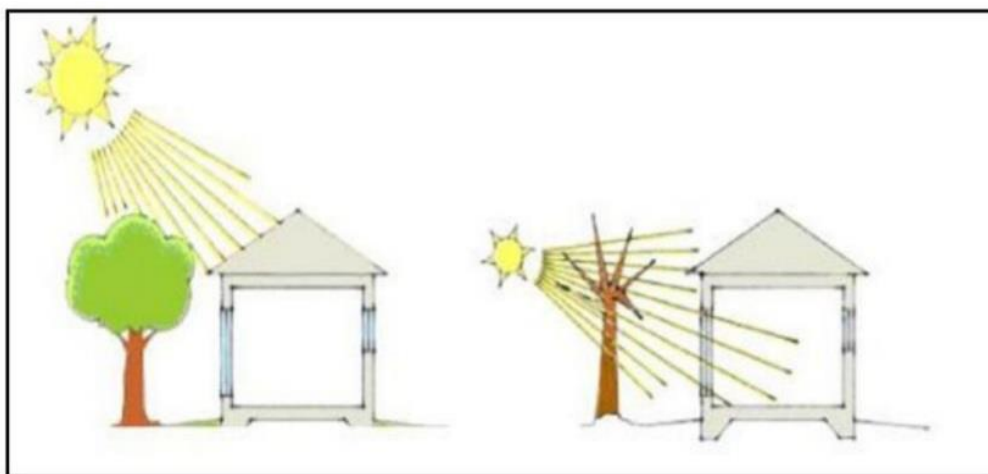


Figure 1.6 : la végétation comme protection solaire naturelle [22].

### **1.4.2. Le contrôle solaire permis par les vitrages solaire :**

Afin d'éviter la transmission de chaleur, on utilise des vitrages spécialisés qui limitent des transmissions énergétiques solaire et qui donne accès à un éclairage naturel et suffisant. Les vitrages spéciaux offrent continuellement une bonne solution contre l'éblouissement et bien sûr garde leur merveilleuse transmission lumineuse.

#### **1.4.2.1. Vitrages absorbants :**

Les verres absorbants sont généralement placés du côté extérieur afin de renvoyer le plutôt possible vers l'extérieur les rayons UV. C'est des verres teintés dans la masse (bronze, gris, vert...) par adjonction d'oxydes métalliques.

#### **1.4.2.2. Vitrages réfléchissants :**

Les vitrages réfléchissants de couleur argenté offrent la possibilité à une grande partie de la lumière d'entrer tout en stoppant quasi complètement le rayonnement infrarouge. Ils sont fabriqués à partir d'une ou de plusieurs couches à base d'oxyde métalliques. Ils sont utilisés sur les doubles vitrages et sur la face intérieure de façon à réfléchir les rayons lumineux avant qu'ils ne pénètrent dans la couche d'air.

#### **1.4.2.3. Les vitrages à stores intégré :**

Un double vitrage réglable par commande manuelle au motorisée, équipe de stores vénitiens inclinables.

#### **1.4.2.4. Les vitrages électro chromes et gasochromes :**

Un verre qui s'obscurcit ou s'éclaircit en fonction de la température extérieur ne peut être que le vitrage électro chromes ou gasochromes, de manière continue et réversible sous

l'effet d'une tension électrique d'une limite qui ne dépasse pas quelques volts ou l'injection d'un gaz dans la cavité.

**1.4.2.5. Les vitrages solaires dit systèmes solaires actifs :**

Les systèmes solaires actifs favorisent les apports passifs en hiver et limitent la surchauffe en été grâce à des panneaux solaire ou pour produire de l'électricité avec des panneaux photovoltaïques. Ils sont conçus pour optimiser le flux solaire traversant le vitrage en fonction de la hauteur du soleil, ils permettent un éclairage naturel.

**1.4.2.6. Les modules photovoltaïques translucides :**

Comme des panneaux photovoltaïques, ce sont des plaques de silicium entre deux verres, sauf que de façon à avoir une transparence l'espace entre deux carrés de silice est laissé plus rand [20].

**1.5. Matériaux de construction (la couleur) :**

L'orientation des murs et des toits du bâtiment au soleil permet à la qualité de l'intervention des revêtements et la couleur du visage externe. En minimisant le confort intérieur, facteur d'absorption et en augmentant le facteur d'émission. Dans les climats chauds, la couleur claire de la façade contribue à la protection solaire du bâtiment. Bien que sombre accélère l'accumulation de la chaleur absorbée, de sorte que la température dans l'espace augmente. L'entretien permanent de la façade contre les moisissures, les salissures et le vieillissement naturel permet de maintenir sa qualité de protection contre les effets de la surchauffe en été.

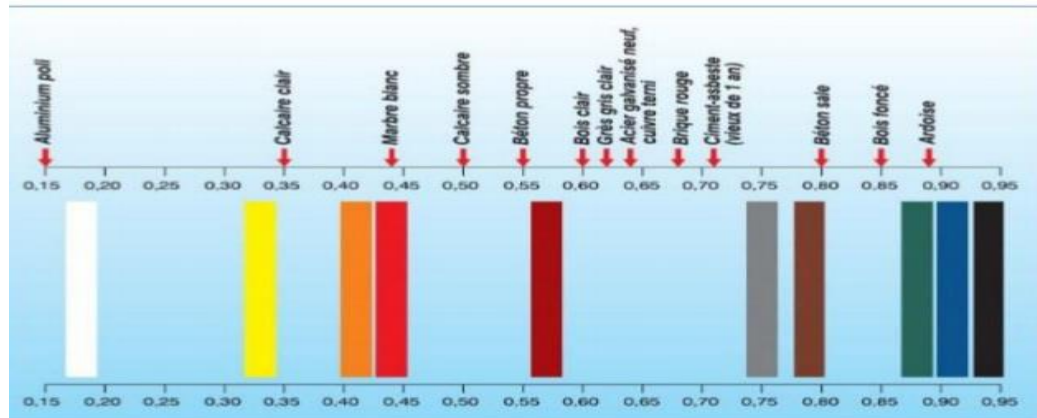


Figure 1.7 : coefficients d'absorption pour différent matériaux et couleurs [17].

**1.6. La ventilation :**

Dans la littérature, la ventilation naturelle est définie comme le mouvement de l'air à travers un espace sans être affecté par un équipement mécanique. La ventilation intérieure est l'un des facteurs les plus importants pour la santé et le bien-être de l'homme. Elle affecte directement le corps humain par la pureté de l'air et les effets physiologiques de son mouvement, et indirectement par la température et l'humidité de l'air ambiant [14].

Selon Gandemer G [23] l'air se déplace grâce aux différences de pression qui existent entre les façades et grâce à la différence de masse volumique de l'air en fonction de sa température. Mais le débit est très mal contrôlé car il dépend du vent, des conditions climatiques, de la saison et peut conduire à une sous-ventilation ou au contraire à une sur ventilation. Néanmoins, Pour assurer une ventilation naturelle efficace, la conception du

bâtiment doit prendre en considération les phénomènes physiques d'écoulement d'air et la position des ouvertures en façade.

La ventilation naturelle des bâtiments peut être réalisée de deux mécanismes sont le vent (climats chauds et humides) ou le tirage thermique (les climat chauds et secs)

Afin de garantir une bonne qualité de l'air intérieur dans un bâtiment, il faut amener de l'air neuf dans les locaux afin de diluer les polluants qui y sont émis : cette ventilation hygiénique doit s'opérer de façon à respecter le confort thermique de l'habitant.

#### **1.6.1. Les conditions de la ventilation :**

- L'orientation par rapport à la direction du vent.
- La position des ouvertures sur les façades.
- Dimensionner des ouvertures et les dispositifs qui favorisent les écoulements d'air dans les espaces intérieures.
- L'éloignement du bâtiment par rapport aux obstacles de l'écoulement du vent [19].

#### **1.6.2. Les types de ventilation :**

Il existe plusieurs types de modes de ventilation naturelle dans les bâtiments, les trois principaux sont :

##### **1.6.2.1. La ventilation naturelle par ouverture des fenêtres :**

La ventilation naturelle par ouverture des fenêtres permet de réduire les infiltrations d'air par les défauts d'étanchéité de l'enveloppe et donne aux occupants la possibilité de contrôler les ouvertures des fenêtres et des entrées d'air en façade [24].

##### **1.6.2.2. La ventilation transversale naturelle :**

La ventilation transversale est la meilleure stratégie de la ventilation naturelle. Il s'agit d'un passage de l'air à travers deux ouvertures sur deux façades opposées dont une est disposée dans une zone de surpression alors que l'autre est dans une zone de dépression [14].

##### **1.6.2.3. La ventilation par tirage thermique :**

La ventilation par tirage thermique est parfois utilisée quand la ventilation traversante n'est pas possible et quand la ventilation par exposition simple n'est pas suffisante. Le tirage thermique est en général assuré par la différence de température entre l'air chaud intérieur et l'air plus frais de l'extérieur [17].

L'effet cheminé est le mouvement de l'air intérieur dans un conduit, il est très efficace en hiver et les nuits d'été, on retrouve un petit conduit d'aération dans chaque maison qui expulse l'air chaude jusqu'au toit [17].

#### **1.7. Conclusion :**

Pour conclure la compacité permet de réduire les besoins d'énergie tout en réduisant les factures d'énergie pour le chauffage comme pour le refroidissement. Les facteurs de compacité ne s'additionnent pas et la compacité globale n'est pas leur moyenne. Plus le bâtiment est compact plus les fuites thermiques diminuent. C'est une notion très importante pour le développement des bâtiments non énergivores.

D'autre part, on a pu faire sortir les principes de base de l'architecture bioclimatique. Cette dernière insiste sur l'optimisation de la relation qui existe entre le bâtiment et le climat pour créer des ambiances confortables.

