

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et la Recherche Scientifique**  
**Institut d'Architecture et d'Urbanisme de Blida**



**MEMOIRE DE MASTER**  
**OPTION : HABITAT ET ARCHITECTURE**  
**THEME**

**LES EXIGENCES DE L'HABITAT ECOLOGIQUE**  
**Le confort thermique lié à l'humidité dans le logement**  
**Cas de la ville de Tipaza**

**Présenté par :**

**Mlle : Aimeur Amira**

**Encadré par :**

**MR : Bounaira Mohamed**

**Année universitaire 2016/2017**

## ***Remerciement***

***Avec l'aide de Dieu tout puissant, j'ai pu accomplir ce modeste travail.***

*Je remercie vivement mon directeur de thèse Monsieur Bounaira Mohamed, enseignant à l'université de Blida, , d'avoir accepté d'encadrer ce travail et d'avoir surtout cru au sujet, je le remercie pour leur compréhension, leur encouragement , leur soutien moral et scientifique accordé tout au long de ce travail. Qu'ils trouvent ici l'expression de ma profonde gratitude.*

*Madame Harket Leila, enseignante à l'université de Chlef pour pour son aide, conseils et orientation.*

*Mes remerciements vont également aux membres du jury, pour leur contribution scientifique lors de l'évaluation de ce travail. Qu'ils trouvent ici, en mon nom, ma reconnaissance la plus sincère.*

*Mes remerciements vont enfin aux personnes qui ont contribué, par la mise à ma disposition des informations, à l'élaboration de ce travail.*

*Il me reste à ne pas oublier de remercier tant de personnes, que je ne peux nommer, de peur d'en oublier , que toutes sachent qu'elles sont bien présentes dans mon esprit et dans mon coeur.*

*Aimeur Amira*

## *Dédicaces*

*Je dédie ce travail :*

*A Dieu le Tout Puissant de m'avoir donné le courage, la santé, et m'a accordé son soutien durant les périodes les plus difficiles.*

*A mon très cher père qui a tant espéré voir ce jour, qu'il trouve ici l'expression de ma profonde gratitude, et qu'il soit fier de moi comme il l'a toujours été.*

*A ma chère mère qui m'a soutenue durant mes études et ne m'a jamais privée de son amour, de son attention et de ses encouragements, à toi maman je dédie ce travail.*

*A mon frère et ma soeur  
mes amies.*

*Et à tous ceux qui m'ont aidé*

*Tendrement Amira*

# TABLE DES MATIÈRES

<b>I- INTRODUCTION GENERALE</b> .....	01
I-1-Introduction .....	02
I-2-Motivation du choix du sujet .....	03
I-3-Problématique .....	03
I-4-Hypothèse.....	04
I-5-Objectifs.....	05
I-6-Méthodologie de travail.....	05
<b>II – LE CONFORT THERMIQUE ET L’HUMIDITE</b> .....	06
II-1-Le confort thermique et l’humidité .....	07
II-1-Définition du confort thermique .....	07
II-2-Les exigences thermiques du corps humain .....	08
II-3-Confort et habitat.....	09
a- Les températures.....	09
b- Le rayonnement solaire .....	11
c- L’humidité .....	12
d- Les mouvements de l’air.....	13
II-1-le confort thermique et l’humidité .....	14
a- Influence de l’humidité ambiante .....	14
b- Les dégâts causés par l’humidité .....	16
II-4-syntese .....	17
<b>III - EXIGENCES CONCEPTUELS ET TECHNIQUES</b> .....	18
III-1- Définition de l’habitat écologique .....	19
III-2 Exigences conceptuels.....	19
III-1-1- orientation .....	19
a- Implantation .....	19
b- Ensoleillement .....	20
c- Orientation des bâtiments .....	21
d- Composition plan intérieur .....	22
III- 1-2 – Espacement – forme et groupement des bâtiments .....	23
a- Forme des bâtiments .....	23
b- groupements des bâtiments.....	25
c- l’orientation par rapport au vent.....	25
III -1- 3 – protections .....	28
a- protections .....	28
b- ventilation .....	31
c- Puits canadiens .....	34