#### **Références :**

[1] Les conséquences de la compacité. [En ligne] <https://www.logic-immo.be/fr/blog/autre/la-construction-compacte-5104.html>

- [2] Izard, J. L., & Zacek, M. (1989). *Conception architecturale bioclimatique et parasismique* (Doctoral dissertation, Ministère de l'équipement et du logement/Bureau de la recherche architecturale (BRA) ; Ministère de la recherche et de la technologie ; Ecole nationale supérieure d'architecture de Marseille-Luminy/Groupe ABC-Laboratoire Architecture Bioclimatique et Constructions exposées aux risques naturels).
- [3] Boursas, A., & Mehri, Z. *Etude de l'impact de la compacité du bâtiment sur la performance énergétique d'un bâtiment résidentiel.*
- [4] Salomon, T. (2000). *Solar architecture and climatic design of buildings ; Architecture solaire et conception climatique des bâtiments.*
- [5] Doukhane, D., & Chougui, M. L. E. (2020). *L'isolation thermique et la compacité comme solution architecturale dans le bâtiment* (Doctoral dissertation, Université de Jijel)
- [6] « Compacité : quelle influence sur les performances de votre maison ? ». <https://maison-en-conception.fr/bioclimatisme-la-compacite-influence-sur-les-performances-de-votre-maison/>
- [7] Guide AITF/EDF, bâtiment basse consommation. [https://www.aitf.fr/system/files/files/eguide\\_conception-batiment-bbc\\_amoies\\_aitf\\_edf.pdf](https://www.aitf.fr/system/files/files/eguide_conception-batiment-bbc_amoies_aitf_edf.pdf)
- [8] Le Guide de l'Eco-construction du Pôle Azur Provence et de la CASA.2008. [https://www.nicecotedazur.org/uploads/media\\_items/guide-eco-construire.original.pdf](https://www.nicecotedazur.org/uploads/media_items/guide-eco-construire.original.pdf)
- [9] IPM, « Logic-Immo.be », <https://www.logic-immo.be/fr/blog/habiter/les-avantages-de-lhabitat-compact-2492>
- [10] <https://passivact.fr/Concepts/files/CompaciteBatiment-Consequences.html>
- [11] Etude thermique de la compacité. [Enligne] <https://www.etude-thermique-rt2012.com/compacite>
- [12] De Herde, A., & Liébard, A. (2005). *Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques : concevoir, édifier et aménager avec le développement durable.*
- [13] Fernandez, P. (1996). *Strategie d'integration de la composante energetique dans la pedagogie du projet d'architecture* (Doctoral dissertation, Paris, ENMP).
- [14] Givoni, B. (1978). *L'homme, l'architecture et le climat.* (Trad. de l'angl.).
- [15] Oliva, J. P. (2001). *L'isolation écologique : conception, matériaux, mise en œuvre.* Terre vivante.
- [16] Chabi, M. (2009). *Etude bioclimatique du logement socio-participatif de la vallée du M'zab : cas du ksar Tafilelt* (Doctoral dissertation).
- [17] Mazari, M. (2012). *Etude et évaluation du confort thermique des bâtiments à caractère public : cas du département d'architecture de Tamda (Tizi-Ouzou)* (Doctoral dissertation).
- [18] Ferradji, K. (2017). *Évaluation des performances énergétiques et du confort thermique dans l'habitat : Cas des logements HPE de l'OPGI de Blida* (Doctoral dissertation, Université Mohamed Khider-Biskra).

[19] Rahmouni, S. (2020). *Evaluation et Amélioration Energétiques de Bâtiments dans le cadre du Programme National d'Efficacité Energétique* (Doctoral dissertation, Université de Batna 2).

[20] Drid, M., & Mazouz, S. (2016). *Les impacts de la protection solaire sur le confort d'usage dans les salles de classes*.

[21] TAREB, chapitre 4 « Intégration Architectural ». [https://www.new-learn.info/packages/tareb/docs/lea/lea\\_ch2\\_fr.pdf](https://www.new-learn.info/packages/tareb/docs/lea/lea_ch2_fr.pdf)

[22] Kheddouma, M., & Kelil, N. (2016). *Les énergies solaires dans l'habitat bioclimatique*.

[23] Gandemer, J., & Guyot, A. (1976). Intégration du phénomène vent dans la conception du milieu bâti. *Paris : Ministère de la Qualité de la Vie*.

[24] Saheb, B., & Larab, N. E. (2018). Etude et simulation de ventilation d'un local [Mémoire de master 2]. *Bouira : Université Akli Mohand Oulhadj*.

## **CHAPITRE 02 :**

### **L'isolation *thermique des bâtiments***

**Introduction :**

A l'époque, l'Homme utilisait le feu de bois pour se nourrir et se réchauffer, c'était la première source de chaleur et non polluante.

Aujourd'hui, les êtres humains consomment de l'énergie fossile. Sa consommation et ses besoins en énergie sont devenus très polluante et énergivore. Pour cela l'Homme s'est penché sur la réduction de la pollution et la consommation d'énergie. Dans le but d'atteindre le développement durable, depuis les années 70 du siècle dernier, l'Homme s'est mis à réfléchir pour l'isolation thermique dans le bâtiment, c'est une idée à la fois bonne pour l'environnement et très confortable pour les utilisateurs. Dans ce chapitre nous exposons quelques types de différents modes de transfert de chaleur dans les bâtiments. Nous donnerons aussi différents types d'isolation thermique et différents matériaux d'isolation.

**2.1. Le transfert de chaleur :**

Un transfert de chaleur ou transfert thermique est un déplacement d'énergie dû à une différence de température. Il joue un rôle essentiel en thermodynamique (3ème principe) qui énonce que la chaleur se propage du chaud vers le froid entre deux corps mis en contact jusqu'à atteindre un état d'équilibre. Il existe trois façons de transfert thermique : la conduction, la convection et le rayonnement [1].

**2.1.1. Les modes de transfert de chaleur :**

**2.1.1.1. Transfert par conduction :**

La conduction thermique qu'il convient d'appeler la diffusion thermique, c'est le transfert de chaleur au sein d'un milieu souvent 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 vibrations d'atomes ou de molécules et une transmission par les électrons libres [2].

**2.1.1.2. Transfert par convection :**

La convection est un mode de transfert de chaleur qui met en jeu, en plus de la conduction, le mouvement macroscopique de la matière. Ce phénomène se produit au sein des milieux fluides en écoulement ou entre une paroi solide et un fluide en mouvement. On distingue deux types de convection :

- La convection naturelle (libre) : le mouvement provient de l'action de la différence de température entre le fluide et la paroi qui provoque une diminution ou une augmentation de la densité et donc un mouvement de circulation du fluide.

- La convection forcée : le mouvement est imposé par une action extérieure (pompe, ventilateur, ...) [3].

**2.1.1.3. Transfert par rayonnement :**

C'est un mode de transfert de chaleur qui nous est familier : l'hiver devant un bon feu ou l'été sur la plage au soleil. La chaleur passe d'un corps à haute température vers un corps à basse température sous forme d'un rayonnement électromagnétique (photon) ; les deux corps devront être dans un milieu transparent (comme l'air ou le vide) [4]

## **2.2. Notions thermiques :**

### **2.2.1. Flux thermiques :**

Le flux thermique est la quantité d'énergie thermique qui traverse une surface isotherme par unité de temps [5].

$$q = \frac{\partial Q}{dt} (W) \quad (2.1)$$

### **2.2.2. Conductivité thermique :**

La conductivité thermique (notée  $\lambda$ ) correspond à la capacité d'un matériau à conduire la chaleur. Elle représente la quantité de chaleur transférée par unité de surface et par unité de temps, sous un gradient de température [6].

$$\lambda = q \frac{e}{\Delta T} \left( \frac{W}{m \cdot K} \right) \quad (2.2)$$

### **2.2.3. Résistance thermique :**

La résistance thermique (notée R) correspond à la capacité d'un matériau à résister au froid et à la chaleur. Elle est déterminée en divisant l'épaisseur du matériau (e) par la conductivité thermique de ce dernier ( $\lambda$ ) [6].

$$R = \frac{e}{\lambda} \left( m \cdot \frac{K}{W} \right) \quad (2.3)$$

### **2.2.4. Le coefficient de transmission calorifique :**

Le coefficient de transmission calorifique (notée h) caractérise les déperditions thermiques d'un matériau ou d'une paroi. C'est l'inverse de la résistance thermique (R)[7].

$$h = \frac{1}{R} \left( \frac{W}{m \cdot K} \right) \quad (2.4)$$

### **2.2.5. Capacité thermique massique :**

On appelle capacité thermique massique ( $C_p$ ) la quantité de chaleur qu'il faut appliquer à 1kg de matière pour élever sa température de 1°K [5].

### **2.2.6. Capacité thermique :**

La capacité thermique est l'énergie qu'il faut apporter à un corps pour augmenter sa température d'un 1°K. Elle s'exprime en (J/K). C'est une grandeur extensive [5].

$$C = C_p \times m (J \cdot K) \quad (2.5)$$

## **2.3. Isolation thermique :**

L'isolation thermique est un ensemble de propriété que possède un matériau de construction pour minimiser le transfert de chaleur. Elle permet à la fois de réduire les consommations d'énergie de chauffage ou de climatisation, et d'accroître le confort comme maintenir les températures et l'hygrométrie en été et en hiver il règle le problème de parois chaude ou froide que ça soit en été ou en hiver [7].

### **2.3.1. L'objectif d'isolation thermique :**

L'isolation des bâtiments peut :

- Réduire l'énergie utilisée pour le chauffage et la climatisation pour des conditions confortables toute l'année.

- Contribuer à la protection de l'environnement en réduisant les consommations et les émissions de gaz à effet de serre et en protégeant les ressources énergétiques.

Si l'isolation thermique n'est pas mise en place, de nombreux phénomènes sont observés.

### **2.3.1.1. Pertes de chaleur :**

Toute enveloppe en contact avec l'extérieur doit être isolée qu'ils s'agissent du sol, du plafond ou des murs car le bâtiment étant soumis à des conditions climatiques variables et extrêmes engendre une situation d'inconfort et les matériaux peuvent se dégrader [8].

### **2.3.1.2. Ponts thermiques :**

Un pont thermique est un défaut d'isolation ou il existe une interruption de l'enveloppe isolante continu entraînant de grandes pertes de chaleur, il représente les jonctions entre les murs, mur-plancher, mur-fenêtre, les poutres etc. Une vérification et rectification se doit s'il y a un raccordement plancher-mur extérieur, une gaine de ventilation ou cadre de fenêtre mal isolés [8].

### **2.3.1.3. Parois froides :**

Dans une pièce, la température ressentie par le corps humain correspond à la moyenne entre la température de l'air de la pièce et la température de surface des murs environnants. On prend l'exemple suivant, si la température moyenne de l'air dans la pièce est de 21°C et que les murs 13°C, la température résultante sera de 17°C.

Cela peut entraîner un inconfort thermique, et l'utilisateur ira systématiquement à l'apport de chauffage pour compenser ce déséquilibre. Par contre, si l'on isole bien le mur en contact avec l'extérieur, alors la température sur le mur sera plus proche de celle de l'air. Cela représentera des économies d'énergie et par conséquent des économies de facture d'énergie [8].

### **2.3.1.4. La condensation :**

C'est un phénomène d'eau naturel à l'état gazeuse qui se concentre au contact d'une paroi à partir d'une certaine température. Quand le taux d'humidité d'une pièce à 25°C est de 50% et que la température de la paroi est à 14°C alors l'humidité va se réduire en surface sur le mur. Cette condensation dégrade les matériaux et les abîme, cette vapeur d'eau est néfaste pour la santé des occupants car elle cause de la moisissure [8].

## **2.3.2. Les principes de l'isolation thermique :**

### **2.3.2.1. L'isolation intérieure :**

ITI autrement dit isolation thermique par intérieur est une technique permettant d'améliorer les performances énergétiques des murs, des toitures (isolation des combles perdus ou habitables) et des sols. L'isolation se fait en plaçant des panneaux isolants sur la zone à traiter. L'isolation intérieure est facile à mettre en œuvre et moins chère qu'une isolation extérieure. Le matériau isolant peut être de la laine minérale, c'est une solution performante et économique. La technologie est utilisée dans les travaux de rénovation et le renforcement de l'isolation mais à l'inconvénient de réduire la surface habitable [9].



Figure 2.1 : Isolation intérieur [10]

### **2.3.2.2.L'isolation extérieur :**

L'isolation par l'extérieur convient également pour l'isolation des toits, des combles et des murs. Mais c'est une solution coûteuse et qui demande beaucoup de travail. Elle est recommandée pour réparer le toit ou réparer l'extérieur du mur.

Le principal avantage de l'isolation par l'extérieur est qu'elle enveloppe très bien le bâtiment, cela élimine les ponts thermiques linéaires existants, notamment autour des portes, fenêtres et balcons. Il existe une variété de matériaux d'isolation des murs extérieurs sur le marché. Les matériaux les moins chers sont la laine de verre et la laine de roche. D'autre part, les matériaux suivants les panneaux isolés sous vide (PIV) et les formes de verre en nid d'abeille sont plus chers [11].



Figure 2.2 : Isolation extérieur [12]

### **2.3.2.3.L'isolation intégré :**

Souvent appelée « isolation répartie », l'isolation intégrée consiste à cuirasser le mur dans leur épaisseur. Par conséquent, le matériau isolant est soutenu par l'ingénierie structurelle. Le mauvais placement de matériau ajouté qui pourrait entraîner une mauvaise étanchéité à l'air est évité. Par conséquent, avec cette technique, le matériau de construction de la maison est utilisé à la fois comme mur et comme matériau isolant, de sorte que le temps de construction peut être réduit. Il est à noter que cette technique ne peut être mise en œuvre que lors de travaux de construction ou de rénovation (relevage ou extension). Les matériaux utilisés pour mettre en œuvre cette technologie sont des dalles et des blocs de béton alvéolé ou des briques multi-treillis (briques en terre cuite à simple paroi) [11].



Figure 2.3 : Isolation intégrée [13]

### **2.3.3. Avantages d'isolation thermique :**

- Le principal avantage de l'isolation thermique est qu'elle réduit la dépendance à l'égard des systèmes (mécaniques/électriques) pour avoir le confort dans le bâtiment tout en économisant ainsi l'énergie et les ressources naturelles associées.
- Des économies d'énergie importantes peuvent être réalisées avec des dépenses d'investissement minimales grâce à l'utilisation de matériaux d'isolation thermique.
- Il réduit les coûts d'exploitation en vitalité.
- L'isolation contribue aussi au maintien du niveau d'hygrométrie et peut aider à prévenir certains soucis d'humidité [14].

### **2.3.4. Les différentes méthodes d'isolation :**

#### **2.3.4.1. L'isolation des toitures :**

On entend souvent dire que dans les habitations non isolées, c'est principalement la toiture qui cause les déperditions de chaleur. En fait, tout dépend de la forme du bâtiment, de la surface du toit par rapport aux murs. Cependant, selon la configuration du toit, on peut dire qu'il y a une perte de 20% à 30%.

Toit plat, grenier remodelé ou perdu, perte et la méthode d'isolation sera différente. Si le toit est déjà quelque peu isolé, ce pourcentage sera nettement inférieur. Diagnostic thermique initial peut connaître la proportion exacte de perte par rapport aux autres murs identifier les priorités d'amélioration [15].



Figure 2.4 : Isolation des toitures [16]

#### **2.3.4.2.L'isolation des murs :**

L'isolation thermique est une isolation extérieure (ITE), elle isole les murs de l'extérieur. Bien que l'isolation des murs intérieur (ITI) est très recommandé pour les constructions neuves, ITE est idéal pour les chantiers de rénovation [15].

#### **2.3.4.3.L'isolation des fenêtres :**

Les fenêtres sont le double des points d'isolation, les cadres de fenêtres et les fenêtres bien isolées doivent être choisis en tenant compte Type de cadre (bois, plastique, métal) [15].



Figure 2.5: Isolation des fenêtres [17]

#### **2.3.4.4.L'isolation des planchers :**

La maison dissipe la chaleur à travers tous ses murs extérieurs. Pertes par les sols peuvent représenter jusqu'à 10 % des coûts totaux de chauffage et de climatisation. En isolant le sol avec des panneaux isolants, vous pouvez réduire durablement les dépenses énergétiques [15].



Figure 2.6 : Isolation des planchers [18]

#### **2.3.5. Les isolants thermiques :**

Des isolants thermiques sont des matériaux caractérisés par leur résistance thermique et leur inertie thermique, c'est une composition ayant une faible conductivité. Ils permettent d'éviter le transfert de chaleur ou de froid, ainsi que les ponts thermiques.

#### **2.3.6. Différents types d'isolants :**

Il existe quatre familles d'isolant qui sont :

##### **2.3.6.1.Les isolants minéraux :**

Ils sont d'origine naturelle non organique. Ils sont faits de matière recyclé et fabriqué à partir de fibres minérales liées entre elles par collage. Ces produits sont vendus sous forme de panneau.

Quelques exemples : La laine de verre, La laine de roche, Le verre cellulaire.

**2.3.6.2. Les isolants synthétiques :**

Ces matériaux issus de la pétrochimie (pétrole), il appauvrit la couche d'ozone et libère des gaz toxiques. Ils se présentent sous forme de panneau.

Quelques exemples : Le polystyrène expansé (PSE), Polystyrène extrudé (XPS), Polyuréthanes (PUR)

**2.3.6.3. Les isolants d'origine végétale et animale :**

Ces isolants sont faits généralement à partir de sources renouvelables et de méthodes de production à haute énergie.

Quelques exemples : Fibres de bois, le liège, La laine de mouton, La plume du canard.

**2.3.6.4. Les nouveaux isolants :**

La nouvelle génération d'isolateurs utilisés dans le neuf, sont rarement utilisés à l'heure actuelle. Certains sont très efficaces, d'autres ne sont pas fiables. Ils se veulent des isolants minces, notamment dans les combles, ou plus spectaculairement du béton cellulaire, à la fois comme murs porteurs et comme isolant [19].

Quelques exemples : La peinture isolante réfléchissante,

**2.3.7. Différents matériaux d'isolants :**

• **La laine de verre :**

Elle est obtenue par à partir de la fusion ou fibrage de la silice (sable), du verre de récupération (ou calcaire). Ce matériau se présente généralement sous la forme d'un rouleau et d'un panneau. Sa conductivité thermique est de 0.030 à 0.040 (w/m.k)



Figure 2.7 : Laine de verre [20]

• **La laine de roche :**

Elle est transformée à partir d'une roche volcanique (Basalte), de fondant et de coke. Elle se représente sous forme d'un panneau et sous forme de rouleau. Sa conductivité thermique est de 0.032 à 0.040 (w/m. k).



Figure2.8 : Laine de roche [21].

- **Le verre cellulaire :**

C'est une mousse de verre. Son origine est du sable ou calcine (verre recyclé). Elle se représente sous forme des panneaux rigides. Sa conductivité thermique est de 0.038 à 0.055 (w/m. k).



Figure 2.9 : Verre cellulaire [22]

- **Le polystyrène expansé (PSE) :**

Le PSE est un isolant dérivé de chimie du pétrole. Il est obtenu à partir d'un mélange de polystyrène et de gaz qui donne un matériau léger de couleur blanche. Sa conductivité est très faible entre 0.029 et 0.038 (w/m. k) [23].



Figure 2.10 : Polystyrène expansé (PSE) [24]

- **Polystyrène extrudé (XPS) :**

C'est un matériau produit par l'industrie du pétrole. Il est obtenu à partir d'un mélange de polystyrène et de gaz, qui donne un matériau léger de couleur bleue. Facile à poser, léger. Sa conductivité thermique varie entre 0.029 et 0.035 (w/m. k) [25].

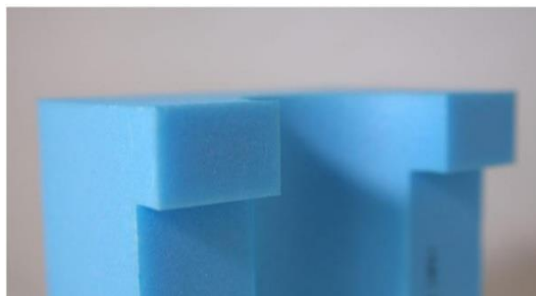


Figure 2.11 : Polystyrène extrudé (XPS) [25].

- **Polyuréthanes (PUR) :**

Les polyuréthanes sont moins stables, cher, ils sont utilisés pour les colles, peintures et mousse de remplissage pour les interstices autour des fenêtres. Sa conductivité thermique est faible entre 0.024 à 0 .03 (w/m. k).



Figure 2.12: Polyuréthanes (PUR) [26].

- **Fibres de bois :**

Les fibres de bois sont des matériaux naturels. Elles obtenues par défibrage de chutes de bois résineux. Elles préservent également la qualité de l'air intérieur. Elles peuvent être utilisées en vrac ou transformées sous forme de panneaux.



Figure 2.13 : Fibres de bois [27]

- **Le liège :**

C'est un produit agricole et matériau épais, imperméable et léger, fourni par l'écorce de certains arbres et particulièrement du chêne-liège. Il se représente sous forme de panneau et en vrac. Sa conductivité thermique peut varier entre 0.032 et 0.045 (w/m. k)



Figure 2.14 : Liège [28]

- **La laine de mouton :**

C'est un isolant naturel, sain et écologique. Il faut pour sa préparation après la tonte, un trempage, un dégraissage, un rinçage et un traitement contre le feu, les moisissures et les insectes.

Elle est une très bonne régulatrice d'humidité. Elle se représente sous forme de rouleau et des panneaux semi-rigide. Sa conductivité thermique est de 0.035 à 0.042 (w/m. k).