III-3- Exigences techniques .....	36
III-3-1- La maîtrise de l'énergie et des énergies renouvelables .....	36
a- chauffage .....	36
b- climatisation .....	38
c- renouvellement d'air .....	38
d- éclairage et consommation d'électricité .....	40
III -3- 2- Matériaux .....	41
a- isolation .....	43
b- inertie .....	45
III -3-3- Gestion de l'eau.....	47
III-3- 4- Gestion de déchets.....	48
III-3-5- Réutilisation de matériaux et de bâtiments.....	49
III-3-6- Education et sensibilisation .....	49
III-4- L'expérience Algérienne dans le domaine énergétique .....	49
a- L'état des systèmes constructifs des logements en Algérie.....	50
b- Les lois règlementaires.....	52
c- Analyse d'exemple .....	53
III-5- Synthèse .....	55
<b>IV - CAS D'ETUDE .....</b>	<b>56</b>
IV-1-Présentation de l'aire d'étude .....	57
a- Situation géographique .....	57
b- Morphologie du terrain .....	59
c- Sismicité .....	59
IV-2-L'analyse climatiques de la ville de Tipaza .....	59
a- Température .....	62
b- Précipitation .....	63
c- Humidité .....	63
d- Vitesse du vent .....	64
e- Rose des vents .....	64
IV-3- Recommandations .....	65
a- Implantation et orientations .....	65
b- L'organisation spatiale intérieure .....	66
c- Matériaux.....	67
d- Protection .....	70
e- Ventilation .....	73
<b>V – CONCLUSION GENERALE .....</b>	<b>77</b>
V -1- Conclusion .....	78
V- 2 – Recommandations.....	78
V- 3 – Les axes de recherches .....	79
<b>VI - BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>80</b>
<b>VII - ANEXE .....</b>	<b>86</b>

# Liste des figures

Figure 1: Echanges thermiques du corps humain avec son environnement.....	8
Figure 2: Définition de l'amplitude de l'onde incidente ainsi du grain et du déphasage de l'onde transmise par une paroi homogène .....	10
Figure 3: Température confortable de l'air de l'air ambiant.....	10
Figure 4: Confort thermique : température de rayonnement et température ressentie .....	11
Figure 5: Répartition des puissances reçues du soleil suivant les orientations des façades d'une construction en hiver et en été.....	12
Figure 6: L'humidité d'air. ....	13
Figure 7: Diagramme de Mollier.....	15
Figure 8: Les différentes causes d'humidité.....	16
Figure 9: Infiltration directe par le toit. ....	17
Figure 10: Effets de l'humidité interne. ....	17
Figure 11: Le choix de site d'implantation.....	20
Figure 12: l'ensoleillement selon l'orientation et la saison. ....	21
Figure 13: distribution des espaces selon le trajet solaire.....	23
Figure 14: Impact de la forme, la taille et la proximité sur la compacité. ....	23
Figure 15: variation de la vitesse du vent par rapport à l'altitude et la nature du sol. ....	26
Figure 16: effets de site liés au vent.....	27
Figure 17: Principes généraux d'une conception bioclimatique en symbiose avec son environnement.....	28
Figure 18: Avancée horizontale .....	29
Figure 19: Avancée verticale .....	29
Figure 20: Combinaison de pare-soleil verticaux et horizontaux .....	30
Figure 21: Claustra .....	30
Figure 22: Moucharabieh .....	30
Figure 23: ventilation par une seule façade.....	32
Figure 24: ventilation transversale.....	33
Figure 25: la ventilation par tirage thermique.....	33
Figure 26: Vue en 3D d'un puits canadien.....	34
Figure 27: les composants d'un puits canadien.....	36
Figure 28: Incidence de la position de l'isolant sur les ponts thermiques.....	37
Figure 29: Ventilation mécanique .....	39
Figure 30: Ventilation naturelle .....	39
Figure 31: : Conception d'un système d'éclairage naturelle en toiture.....	41
Figure 32: Principe d'un étagère de lumière .....	41
Figure 33: Utilisation combinée de vitrage clair et diffuseur de lumière .....	41
Figure 34: Eclairage artificiel . ....	42
Figure 35: Types d'échanges thermiques .....	42
Figure 36: application d'une isolation intérieure.....	43
Figure 37: l'isolation par l'extérieur.....	44
Figure 38: l'isolation répartie.....	44
Figure 39: Les différents couches d'une façade isolée .....	46
Figure 40 l'inertie thermique.....	46
Figure 41: Gestion d'eau de pluie.....	47
Figure 42: Les eaux usées.....	48
Figure 43: Gestion des déchets . ....	48
Figure 44: Réutilisation des matériaux et de bâtiments .....	44
Figure 45: projet du AADL.....	50
Figure 46: vue et plan du prototype.....	53