Figure 2.15: Laine de mouton [29].

- **Peinture isolante extérieure :**

Elle adaptée à l'isolation des façades et des toitures. Il retient la chaleur en hiver et évite la surchauffe en été en réfléchissant les rayons du soleil. Cette peinture tient bien, météo, moisissure et saleté. C'est du plâtre blanc [30].



Figure 2.16 : Peinture isolante extérieure [30]

### **2.3.8. Critères d'isolant :**

#### **2.3.8.1. La conductivité thermique :**

La conductivité thermique ( $\lambda$ ) est exprimée en (W/m °K). Elle correspond à la capacité d'un isolant à ne pas laisser passer la chaleur, c'est-à-dire à la quantité de chaleur qu'un matériau peut transférer. Ainsi, plus la conductivité thermique est faible, plus le matériau est isolant à même épaisseur [31].

#### **2.3.8.2. La résistance thermique :**

La résistance thermique (R) est exprimée en  $m^2 \text{ °K/W}$ . Il correspond au rapport de l'épaisseur (en mètres) à la conductivité thermique (W/m °K) du matériau considéré. Ainsi, plus la résistance thermique est élevée, plus le matériau considéré est isolant, et donc performant. Un matériau considéré est isolant Lorsque la résistance thermique est Supérieur à  $0,5 m^2 \text{ °K/W}$  [31].

**2.3.9. Choix d'un bon matériau isolant :**

Pour choisir les produits d'isolation, veuillez consulter l'étiquette du produit qui figure sa résistance thermique R. Pour garantir les performances et qualité : choisissez des produits certifiés.

Les certifications sont :

**2.3.9.1.Certification ACERMI :**

La certification ACERMI des isolateurs complète le marquage CE de ces produits, obligatoire depuis mars 2003. Toutes les propriétés déclarées sont certifiées : il s'agit au moins de la résistance thermique avec la conductivité thermique, le comportement dans l'eau, le comportement mécanique (et, le cas échéant, la réaction au feu).

Les produits d'isolation sont sélectionnés en fonction de leur application dans la structure, la certification ACERMI comprend une classe caractéristique est donnée pour l'adéquation du produit selon les normes européennes ou selon la classification ISOLE [32].

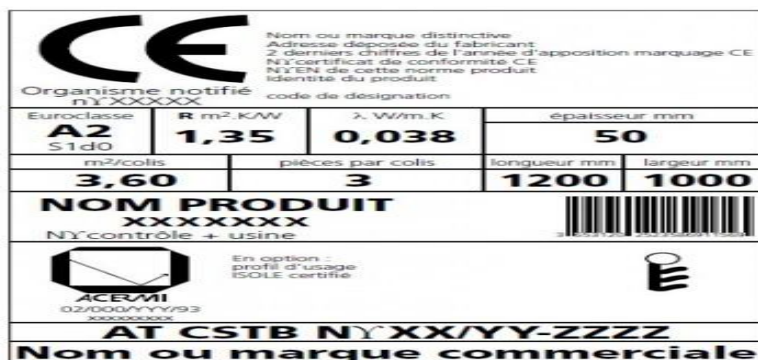


Figure 2.17 Marquage CE des produits fait par La certification ACERMI [32]

**2.3.9.2.Certification NF ou CSTBat :**

Ces certifications s'appliquent aux matériaux isolants porteurs tels que le béton cellulaire, la brique ou le monomur terre cuite.

La résistance thermique des murs, y compris les joints, est évaluée et certifiée. Ces certifications comprennent Selon les caractéristiques de la capacité à utiliser l'application au travail [32].

**2.3.9.3.La certification CEKAL :**

Elle évalue la qualité et performance thermiques acoustique des vitrages.

**2.3.9.4.La certification ACOTHERM :**

Elle certifier toutes les menuiseries extérieur ou intérieur, elle garantit les niveaux d'isolation acoustique et thermique des fenêtres.

**2.3.9.5.La certification NF fenêtre bois :**

Elle garantit les propriétés techniques des fenêtres comme l'étanchéité à l'air et à l'eau et la résistance au vent [32].

**2.3.10. L'isolation du vitrage :**

L'isolation de la partie opaque de l'enveloppe n'est pas suffisante pour obtenir la performance thermique souhaitée, il faut considérer également la partie transparente ou ouvertures vitrées.

La performance thermique d'une paroi vitrée dépend de la nature de la menuiserie, de la performance du vitrage et de la qualité de pose des vitrages. Enfin, ces protections sont très efficaces pour limiter les températures intérieures la nuit en été.

### **2.3.10.1. La qualité des vitrages :**

- **Le double vitrage classique :**

Réduit les effets de paroi froide. Il réduit la condensation et la perte de chaleur par les fenêtres

- **Le double Vitrage à Isolation Renforcée (VIR) :**

Il constitue une nouvelle génération de verre double couche, dont la capacité d'isolation thermique est deux à trois fois supérieure à celle d'un verre double couche ordinaire et plus de quatre fois supérieure à celle d'un verre simple couche. Une fine couche transparente peu émissive (généralement à base d'argent) est déposée sur une face du verre (côté entrefer). Cette couche agit comme un bouclier invisible pour empêcher la chaleur intérieure de s'échapper vers l'extérieur en hiver. Il permet d'économiser environ 10% de chaleur et améliore considérablement le confort [33].

### **2.3.10.2. Techniques d'isolation d'une paroi vitrée :**

- **Le survitrage :**

Il consiste à poser sur la fenêtre existante une vitre rapportée à l'aide de profilés spécifique. C'est une solution peu onéreuse, mais d'une efficacité relative.

Le vitrage rapporté peut alourdir l'ouvrant et provoquer son affaissement.

- **Le double vitrage de rénovation :**

Il s'agit de remplacer le simple vitrage des fenêtres existantes par du double vitrage dit "rénovation". Il s'agit de doubles vitrages posés en atelier à pans minces pouvant être fixés dans des feuillures existantes.

- **Changement de fenêtre avec conservation du dormant existant :**

Rapide et écologique.

- **Remplacement total de l'ancienne fenêtre :**

L'opération est plus lourde que la précédente. Economiquement, c'est la solution la plus efficace. Il est recommandé de choisir des fenêtres à double vitrage à isolation renforcée (VIR) [33].

### **2.4. L'inertie thermique :**

L'inertie thermique dépend de la constitution de l'enveloppe et du poids des planchers et des parois. Il existe deux types d'inertie :

#### **2.4.1. L'inertie de transmission :**

Elle décrit dans quelle mesure les parois de l'enceinte réduisent l'amplitude de l'oscillation de la température extérieure et retardent son transfert vers l'intérieur. L'inertie de la transmission diminue avec l'augmentation de l'épaisseur avec la diffusivité du mur [34].

#### **2.4.2. L'inertie d'absorption :**

Elle décrit la température des surfaces murales intérieures en contact avec l'air intérieur. Localement, il répond aux oscillations du flux de chaleur interne.

L'inertie d'absorption augmente avec l'épaisseur de paroi et la diffusivité. La différence entre l'inertie transmise et l'inertie absorbée est importante car la majeure partie du flux de chaleur ne traverse pas l'enveloppe opaque mais affecte directement l'intérieur du bâtiment par des ouvertures ou des événements [34].

## **2.5. Conclusion :**

Pour conclure, L'isolation thermique est un moyen efficace pour diminuer les pertes d'énergie et offrir un confort thermique pour les êtres humains, en particulier dans les zones désertiques. Elle permet de préserver les ressources énergétiques et limiter les émissions de gaz à effet de serre. Il est très important de bien choisir les matériaux isolant pour répondre à ses besoins que ce soit en hiver ou en été.

Le rôle des matériaux de construction dans une enveloppe d'un bâtiment est primordial. Selon les critères objectifs ou individuels, leur choix a un impact direct sur la qualité de l'enveloppe thermique. Les caractéristiques thermiques des matériaux de construction vont permettre d'augmenter ou de diminuer la performance énergétique. Le vitrage est nécessaire pour emprisonner l'énergie solaire pour le chauffage en hiver et protéger l'intérieur des déperditions thermiques ou des chaleurs intensifs.

### **Références :**

- [1] Harding, K. G. (2018). *Heat transfer introduction*. University of the Witwatersrand : Johannesburg, South Africa, 1-62.
- [2] Cherier, M. K. (2010). *Etude Théorique et Expérimentale de l'Isolation Thermique Intérieure d'une Pièce d'un Habitat dans la région de Ghardaïa*. (Mémoire de Magister, Université d'Abou Bekr Belkaid, Tlemcen).
- [3] Sophie, Mergui. Cours thermique L2. [http://www.fast.upsud.fr/~mergui/2A101/cours\\_thermique\\_L2.pdf](http://www.fast.upsud.fr/~mergui/2A101/cours_thermique_L2.pdf)
- [4] Bernard. Grandjean. Transfert de chaleur. Volume 1 : Notes de cours, (2013). <http://www.grandjean-bpa.com/therm/Transfertdechaleur-vol1.pdf>
- [5] Hakkoum, S. (2015). *Etude des caractéristiques thermiques et mécaniques des briques en terre cuite traditionnelles dans les régions de la wilaya de Ouargla*. (Mémoire de Magister, Université Kasdi MERBAH, Ouargla).
- [6] Hollaert, L. (2014). *Analyse de la rentabilité financière et des avantages liés à l'isolation thermique : étude de cas adaptés au modèle belge*. (Mémoire de Master, Université libre de Bruxelles).
- [7] Mazari, M. (2012). *Etude et évaluation du confort thermique des bâtiments à caractère public : cas du département d'architecture de Tamda (Tizi-Ouzou)* (Doctoral dissertation université Mouloud Mammeri de Tizi- Ouzou).
- [8] <https://docplayer.fr/18726433-L-isolation-thermique-du-batiment-mai-2016.html>.
- [9] les différents types d'isolation. [www.tarvaux.com](http://www.tarvaux.com).
- [10] <https://www.mesdepanneurs.fr/blog/isolation-interieure-murs>
- [11] Mansouri, Z. E. (2018). *Etude Numérique des performances des matériaux isolants dans le bâtiment (régime permanent) sous conditions de températures réelles de Constantine*. (Mémoire de Master, Université Larbi Ben M'hidi Oum-El-Bouaghi).
- [12] <https://www.datella.fr/entreprise-d-isolation-le-boulou>.
- [13] <https://www.devispro.com/amenagement-habitat/isolation-integree>
- [14] Aichaoui.S. Cheggoiri, A. (2019). *Contribution à l'étude des matériaux de construction aux bâtiments à basse consommation d'énergie dans les zones aride* (Mémoire de Master, Université Kasdi Merbah Ouargla)

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

[https://conseilsthermiques.org/contenu/documents/isolants\\_ecobilan.pdf](https://conseilsthermiques.org/contenu/documents/isolants_ecobilan.pdf)

[16] <https://www.guide-toiture.com/travaux-annexes-toiture/prix-isolation-toiture/>

[17] <https://www.consobrico.com/isolation-des-fenetres-et-portes/?amp>

[18] <https://h2o-isolation.com/blog/les-techniques-disolation-du-plancher-bas/>

[19] STPI / P6 / 2017 – 39. Efficacité énergétique et isolation thermique.