Figure 47: les façades du prototype.....	54
Figure 48: : Les capteurs solaires dans le prototype.....	54
Figure 49: Les ruines de la ville de Tipaza .....	57
Figure 50: Situation géographique de la ville de Tipaza.....	57
Figure 51: Situation géographique de la ville de Tipaza.....	58
Figure 52: Site d'intervention.....	58
Figure 53: Morphologie du terrain.....	59
Figure 54: Carte de sismicité.....	59
Figure 55: : les zones climatique d'hiver.....	60
Figure 56: : les zones climatique d'été.....	61
Figure 57: le diagramme montre les valeurs de vitesse de vent pour Tipaza.....	64
Figure 58: la rose des vents pour Tipaza.....	64
Figure 59: Principe d'implantation et d'orientation.....	66
Figure 60: Organisation interne.....	66
Figure 61: Le béton de chanvre.....	67
Figure 62: Le béton cellulaire . .....	67
Figure 63: isolations des murs en doubles parois. ....	68
Figure 64: : la peinture isolante en extérieur.....	69
Figure 65: la peinture isolante en intérieur.....	69
Figure 66: habillage des ponts thermiques du plancher.....	69
Figure 67: Agencement des briques en double parois.....	70
Figure 68: Double vitrage des fenêtres. ....	72
Figure 69: Mur végétal. ....	72
Figure 70: Détails mur végétal . ....	66
Figure 71: Toiture végétalisée.....	73
Figure 72: Détails de toiture végétalisée. ....	73
Figure 73: ventilation naturelle .....	74
Figure 74 : l'agencement intérieur et la ventilation naturelle .....	74
Figure 75 : Coupe verticale du puits canadien.....	75
Figure 76 : Détails du puits canadien.....	76

### Liste des tableaux

Tableau 1 Influence de la rugosité.....	27
Tableau 2:Elements pour le choix d'un vitrage en secteur résidentiel .....	38
Tableau 3 : les valeurs des différentes conductivités thermique des matériaux .....	45
Tableau 4: Table climatique de Tipaza.....	62

# Résumé

La crise économique actuelle, liée à la crise énergétique, exige l'application des solutions dans l'urgence afin d'assurer un développement durable dans le monde.

A l'échelle nationale, l'assurance du confort thermique de l'individu dans son foyer nécessite une surconsommation liée à l'état du système constructif actuel, peu adapté au climat et peu efficient en termes énergétiques. Cet état de fait que le secteur de l'habitat est actuellement en Algérie l'un des secteurs les plus énergivores.

Ce système ne peut pas être suffisant sous des conditions climatiques très humides comme c'est le cas dans les zones littorales d'Algérie ,

L'objectif de cette recherche est d'améliorer l'expérience algérienne dans le domaine écologique au niveau du confort thermique, plus particulièrement au phénomène de l'humidité qui apparaît dans le logement à la ville de Tipaza.

L'objectif est d'intégrer, ce important paramètre climatique dans le projet d'une habitation , on penche sur une analyse climatique et bioclimatique de la ville de Tipaza qui permet de déterminer les caractéristiques climatiques de la ville et de définir la saison humide et froide qui influe directement sur l'ambiance thermique et hygrométrique intérieure.

La ventilation naturelle notamment la «ventilation transversale» revêt une importance capitale dans l'amélioration du confort intérieur par le renouvellement d'air neuf, afin d'assurer une bonne qualité de l'air, en évacuant l'excès d'humidité, les odeurs et également . Un autre système de ventilation doit être permanent: exigée en hiver comme en été et doit être assurée sous toutes les conditions climatiques. Dans le cas où il est difficile de l'obtenir au moyen d'une ventilation transversale. Ceci peut être concrétisé à l'aide de procédés passifs, comme celui adopté dans le cas de cette étude : Il s'agit d'installer d'une ventilation par puits canadien

Les mots clés : confort thermique, humidité, habitat écologique, exigences conceptuels et techniques , ventilation naturelle, climat .