[20] <https://www.build-green.fr/la-laine-de-verre-si-revolutionnaire/amp/>

[21] <https://www.ecohabitation.com/guides/2630/isolant-mineral-la-laine-de-roche/>

[22] <https://www.toutsurlisolation.com/verre-cellulaire>

[23] Définition/polystyrène expansé/futur maison.

<https://www.futurasciences.com/maison/definitions/maison-polystyrene-expanse-10104/>

[24] <https://www.thermal-engineering.org/fr/quest-ce-que-le-polystyrene-expanse-eps-definition/>

[25] <https://www.futurasciences.com/maison/definitions/maison-polystyrene-extrude-10174/>

[26] <https://m.gralon.net/articles/amp/materiel-et-consommables/materiels-industriels/le-polyurethane-presentation-et-applications-1717.html>

[27] <https://www.isonat.com/isolation-fibre-de-bois/decouvrir>

[28] <https://www.ecofoyer.fr/isolation/isolation-liege-utilisation-conseils/>

[29] <https://www.toutsurlisolation.com/laine-de-mouton>

[30] Ferradji, K. (2017). *Évaluation des performances énergétiques et du confort thermique dans l'habitat : Cas des logements HPE de l'OPGI de Blida* (Doctoral dissertation, Université Mohamed Khider-Biskra).

[31] Fragos, M. (2014). Trouillez « Le guide de l'isolation ; Mieux comprendre pour bien choisir », Edition Comprendre choisir. Com, Paris. 2012. *Téléchargeable du site www. Comprendre choisir. Com consulté le, 13(05)*

[32] Doukhane, D., & Chougui, M. L. E. (2020). *L'isolation thermique et la compacité comme solution architecturale dans le bâtiment* (Doctoral dissertation, Université Mohamed Seddik Benyahia- de Jijel).

[33] L'isolation thermique. [https://www.desenfants.com/media/wysiwyg/pdfs/Isolation\\_thermique.pdf](https://www.desenfants.com/media/wysiwyg/pdfs/Isolation_thermique.pdf)

[34] Bernstein, D. Champetier, J. P., Vidal, T., & Adam, C. S. (1997). *Anatomie de l'enveloppe des bâtiments : construction et enveloppes lourdes : Environnement, détails d'architecture*. Groupe Moniteur.

## **Chapitre 3**

### ***Efficacité énergétique d'un bâtiment***

### **Introduction :**

Tous les efforts ont pour but d'avoir un bâtiment cohérent du point de vue énergétique et un bon confort. Pour améliorer l'énergétique d'un bâtiment : il faut agir sur les propriétés techniques, afin de réduire la consommation d'énergie sans altérer le confort des usagers. Des étapes essentielles se révèlent très efficace dans l'amélioration de l'efficacité énergétique.

Les écoconstructions qui existent permettent d'atteindre la satisfaction et le confort des utilisateurs ainsi que l'économie de l'énergie, comme entre autres l'isolation thermique.

Dans notre époque, l'efficacité énergétique est devenue l'un des grands enjeux. Les bâtiments consomment plus d'énergie que les autres secteurs. Agir maintenant permet de réduire leur consommation énergétique et s'adapter au changement climatique. Optimiser et améliorer les propriétés techniques du bâtiment permet un ajustement et une bonne satisfaction des besoins énergétiques.

### **3.1. Définition d'efficacité énergétique :**

Il existe de nombreuses définitions de l'efficacité énergétique, dont certains sont :

- En physique, l'efficacité énergétique est le rapport entre l'énergie utile produite par un système et l'énergie totale consommée pour le faire bien fonctionner [1].
- L'efficacité énergétique se définit comme une consommation en énergie moindre pour le même service rendu [2].
- C'est le rapport entre le service délivré au sens large (performance, produit, énergie, confort, service) et l'énergie qui y a été consacrée [3].
- C'est de réduire à la source la quantité d'énergie nécessaire pour un même service, mieux utilisé l'énergie à qualité de vie constante [4].

### **3.2. Analyse du cycle de vie (ACV) d'un bâtiment :**

Le cycle de vie d'un bâtiment comprend plusieurs étapes, depuis l'extraction des éléments majeurs et la fabrication des éléments de construction, jusqu'à la déconstruction sélective et la restauration du site en fin de vie utile. Afin de protéger notre environnement, le secteur de la construction doit jouer un rôle clé car il a un impact important sur l'environnement (les données ci-dessous sont différentes d'un pays à un autre) [5].

- 50% des ressources naturelles exploitées ;
- 45% de la consommation totale d'énergie ;
- 40% des déchets produits (hors déchet ménager) ;
- 30% des émissions de gaz à effet de serres ;
- 16% de la consommation d'eaux dont 1 à 2% pour l'alimentation humaine.

Conscients de l'importance des enjeux à relever, nous devons nous mobiliser de plus en plus pour maîtriser ces impacts environnementaux en prenant compte toutes les différentes phases du cycle de vie (figure 3-1) du produit de construction au sens le plus large :

- Fabrication des produits de construction
- Construction
- Exploitation et maintenance.
- Réhabilitation ou adaptation
- Déconstruction.

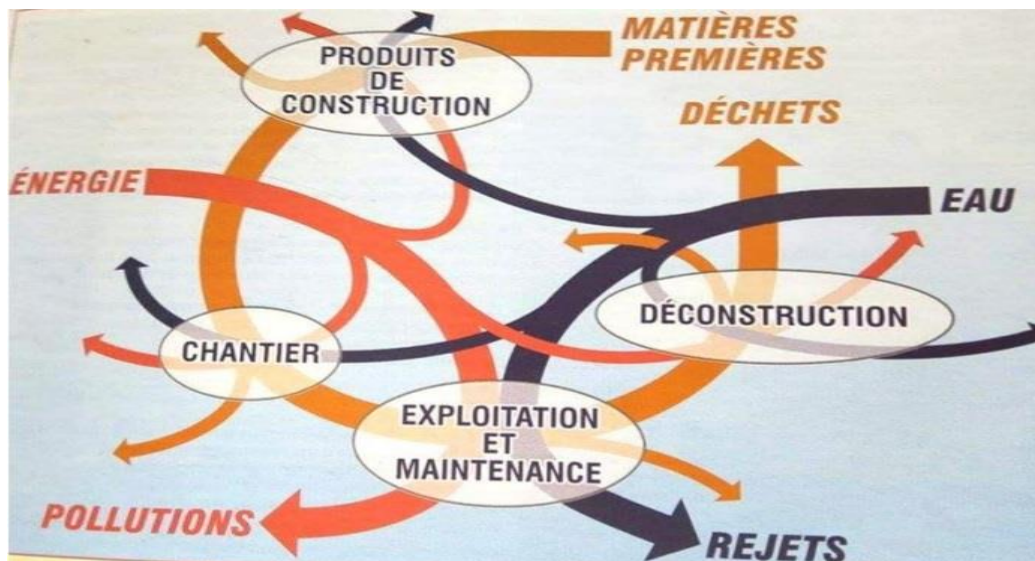


Figure 3.1. Cycle de vie d'un bâtiment [6].

A chacune de ces étapes à commencer par la fabrication du produit de construction, les travaux entrepris constitueront une charge importante sur notre environnement de la manière suivante :

- Consommation d'énergie pour l'extraction, le transport des matières premières et la fabrication des produits de construction.
- Production de déchets de construction et de démolition (matériaux inertes, bois, métal, pots de peinture).
- Pollution de l'air, de l'eau et du sol (gaz d'échappement, huiles usées, eaux usées non traitées).
- Détruire la flore et la faune existantes.
- Les nuisances diverses du milieu environnant (bruit, poussière, etc.).

Cependant, le bâtiment endommage vraiment l'environnement. La phase d'exploitation et de maintenance qui affectent largement les bâtiments : consommation de fuel, de gaz ou d'électricité pour le chauffage, le refroidissement ou l'éclairage, d'eau potable à des fins alimentaires ou d'hygiène, production de déchets ménagers, rejet d'eaux usées. A la fin de sa vie, le bâtiment devra être démolé ou même déconstruit afin de recycler sélectivement ce qui deviendra un ensemble de déchets. Enfin quand le bâtiment disparaît, il conviendra de procéder à une remise en état du site (restauration des fondations, décontamination du sol, replantation) [6].

### 3.3. La synergie entre l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables :

Pour parvenir à un développement durable deux éléments sont essentiels, les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique. L'association de l'énergie renouvelables et de l'efficacité énergétique peut être mise à profit de différentes manières :

- Des mesures d'efficacité énergétique, en diminuant la consommation totale d'énergie, permettent aux énergies renouvelables de remplir une plus grande partie de la demande, de ce fait diminue le besoin d'énergies fossiles, et facilitent l'atteinte des objectifs nationaux pour les énergies renouvelables.

- L'efficacité énergétique contribue à optimiser l'utilisation de systèmes décentralisés basés sur les énergies renouvelables.

- Dans les bâtiments, les énergies renouvelables et les technologies d'efficacité énergétique sont complémentaires : des ressources renouvelables locales pour rafraîchir, chauffer l'eau et produire de l'électricité peuvent être optimisées par des mesures d'efficacité énergétique.

Les profits des énergies renouvelables sont efficaces certes mais par rapport aux énergies traditionnelles ils sont encore faibles car s'ils sont abondants, encore faut-il les capter, les collecter, les concentrer, et les transporter. Les investissements sont très élevés et les coûts restent souvent plus important que les énergies fossiles. Des aides sont nécessaires pour permettre aux énergies renouvelables de prendre leur envol [6].

### **3.4. De l'efficacité énergétique au développement durable :**

Pour le développement durable l'efficacité énergétique est son meilleur allié car il possède de nombreux avantages : réduction de consommation d'énergie fossiles et réduction de la facture énergétique, consolidation de la productivité de l'industrie, amélioration des conditions de vies des habitants. D'après madame Gro Harlem Brundtland. Premier Ministre Norvégien, France (1987) « le développement durable est un développement qui répond aux besoins des générations présentes sans compromettre la capacité des générations futures ».