# **INTRODUCTION GENERALE**

## I-1-INTRODUCTION

Depuis la naissance de l'humanité, l'homme a toujours essayé de se protéger des aléas du climat (surchauffe d'été, les vents, les pluies...etc.) afin de créer des conditions favorables pour sa vie. En l'absence des sources d'énergie fossile, il était obligé de construire un habitat qui offre le confort durant toute l'année. « Le climat a toujours joué un rôle déterminant dans la forme bâti » (1) (Liébard. 2005)

« Il ne s'agit pas d'harmoniser l'édifice avec la nature mais d'inclure la nature dans l'édifice. » Frank Lloyd Wright (2). Cette importance de la prise en compte du facteur environnemental dans la construction, de nombreux architectes de l'époque ont fait leur fer de lance, chacun de leurs projets prend en compte le mouvement du soleil. Cette philosophie du respect de la nature et de l'intégration à l'environnement, a marqué l'avènement d'un nouveau courant architectural, écologique et durable.

« Fin des années soixante, la problématique écologique prend une nouvelle forme et une nouvelle ampleur. Il devient évident que le développement industriel, la croissance économique et le productivisme génèrent des nuisances : la pollution rejetée dans l'air et dans les eaux ; la déforestation et la désertification; les menaces contre la conservation des sols, de la flore et des espèces sauvages » (3) Liébard. 2005.

L'essor de l'architecture écologique permet à la fois la théorisation et la concrétisation de cette réflexion dans la production normale du cadre bâti. Cette expression vise principalement l'amélioration du confort qu'un espace bâti peut induire de manière 'naturelle', c'est-à-dire en minimisant le recours aux énergies non renouvelables, les effets pervers sur le milieu naturel et les coûts d'investissement et de fonctionnement. L'intérêt du 'bioclimatique' va donc du plaisir d'habiter ou d'utiliser un espace à l'économie de la construction, ce qui en fait un facteur fondamental de l'art de construire (4).

Assurer le confort thermique dans l'habitation durant toute l'année en gardant la même température par prendre en considération le climat et le site est au même degré que l'amélioration de qualité d'ambiances intérieures et de rentabilité énergétique.

En Algérie, le besoin de construire vite, pas cher et dans les brefs délais a poussé les décideurs à mettre l'accent sur des aspects quantitatifs et de solidité structurelle aux dépens du confort d'usage, sans tenir compte les facteurs physiques et climatiques dans sa conception, avec par conséquence une consommation excessive d'énergie.

Mais malgré toute la technologie, un phénomène reste difficilement résolu. Ce fléau s'appelle l'humidité, l'humidité relative ambiante influence la capacité de notre corps à éliminer une chaleur excédentaire. L'humidité a relativement peu d'impact sur la sensation de confort d'un individu dans un bâtiment. Ainsi, un individu peut difficilement ressentir si l'humidité relative est inférieure à 30 % et supérieure à 70 %.

- 
- (1) **LIEBARD. A, DE HERDE. A, (2005)**, Traité d'Architecture et d'Urbanisme Bioclimatiques : concevoir, édifier et aménager avec le développement durable, Éditions du Moniteur, Paris
  - (2) **Frank Lloyd Wright**, né le 8 juin 1867 et mort le 9 avril 1959, est un architecte et concepteur américain.
  - (3) **LIEBARD. A, DE HERDE. A, (2005)**, Traité d'Architecture et d'Urbanisme Bioclimatiques : concevoir, édifier et aménager avec le développement durable, Éditions du Moniteur, Paris
  - (4) **Revue des Energies Renouvelables Vol. 11 N°2 (2008) 307 – 315** Architecture et confort thermique dans les zones arides Application au cas de la ville de Béchar A. Mokhtari, K. Brahimi et R. Benziada

Entre mer et désert, l'Algérie du littoral est une zone humide, la ville de Tipaza, plus particulièrement a des conditions climatiques très instables ainsi que des perturbations climatiques et taux d'humidité très élevés . Dans cette ville , les besoins de refroidissement, en été, sont beaucoup plus importants. Pour cela l'architecture de l'habitat nous interpelle, dans la mesure où elle a à voir à la fois avec la représentation collective et avec l'usage le plus privé a considérer l'écologie comme repère de conception .

## **I-2-MOTIVATION DU CHOIX DU SUJET**

L'homme est capable de maintenir sa température plus ou moins constante, dans une fourchette de conditions environnementales données, soit par des mécanismes physiologiques involontaires, soit avec un usage judicieux de tenue vestimentaire ou avec la variation de l'activité physique.

La construction rapide des logements par le même système constructifs à travers tous le territoire national, sans prendre en considération les spécificités climatiques de chaque région et les lois règlementaires relatives à la maîtrise de l'énergie a provoqué une grande consommation énergétique pour assurer un certain confort d'intérieur .

Ceci ne peut pas être suffisant sous des conditions climatiques très humides comme c'est le cas dans les zones littorales d'Algérie , car le confort de logement, la qualité de la vie se trouvent trop souvent altérés par l'humidité. Elle peut même "gâcher" notre vie quotidienne.

Notre objectifs a lieu d'améliorer ces prescriptions techniques qui ont pour vocation la production d'un habitat de qualité et la réalisation de logements répondant aux exigences locales et dotés d'éléments de confort, et de permettre aux habitants de mener un mode de vie durable sans sacrifier à la modernité , à l'urbanité et la mobilité .

Dans ce cas, c'est le bâtiment qui doit répondre à toutes les conditions climatiques pour assurer la fonction de confort de l'utilisateur, pour qu'il puisse pratiquer ses activités normalement.

## **I-2-PROBLEMATIQUE :**

- **Problématique générale**

Le besoin urgent d'économiser l'énergie en assurant le confort thermique peut être résolue par le choix de la démarche bioclimatique par le captage des éléments favorable du climat tout en se protégeant de ses éléments néfastes. Il s'agit de rechercher une adéquation entre la conception et la construction de l'enveloppe habitée, le climat et l'environnement avec les modes et rythmes de vie des habitants en trouvant l'adéquation entre le bâtiment, les systèmes de captage et de protection et le mode d'occupation et le comportement des habitants.(1)

« L'architecture bioclimatique utilise le potentiel local (climats, matériaux, main-d'œuvre...) pour recréer un climat intérieur respectant le confort de chacun en s'adaptant aux variations climatologiques du lieu. Elle rétablit l'architecture dans son rapport à l'homme et au climat. » (2)

L'habitat écologique serait donc plus qu'un simple logement qui préservait l'environnement. « habiter écologique », c'est vivre dans un endroit en prenant en compte les exigences du milieu, de soi et des autres dans un équilibre réciproque .

---

(1) **OLIVA, J-P** « L'isolation écologique, conception, matériaux et mise en œuvre », Edition Terre vivante, Paris. 2007.

(2) **Lavoie et De Herde, 2008-** L'architecture bioclimatique - Fiche PRISME – technical report - January 2008 .

L'absence de différents aspects de l'écologie dans l'habitat qui devenu une question fondamental dans l'environnement , la plupart des constructions aborde timidement l'écologie. la pensée de notre environnement est réduite , la consommation énergétique et l'utilisation des énergies renouvelables naturelles a long terme , aussi une maison écologique construite pour durer dans un milieu naturel et synonyme de l'utilisation des matériaux locaux et d'éviter des matériaux contenant des produit nocifs ,une bonne orientation , une bonne isolation thermique et phonique qui n'a pas des effets secondaires sur la santé humaine. Une meilleur organisation internes des espaces du projet pour le confort de l'occupant .

la problématique générale de l'étude consiste de la mise en valeur de l'interprétation sur l'habitat écologique durable dans la pratique architecturale, c'est dans ce cadre , à savoir méthodologique qu'intervient cette recherche , pour une contribution à la définition de l'architecture et l'écologie une contribution aux réflexions écologiques dans l'habitat .

### • **Problématique spécifique**

La construction en Algérie est caractérisée par une uniformisation des systèmes constructifs pour répondre à un objectif de rapidité avec une facilité d'exécution.

Ce système de construction est presque le même sur tous le territoire Algérien avec les mêmes matériaux de construction, il offre une morphologie spatiale qui se reproduit sans pour autant être un prototype.