Pour répondre à la définition du développement durable, chaque logement doit respecter les trois piliers fondamentaux : social, économique et environnemental.

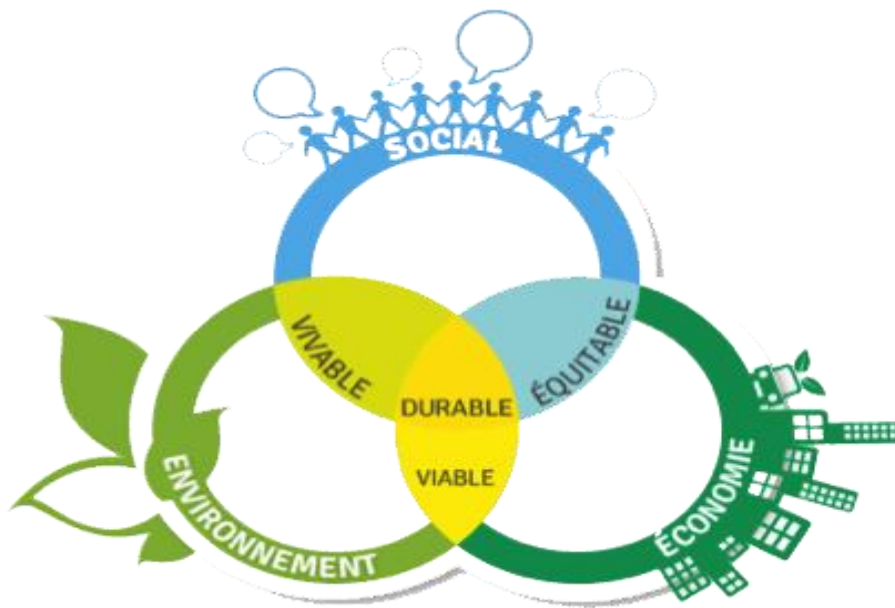


Figure 3.2 : les trois piliers fondamentaux du développement durable [7]

### **3.5.L'efficacité énergétique dans les bâtiments :**

L'efficacité énergétique signifie réduire la consommation d'énergie nécessaire à la source pour rendre le même service sans entraîner une baisse des niveaux de bonheur ou de la qualité de ce service dans le bâtiment, c'est-à-dire la meilleure utilisation de l'énergie, une qualité de vie durable.

Ainsi, l'objectif est d'intégrer des solutions qui optimisent la consommation sans compromettre le confort des occupants ni compromettre les capacités techniques des outils spécifiques aux activités de construction [8].

### **3.5.1. Le fonctionnement d'amélioration de l'efficacité énergétique :**

L'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments repose sur la maîtrise de deux leviers : réduire les demandes liées au bâtiment lui-même et améliorer l'équipement technique, la construction et la gestion de bâtiment. Il est difficile de déterminer le troisième levier, notamment le comportement des utilisateurs.

#### **Les solutions passives (réduire les besoins) :**

Ils concernent l'enveloppe du bâtiment uniquement. Ils aident à réduire la consommation d'énergie, qui impliquent :

- La forme et la compacité du bâtiment
- L'orientations
- Les matériaux et l'isolation
- La ventilation
- L'utilisation des équipements de chauffage

#### **3.5.1.1. Les solutions actives :**

Leur objectif est d'optimiser le trafic et les ressources, ils s'intéressent donc à la régulation, à la gestion de l'énergie, à la domotique et à la gestion technique des bâtiments (GTB). L'efficacité énergétique permet de :

- Réduire la consommation d'énergie et donc la facture énergétique ;
- Améliorer la qualité et la disponibilité de l'énergie en consommant l'énergie nécessaire.

Le niveau apporté par la combinaison des deux solutions de l'efficacité énergétique, nous obtenons la performance énergétique [9].

#### **3.5.1.2. Le comportement des consommateurs :**

Des progrès significatifs en matière d'efficacité énergétique ne peuvent être réalisés sans mobiliser les citoyens en tant que consommateurs. Ainsi, le rôle des consommateurs est de sélectionner, gérer et entretenir les équipements. Leur comportement et la façon dont ils utilisent les équipements ont une influence déterminante sur la consommation d'énergie.

### **3.5.2. Les étapes d'amélioration de l'efficacité énergétique :**

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

- Augmenter le niveau de service rendu, à consommation d'énergie constante.
- Économiser l'énergie à service rendu égal.
- Réaliser les deux simultanément.

Les solutions d'efficacité énergétique consistent le plus souvent à économiser l'énergie à service rendu égal ou à augmenter le niveau de service rendu, à consommation d'énergie.

Un projet d'amélioration de l'efficacité énergétique d'un bâtiment comporte plusieurs étapes qui vont, à travers des actions cohérentes, permettre des gains énergétiques en agissant sur différents paramètres humains et matériels. L'approche conceptuelle d'amélioration de l'efficacité énergétique est identique pour les secteurs résidentiels et tertiaires. En revanche la mise en pratique sur le terrain sera différente en raison des divergences liées :

- Aux aspects techniques ;
- Aux matériels à mettre en œuvre ;
- Aux coûts d'exploitation et de maintenance ;
- Aux méthodes de financement ;
- Aux temps de retour sur investissement [3].



Figure 3.3: Les leviers de l'efficacité énergétique [3]

#### 3.5.2.1. Les leviers d'action :

- **L'utilisation de produits performants :**

Pour réduire la consommation d'énergie, le choix des équipements est essentiel pour atteindre la meilleure efficacité énergétique, c'est-à-dire le meilleur rapport entre l'énergie consommé et services rendus [3].

- **L'intégration des énergies renouvelables :**

L'utilisation des énergies renouvelables dans le processus d'amélioration de l'énergie nécessaire au bâtiment (électricité, chauffage, eau chaude sanitaire) de manière renouvelable, pour réduire voire supprimer l'apport d'énergie extérieure [3].

- **Mesure des consommations :**

La gestion énergétique des bâtiments impliquait principalement des calculs/mesures de consommation. Pour le segment électrique et gaz, l'installation classique comprend un compteur universel qui fournit la consommation totale de la facture du distributeur d'énergie. En plus du compteur universel, l'installation améliorée comprend également des sous-compteurs permanents. Leur rôle principal est de déterminer la consommation d'énergie par projet (chauffage, eau chaude sanitaire, ventilation, etc.).

La consommation mesurée permet d'atteindre un bilan énergétique, et la consommation est visualisée par l'utilisateur ou le gestionnaire et utilisée pour estimer le potentiel d'économie d'énergie. Il assure également le suivi de la performance énergétique dans le temps [3].

- **L'affichage des consommations :**

Les afficheurs permettent de visualiser les différents usages de la consommation, les coûts instantanés, horaires, journaliers ou mensuels, d'enregistrer la consommation jusqu'à l'argent économisé... Pour de meilleurs résultats, la consommation doit être affichée en temps réel, et l'écran est dans le salon espace pour que l'utilisateur sache "en continu". Cet afficheur permet aux utilisateurs de modifier leur comportement à des fins pédagogiques, de planification d'entreprise, d'investissements en équipements ou de solutions d'efficacité énergétique pour voir tout écart de consommation, à court et à long terme. La solution est facile à installer dans les constructions neuves et les rénovations et ne nécessite pas de gros travaux de carrosserie. En moyenne, des informations claires et simples sur le consommateur ou l'utilisateur, des économies d'énergie en temps réel à chaque emplacement de l'espace de vie de 10% ou plus [3].

- **Les systèmes intelligents de Régulation et gestion :**

Les bases font l'objet d'un système automatisé plus ou moins complexe, selon les exigences du cahier des charges initial et selon le type de locaux : logement individuel, collectif ou tiers. Informations de mesure des fonctionnements de l'automate (température, humidité, etc.) et de l'état du chauffage (marche / arrêt), de la climatisation et de l'éclairage pour régler, améliorer, protéger et compter l'énergie consommée.

Ainsi, ces systèmes peuvent :

- Consommer ce qui est nécessaire pour maintenir ou améliorer la qualité de vie, l'architecture (concept de confort) contribue également aux économies d'énergie, le concept de confort et le concept d'économie d'énergie sont les principaux indicateurs de la qualité de l'organisation. Ils promeuvent activement l'installateur ;
- Fournir des outils de gestion des installations aux utilisateurs ;
- Aide à modifier le comportement humain pour s'adapter à des réponses favorables (par exemple, éteindre le chauffage lorsque les fenêtres sont ouvertes).

C'est notamment le cas du système de régulation des équipements de chauffage, de ventilation ou d'éclairage (systèmes conservés ou embarqués), permettant d'adapter les consommations aux conditions extérieures et selon l'utilisateur (capteur) [3].

- **Le maintien de la performance :**

Une conception efficace seule ne suffit pas. Elle doit toujours s'accompagner d'une gestion rationnelle de l'énergie. Le contrôle de la consommation consiste pour l'acteur à prendre conscience de sa consommation. En tant que partie intégrante de la gestion de l'énergie, la surveillance des performances permet d'identifier tout écart. En fait, il ne suffit pas de regarder une facture pour comprendre ses performances et sa mise en œuvre. Mesures de performance grâce aux outils de mesures publiés, il est possible de détecter les écarts par rapport à la consommation de référence et d'aider les décisions de l'utilisateur ou de administrateurs concernant la maintenance du système (modifications, intervention technique, réutilisation, etc.). Les équipements sont régulièrement entretenus par des professionnels et contrôlés par les utilisateurs. Les notices d'utilisation fournies par le constructeur maintiennent également les performances des équipements [3].

### **3.5.2.2. La construction durable :**

La construction durable est une construction confortable, qui respecte d'état de l'organisme humain toute en réduisant le gaspillage de l'énergie et les couts de chauffage en

hiver et de climatisation en été. Elle protège des intempéries toute en s'accordant avec l'environnement.

Tout ça en se focalisant sur les matériaux de construction de qualité de l'environnement et aussi se focaliser sur la forme de la construction qui est un enjeu primordial pour le confort et la compacité du bâtiment d'ailleurs plus le bâtiment est compact plus la chaleur thermique est sauvegardée et le bâtiment est confortable.

### **3.5.3. Les équipements :**

L'efficacité énergétique d'une maison dépend bien sûr de l'isolation des parois vitrées et opaques, mais les appareils de chauffage, de climatisation, d'éclairage et d'eau chaude sanitaire sont tout aussi importants dans le bilan énergétique de la maison et nécessitent une attention particulière lors de leur utilisation [6].