Ceci ne peut pas être suffisant sous des conditions climatiques très humides comme le cas de la ville de Tipaza.

Cette approche se penche sur l'analyse des paramètres climatiques à la ville de Tipaza , notamment « l'humidité », qui influent négativement sur le logement et par conséquent sur les ambiances intérieures, et ce dans le but d'améliorer les conditions de confort climatique à l'intérieure de logement dans la ville de Tipaza .

L'objectif de cette étude n'étant pas de détailler tous les propriétés des paramètres de la conception écologique qui satisfasse les conditions de confort, nous nous limitons uniquement à la qualité de l'air ambiant liés à l'humidité dans l'habitat à la ville de Tipaza et déceler les causes probables des problèmes d'humidité pour proposer des solutions pratiques applicable dans la notion de l'écologie.

Pour assurer ce confort on adoptera une attitude soucieuse de répondre aux besoins physiologiques des usagers, exprimés sous les notions de confort thermique, respiratoires, par conséquence assurer leurs confort qui consiste une qualité d'air intérieur agréable.

Le présent travail de recherche tente d'évaluer une stratégie basée sur l'architecture écologique pour assurer le confort thermique lié à l'humidité dans l'habitat.

Cet ensemble de réflexions corrélées à la qualité du confort intérieur, nous a poussés à poser la problématique spécifique suivante :

- Quels sont les exigences conceptuels et techniques d'un habitat écologique pour assurer une qualité d'air agréable et régler les problèmes d'humidité à Tipaza ?

## **I-3-HYPOTHESE**

Notre étude s'articule autour de deux hypothèses essentielles qui sont en relation avec la problématique de l'étude , elles sont éventuelles réponses à cette problématique.

1. Une conception bioclimatique peut être considérée comme moyen d'assurer le confort thermique à l'intérieur d'une habitation .

4. Introduire des solutions techniques, énergétiques et modernes dans le système écologique pour lutter contre l'humidité dans la ville de Tipaza.

#### **I-4-OBJECTIFS**

Cette recherche s'intéresse à la qualité d'air intérieure de l'habitation dans la ville de Tipaza. Elle a pour objectif d'explorer les formes de matérialisation de la relation entre architecture et environnement, cette relation est explorée à travers l'introduction de la notion de l'écologie avec l'habitat .

L'objectif de cette recherche est d'identifier les stratégies importantes de la conception écologique et trouver le meilleur choix des techniques constructives et des matériaux pour assurer le confort intérieur et régler les problèmes d'humidité dans l'habitat à Tipaza .

#### **I-5-METHODOLOGIE DE TRAVAIL :**

Durant la recherche, ces hypothèses feront l'objet d'une vérification à l'aide des outils cités ci-dessous.

Étant donné que La problématique, objet de cette étude, vise à comprendre l'effet de l'humidité sur les ambiances thermiques intérieures, le confort et la santé des occupants ainsi que les dommages causés sur les éléments constitutifs de logement. Il paraît ainsi, utile d'aborder les axes suivants : confort thermique et l'humidité, habitat écologique , climat de la ville de Tipaza . Selon les étapes suivantes :

##### **Partie Théorique**

Comporte : définitions, concepts et théories émergentes dans le domaine du confort thermique plus précisément sur l'humidité, ainsi que l'écologie, la ventilation et ses exigences conceptuels et techniques .

##### **Partie : Recommandations**

Cette partie expérimentale est basée essentiellement sur l'analyse climatiques et bioclimatique de la ville de Tipaza .

Les résultats de ces analyses nous ont permis de choisir la thématique d'intervention qui s'est traduite par des solutions à préconiser dans un projet d'architecture pour améliorer le taux d'humidité de l'air et assurer une qualité d'air agréable de logement dans la ville de Tipaza , qui tient compte les systèmes bioclimatiques et constructifs, tout en l'adaptant à notre thématique.

## **CHAPITRE II : LE CONFORT THERMIQUE ET L'HUMIDITE**

## II-Le confort thermique et l'humidité

"Le confort est un enjeu. Moins un enjeu de convoitise pour ceux qui aspirent au confort, qu'un enjeu dans une société prise entre une civilisation de l'être et une civilisation de l'avoir."(1)

Le confort thermique est important pour améliorer la qualité des ambiances intérieures, la santé et la production de l'occupant tout en préservant le bâtiment, minimisant la consommation énergétique et conservant l'environnement des pollutions liées à l'utilisation des énergies non renouvelable. (2).