#### **3.5.3.1. Le chauffage :**

Le chauffage est un appareil utilisé pour produire et distribuer de la chaleur aux locaux (logement, bureau, etc.) pour assurer le confort thermique. Chauffer une pièce, c'est lui apporter une certaine quantité de chaleur pour compenser sa perte vers l'extérieur, afin qu'elle atteigne une certaine température (18 à 20°C pour une habitation). Par conséquent, il est considéré comme l'un des aspects les plus importants Veiller aux opérations de récupération d'énergie après isolation [6].

#### **3.5.3.2. L'eau chaude sanitaire :**

Réduire nos besoins en eau chaude est un projet d'économie incontournable. En fait, lorsque des systèmes de conservation de l'eau sont en place, la demande en eau chaude diminue à mesure que la chaleur diminue, les factures d'énergie diminuent également. Il faut donc considérer l'intégration de l'énergie solaire qui est particulièrement efficace pour l'eau chaude sanitaire [6].

#### **3.5.3.3. La climatisation :**

Le développement de la climatisation a considérablement augmenté la consommation d'énergie et les émissions de gaz fluorés, qui n'existent pas à l'état naturel et contribuent 1 000 à 8 000 fois à l'effet de serre du dioxyde de carbone, alors que d'autre part selon la technologie choisie, les sources de pollution visuelle et sanitaire sont d'importance variable [6].

#### **3.5.3.4. L'éclairage :**

Privilégier la lumière du jour comme élément de maîtrise de la consommation électrique. Outre le confort visuel qu'il procure, il constitue également une source gratuite d'éclairage. Toutefois à ce que cet apport de lumière naturelle ne soit pas gênant l'été et prévoir un ombrage extérieur sur les façades exposées au soleil [6]

### **3.5.4. Le confort thermique :**

Selon les scientifiques de constructions le confort thermique c'est une température ambiante très confortable pour le corps humain. D'après Givoni qui dit : le confort thermique ne peut être établie que si les mécanismes d'autorégulation du corps humain soient à un niveau minimum d'activité.

#### **3.5.4.1. Les paramètres liés au confort thermique :**

##### **3.5.4.1.1. La température de l'aire :**

C'est le facteur le plus influent sur le confort humain, une température de l'air allant de 22°C à 27°C est acceptable. La température de l'air contrôle directement les échanges par convection qui est l'un des termes principaux du bilan thermique. La température de l'air dans un local n'est pas uniforme, des différences de températures d'air se présentent également en plan à proximité des surfaces froides et des corps de chauffe [10].

### **3.5.4.1.2. L'humidité de l'air :**

L'humidité dans l'air c'est des petites particules d'eau présentes dans l'air, elle influence beaucoup la sensation du confort thermique. En été l'air doit être sec pour favoriser la transpiration du corps. Et en hiver, elle doit être entre 30% et 70%.

### **3.5.4.1.3. Le courant d'air :**

Le courant d'air est un phénomène à éviter en hiver car il expulse toute la chaleur présente dans l'air par contre il est très agréable en été en rafraichissant et expulsant l'excès de chaleur présente dans l'air.

### **3.5.5. L'enveloppe du bâtiment :**

De nos jours le projet le plus impacte sur le plan architectural est l'enveloppe du bâtiment. L'isolation, l'inertie thermique de l'enveloppe passive ont été fait pour créer une perspective appliquée du bâtiment.

Dans les régions caractérisées par le climat chaud, l'isolation thermique du toit est plus recommandée que l'isolation de murs et du sol car il est plus sensible au rayonnement solaire tout au long de la journée.

Il y a plusieurs matériaux, certains sont meilleurs que autres, il a été conclu que le toit doit être soigneusement isolé, ce qui convient au climat chaud et froid [11].

### **3.5.6. Les bâtiments performants :**

#### **3.5.6.1. Le bâtiment à basse consommation :**

Le bâtiment se caractérise par un besoin énergétique inférieur à un bâtiment standard. Des performances de premier niveau peuvent être atteintes en optimisant l'isolation, en réduisant les ponts thermiques et en augmentant les apports passifs. Ce concept n'inclut a priori aucun moyen local de production d'énergie.

C'est un bâtiment pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire, l'éclairage, les auxiliaires et la climatisation avec une consommation d'énergie primaire de 50 kWh ep/m<sup>2</sup>/an [12].

#### **3.5.6.2. Le bâtiment passif :**

Ce bâtiment très économe en énergie ne nécessite aucun chauffage ou refroidissement actif : systèmes solaires passifs et gain interne et systèmes de refroidissement. La ventilation est suffisante pour maintenir un environnement intérieur confortable toute l'année. Cette notion comprend également la demande d'électricité spécifique et peut réduire la production d'électricité à partir d'énergies renouvelables. En pratique, un petit système de secours est le confort thermique est nécessaire les jours les plus froids ; il est le plus souvent lié à l'aération [12].

#### **3.5.6.3. Le bâtiment « zéro énergie » ou « zéro net » :**

Ce bâtiment allie faible demande énergétique et modes de production d'énergie Local. Par conséquent, son bilan énergétique net annuel est nul [12].

#### **3.5.6.4. Le bâtiment à énergie positive :**

Ce bâtiment producteur d'énergie dépasse le niveau « zéro énergie » : en général, il produit plus d'énergie qu'il n'en consomme. Comme le bâtiment précédent, le bâtiment est relié à un réseau de distribution électrique vers lequel il peut exporter l'excédent d'électricité [12].

### **3.5.6.5. Le bâtiment autonome :**

Un bâtiment est autonome lorsque sa source d'énergie ne dépend d'aucune ressource éloignée. Ainsi, toute l'énergie consommée par le bâtiment est produite sur place à partir de sources locales. En effet, le bilan énergétique net d'un bâtiment est toujours nul. Les bâtiments téléphoniques ne bénéficient pas des avantages offerts par les réseaux d'alimentation (propagation, sécurité d'approvisionnement), qui nécessitent l'utilisation de dispositifs de stockage d'énergie (batteries, inertie thermique, etc.). Ce type de bâtiment est particulièrement adapté à l'isolation ou à l'isolation de chantier car il évite les frais de raccordement aux différents réseaux [12].

### **3.5.6.6. Le bâtiment « producteur d'énergie » :**

Il est équipé de moyens locaux de production d'énergie. Cependant, cette dénomination ne spécifie ni le niveau de consommation ni la part de la consommation couverte par la production, ni même la nature de l'énergie produite. C'est donc plus une caractéristique du bâtiment que le concept même du bâtiment. Cependant, le terme "bâtiment énergétique" parfois utilisé pour désigner les "bâtiments à énergie positive" [12].

### **3.5.7. La réglementation thermique :**

La réglementation thermique est un ensemble de lois visant à maîtriser l'énergie des bâtiments en limitant leur consommation énergétique globale et en imposant des performances globales (seuils de performances réglementaires) pour assurer le confort des occupants des bâtiments, réduire les émissions polluantes et réduire les coûts d'exploitation Localisation (chauffage, climatisation, etc.).

En Algérie, il existe des documents techniques réglementaires sur la régulation thermique des bâtiments, initiés par le ministère de l'habitat et mis en œuvre par le CNERIB, qui mentionnent les exigences réglementaires auxquelles son enveloppe doit répondre.

- Le DTR C 3-2 : relatif aux règles de calcul des déperditions calorifiques d'hiver pour les bâtiments à usage d'habitation ; il vise la limitation de la consommation énergétique relative au chauffage des locaux à travers le calcul des déperditions thermiques.
- Le DTR C 3-4 : relatif aux règles de calcul des apports calorifiques d'été pour les bâtiments et vise la limitation de la consommation énergétique relative à la climatisation des locaux [13].

L'objectif de la réglementation est d'améliorer la performance énergétique globale des bâtiments et, selon l'APRU, son application réduira d'environ 30 à 40 % les besoins en chauffage et climatisation des maisons neuves.

### **3.5.8. Les labels de performances énergétiques :**

Un label est le moyen de certifier au maître d'ouvrage que son bâtiment répond à des seuils de performances spécifiques, supérieurs à ceux imposés par la réglementation thermique en vigueur. Par ailleurs, un label est aussi le moyen de proposer un référentiel d'objectifs à atteindre pour anticiper les normes de demain [14].

- **HPE 2005** : Le « Label Haute Performance Energétique, HPE 2005 » correspond à une consommation conventionnelle d'énergie inférieure de 10 % à la consommation conventionnelle de référence de la réglementation.

- **THPE 2005** : Le « Label Très Haute Performance Energétique, THPE 2005 » correspond à une consommation conventionnelle d'énergie inférieure de 20 % à la consommation conventionnelle de référence de la réglementation [14].

- **THPE EnR 2005** : Le « Label Haute Performance Energétique Energies Renouvelables 2005 » outre au respect des exigences du label HPE ce label exige le recours aux énergies renouvelables dont au moins 50 % de l'énergie employée pour le chauffage est issue d'une installation biomasse ou d'une alimentation par un réseau de chaleur utilisant plus de 60 % d'énergies renouvelables [14].

- **BCC 2005 et EFFINERGIE** : le « label bâtiment basse consommation énergétique » est un label qui fixe la consommation d'énergie primaire dans l'habitat neuf à 50 kWh/m<sup>2</sup> et à 80 kWh/m<sup>2</sup>/an dans l'habitat existant (à moduler selon les zones climatiques d'un facteur 0,9 à 1,3). Il s'agit de labels gérés par l'association Effinergie. Ces labels s'appuient sur le standard Suisse Minergie [14].

- **EFFINERGIE+** : Les principales exigences, concernant l'habitation collective et individuelle, portent sur la conception bio climatique (Bbio – 20%), la consommation d'énergie (Cep ≤ 45 kWh/m<sup>2</sup>/an). Le niveau de perméabilité est renforcé avec un seuil inférieur de 0,2m<sup>3</sup>/h/m<sup>2</sup> de parois déperditives aux valeurs réglementaires (0,4m<sup>3</sup>/h/m<sup>2</sup> en maison individuelle et 0,8 m<sup>3</sup>/h/m<sup>2</sup> en immeuble collectif d'habitation) [14].

- **MINERGIE** : C'est un label de performance énergétique très répandu en Suisse et qui qualifie les consommations de l'habitat en chauffage, eau chaude sanitaire, ventilation, rafraichissement, à un niveau inférieur ou égal à 42 kWh/m<sup>2</sup>/an dans le neuf et à 80 kWh/m<sup>2</sup>/an en rénovation. De plus le surcoût de la construction Minergie est limité par le label à 10% par rapport à un bâtiment standard. Pour aller plus loin, le label « Minergie-P » a été créé avec un performanciel maximal de 30 kWh/m<sup>2</sup>/an [14].

- **HQE** : La démarche de la Haute Qualité Environnementale est une démarche volontaire qui implique une prise en compte de l'environnement à toutes les étapes de l'élaboration et de la vie des bâtiments. La HQE définit 14 exigences (ou cibles) à respecter. Chaque cible se décompose en sous cibles élémentaires. La quatrième cible concerne la gestion de l'énergie qui se décompose en quatre cibles élémentaires : Renforcement de la réduction de la demande et des besoins énergétiques. Renforcement du recours aux énergies satisfaisantes de point de vue impact environnemental. Renforcement de l'efficacité des équipements énergétiques. Utilisation de générateurs propres lorsqu'on a recours à des générateurs à combustion [14].

### **3.6. Conclusion :**

A travers ce chapitre, on arrive à en déduire qu'une meilleure efficacité énergétique des bâtiments passe par la maîtrise de la consommation et la rationalisation de l'exploitation des sources d'énergie ainsi que leur remplacement progressif par des énergies renouvelables.

Cela dit, aucun progrès significatif en matière d'efficacité énergétique ne pourra être fait sans mobilisation des usagers en tant que consommateurs. Ainsi le rôle du consommateur se résume dans le choix des équipements, leurs gestions, la maintenance et enfin leurs vigilances énergétiques.

Dans ce chapitre, On a constaté que les labels énergétiques sont des démarches de qualité, qui vise un meilleur confort dans la construction et l'usage du bâtiment comme le démarche HQE.

#### Références :

- [1] <http://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/efficacite-energetique-et-batiments>
- [2] Bethencourt, A. D., & Chorin, J. (2013). *Energy efficiency : à source of savings ; à priority objective ; Efficacite énergétique : un gisement d'économies ; un objectif prioritaire*. Avis du Conseil économique, social et environnemental.
- [3] Yves, R. (2011). *Guide vers un bâtiment durable : les équipements et solutions d'efficacité énergétique*. <https://acaba.typepad.fr/files/guide-efficacite-energetique.pdf>
- [4] Salomon, T., & Bedel, S. (2002). *La maison des [néga] Watts : Le guide malin de l'énergie chez soi*. Terre vivante.
- [5] De Herde, A., & Liébard, A. (2005). *Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques : concevoir, édifier et aménager avec le développement durable*.
- [6] Touil, A., & Merghache, S. (2016). *Au sujet de l'efficacité énergétique- vers des bâtiments moins énergivores*. (Mémoire de master en génie civil, université Abou Bekr Belkaid-Tlemcen).
- [7] [https://lclenvironnement.com/wp-content/uploads/2016/09/Consul.-devdurable\\_sans-fond.png](https://lclenvironnement.com/wp-content/uploads/2016/09/Consul.-devdurable_sans-fond.png).
- [8] Djebaili, I. A. E., & Boukadoum, A. (2017). *L'efficacité énergétique dans le bâtiment architectural. Cas d'étude : Évaluation des performances énergétiques du rectorat de l'université d'Oum El Bouaghi*. (Mémoire de master en architecture et durabilité architecturale, université Larbi Ben M'hidi O.E.B- Oum El Bouaghi).
- [9] Benharra, H. (2016). *Impact de l'orientation sur la consommation énergétique dans le bâtiment. Cas des zones arides et chaudes-* (Doctoral dissertation, Université Mohamed Khider-Biskra).
- [10] Mazari, M. (2012). *Etude et évaluation du confort thermique des bâtiments à caractère public : cas du département d'architecture de Tamda (Tizi-Ouzou)* (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri-Tizi-Ouzou).
- [11] Merabtine, A. (2012). *Modélisation Bond Graphs en vue de l'efficacité énergétique du bâtiment* (Doctoral dissertation, Université de Lorraine).
- [12] Thiers, S. (2008). *Bilans énergétiques et environnementaux de bâtiments à énergie positive* (Doctoral dissertation, École Nationale Supérieure des Mines de Paris).
- [13] Ait Ahmed, N. (2017). *L'efficacité énergétique dans le bâtiment* (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri - Tizi-Ouzou).
- [14] TIBERMACHINE, I. (2016). *L'impact de la typologie des habitats collectifs sur les conditions thermiques intérieures et l'efficacité énergétique – cas de climat chaud et sec* (Doctoral dissertation, Université Mohamed Khider-Biskra).

# **Conclusion Générale**

La construction bioclimatique a pour but de mettre à profit les conditions climatiques favorable et protège de ce qui est défavorable. En hiver elle favorise les apports de chaleur gratuit, en diminuant les pertes et assure un renouvellement d'air. Par contre en été, l'architecture bioclimatique, réduit les apports de chaleur et favorise la fraîcheur. Le bien-être thermique dépend de plusieurs facteurs sur lesquels le concepteur peut agir. Dans ce travail nous nous sommes intéressés à trois facteurs parmi tant d'autres, la compacité d'un bâtiment, l'isolation thermique et en fin l'efficacité énergétique.

Ce travail rentre dans un objectif de réunir et de fournir pour ceux qui s'intéressent aux bâtiments non énergivore ou bioclimatique, un document qui regroupe ce qui a été fait dans la littérature concernant les trois facteurs cités plus haut. L'objectif aussi est de trouvé de bonnes solutions pour réduire la consommation d'énergie dans les bâtiments et réduire l'impact sur l'environnement tout en gardant un certain confort thermique pour les usagers.

En espace de quelque années l'Algérie a vu augmenter son parc de logement de manière significative, sans prendre en considération l'énergie que consomme le secteur des bâtiments. C'est même l'une des principales causes de pertes en ce qui concerne la consommation d'énergie. Il est très important de porter tout son attention aux consommations d'énergie.

Le premier chapitre avait pour l'objectif de démontrer l'importance de la compacité la bonne implantation, l'orientation du projet, la protection contre le rayon solaire et la ventilation. Dans ce chapitre, nous sommes particulièrement concentrés sur la compacité, qui réduit les besoins énergétiques. Plus le bâtiment est compact plus les fuites thermiques diminuent. C'est une notion très importante pour le développement des bâtiments non énergivores.

Le deuxième chapitre présentait l'isolation thermique et différents isolants. Il est l'un des solutions essentielles pour réduire la consommation d'énergie et protéger l'environnement. Donc il faut d'utiliser les meilleures techniques d'isolation thermique. Aussi il faut étudier les propriétés thermiques des matériaux de constructions pour améliorer l'isolation thermique.

Dans le troisième chapitre, Nous avons élaborée une recherche qui avait pour objectif de trouver comment peut-on profité l'efficacité énergétique dans les bâtiments. Afin d'aboutir à cet objectif nous avons montré que maîtriser l'efficacité énergétique permet de manière très remarquable d'amincir la consommation énergétique.

Pour arriver à réduire la consommation et limiter l'impact du bâtiment sur l'environnement on doit recourir au développement durable. Ces solutions nous ont amené à nous diriger vers les énergies renouvelables et les constructions durables. Ces stratégies ont été abordés pour améliorer l'efficacité énergétique dans les bâtiments pour diminuer les coûts, réduire les dépenses énergétiques et offrir un environnement agréable à vivre.

Comme perspectives, nous voudrions bien continuer ce travail en s'intéressant à d'autres facteurs qui interviennent dans la construction bioclimatique et non énergivore, d'un autre côté nous souhaitons par ce type de travail va contribuer à sensibiliser d'avantage les autorités, les architectes et les étudiants à l'intérêt de ce thème et aura la place qu'il mérite dans notre cher pays. La réduction de la consommation d'énergie doit être le cheval de bataille de tout un chacun.

## Résumé :

La consommation énergétique dans le secteur du bâtiment a un impact significatif sur la consommation globale d'énergie du pays, il est responsable de presque 40% de la consommation d'énergie et de 36 % des émissions de CO2. Notre actuel travail s'est focalisé sur une réflexion à long terme qui peut réduire cette consommation.

Le présent travail est une Recherche fondamentale qui se base sur l'étude des statistiques et l'analyse de contenu des documents et des articles scientifiques et il vise à obtenir des solutions énergétiques efficaces et fondamentales au contrôle de la consommation énergétique dans les bâtiments relatifs à un climat chaud et aride tel que : (l'orientation – la protection solaire – l'isolation thermique – la ventilation naturelle... etc.) qui assurent un confort inévitable et un environnement sain.

Enfin, on peut conclure que l'utilisation des stratégies passives pour l'optimisation de la consommation énergétique et son non-épuisement sont une nécessité absolue pour ne pas compromettre les besoins des futures générations en ressources naturelles.

Mots clés : la compacité, l'isolation thermique, efficacité énergétique, maison basse consommation.

## Abstract :

Energy consumption in the building sector has a significant impact on the overall energy consumption of the country, it is responsible for almost 40% of energy consumption and 36% of CO2 emissions. Our current work has focused on long-term thinking that can reduce this consumption.

The present work is a fundamental research based on the study of statistics and content analysis of scientific documents and articles and it aims to obtain effective and fundamental energy solutions to the control of energy consumption in buildings related to a hot and arid climate such as : (orientation - solar protection - thermal insulation - natural ventilation ... etc.) that ensure an inevitable comfort and a healthy environment

Finally, to conclude that the use of passive strategies for the optimization of energy consumption and its non-exhaustion are an absolute necessity in order not to compromise the needs of future generations in natural resources.

Key words : compactness, thermal insulation, energy efficiency, low energy house.

## التلخيص:

استهلاك الطاقة في قطاع البناء له تأثير كبير على إجمال استهلاك الطاقة من الدولة، فهو مسؤول عما يقرب من 40% من استهلاك الطاقة و36% من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. يركز عملنا الحالي على التفكير طويل المدى الذي يمكن أن يقلل هذا الاستهلاك.

العمل الحالي هو بحث أساسي يعتمد على دراسة الإحصاء وتحليل محتوى الوثائق والمقالات العلمية ويهدف إلى الحصول على حلول طاقة فعالة وأساسية للتحكم في استهلاك الطاقة في المباني المتعلقة بالمناخ الحار والجاف على النحو التالي: (التوجيه - الحماية من الشمس - العزل الحراري - التهوية الطبيعية ... الخ) مما يضمن راحة حتمية وبيئة صحية

في النهاية، استنتج أن استخدام الاستراتيجيات السلبية لتعظيم استهلاك الطاقة وعدم استنفادها هي ضرورة مطلقة من أجل عدم المساس باحتياجات الأجيال القادمة من الموارد الطبيعية.

الكلمات المفتاحية: الاكتناز، العزل الحراري، كفاءة الطاقة، منزل منخفض الاستهلاك.