Garantir un confort thermique optimal est impossible car cela est lié aux individus. La définition de la température intérieure est un compromis entre le confort d'usage et l'efficacité énergétique. (3).

La recherche de conditions satisfaisantes d'habitabilité et de bien-être d'un point de vue thermique transparait clairement au travers des structures bâties et de transports actuelles. Elles sont toutes équipées de dispositifs permettant de contrôler le climat intérieur. L'homme semble alors vouloir se maintenir dans un intervalle de conditions climatiques déterminées.

### II-1-Le confort thermique

#### II-1-1- Définition du confort thermique :

Le confort thermique est défini comme un état de satisfaction vis-à-vis de l'environnement thermique. Il est déterminé par l'équilibre dynamique établi par échange thermique entre le corps et son environnement. Dans les conditions habituelles, l'homme assure le maintien de sa température corporelle autour de 36,7 °C. Cette température est en permanence supérieure à la température d'ambiance, aussi un équilibre doit-il être trouvé afin d'assurer le bien-être de l'individu.

Plusieurs auteurs ont tenté de répondre aux conditions d'ambiances favorables à ce confort de la manière la plus pratique, parmi lesquels nous citerons les frères Olgyay (4) , Givoni (5) , ainsi que Vogt et Miller (6) .

Pour Claude-Alain Roulet, le confort thermique est un état de bien être général et stable . (C-A Roulet 2004), alors qu'il est défini : «comme la satisfaction exprimée à l'égard de l'ambiance thermique du milieu environnant. » par Jean-Yves Charbonneau. (7).

Quant à B. Givoni, il le considère (le confort thermique) comme un état d'équilibre thermique entre le corps humain et son environnement. (8).

---

(1) D'après Dreyfus, J. 1960 Cité par Barroso-Krause, C. 1995.

(2) Kamajou, A. et al 2012, CERTU 2003

(3) Jean-Marie, 2008

(4) Victor et Aladar Olgyay ont été parmi les premiers à se préoccuper des rapports qu'entretient un bâtiment avec le milieu extérieur et à créer des outils théoriques destinés à une conception architecturale qui optimise les rayonnements et les échanges thermiques.

(5) Baruch Givoni est architecte , docteur en médecine et directeur de département de climatologie appliquée aux constructions au centre de recherche du bâtiment d'Haifa Israël.

(6) J.J.Vogt est docteur en médecine , chercheur au centre de recherche bioclimatique de Strasbourg (CNRS).

(7) Charbonneau, J-Y. « Confort thermique à l'intérieur d'un établissement », CSST. 2004.

(8) Givoni, B. « L'homme, l'architecture et le climat », Edition le moniteur, Paris. 1978.

Une autre approche, définie par Slater consiste à considérer le confort comme « un état plaisant d'harmonie physiologique, psychologique et physique entre un être humain et son environnement ». Cette définition permet d'introduire le critère psychologique qui est, selon l'auteur, des critères indispensables pour se différencier de l'état de neutralité. (1).

Le corps échange en permanence de la chaleur avec son environnement immédiat, ces échanges se font suivant 3 mécanismes distincts :

1- Par convection

Il s'agit des échanges de chaleur liés au mouvement de l'air autour du corps .

2- Par rayonnement

Il s'agit des échanges infrarouges avec les parois qui peuvent être chaudes ou froides .

3- Par conduction

Il s'agit des échanges thermiques qui ont lieu quand le corps est en contact avec une surface .

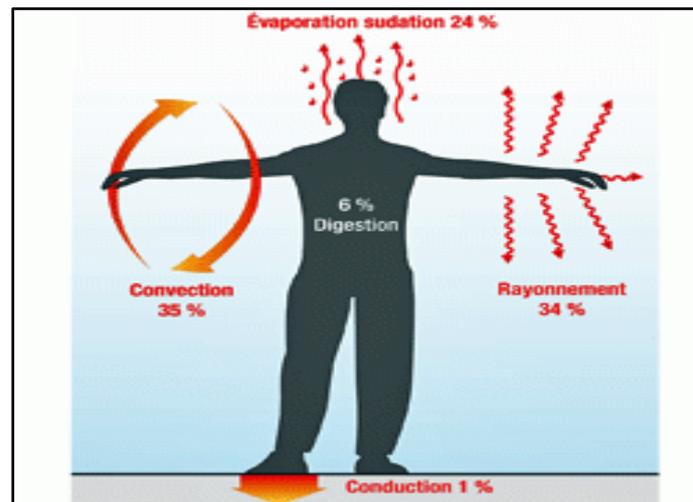


FIG.01.Echanges thermiques du corps humain avec son environnement

Source : <https://www.systemed.fr/3-cles-confort-thermique>

## II-1-2-Les exigences thermiques du corps humain

« L'homme est un être homéotherme et dispose d'une stratégie métabolique efficace lui permettant de déclencher tout un processus de régulation qui facilite son adaptation au milieu.» (2). Il s'agit d'un noyau central homéotherme et une écorce poïkilotherme, (3).

« Le maintien de l'équilibre thermique entre le corps humain et l'environnement est l'une des principales exigences pour la santé, le bien être et le confort » (4).

Pour assurer son équilibre thermique, l'homme dispose d'un système de régulation qui lui permet de lutter contre le froid et la chaleur par des réactions appropriées ( frissons, sudation, vaso-motricité ).

(1) Gallissot, « Modéliser le concept du confort dans l'habitat intelligent », l'université de grenoble, France. 2012.

(2) Deval, J-C. « Le confort thermique en climat tempéré », revue phys. Appl N° 19, laboratoire d'Eco thermique solaire CNRS, France. 1984.

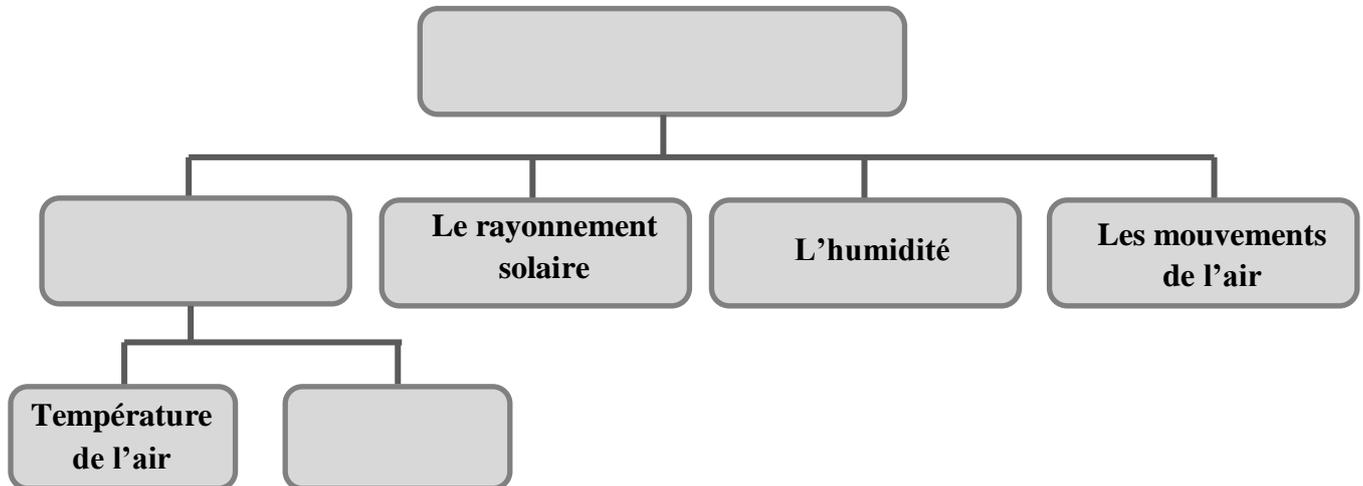
(3) Teller, J. «Notions de confort thermique », université de Liège, de site [www.lema.ulg.ac.be](http://www.lema.ulg.ac.be).

(4) Givoni, B. « L'homme, l'architecture et le climat », Edition le moniteur, Paris. 1978

Le confort n'est pas possible que si ces réactions d'échanges avec l'air ambiant sont minimisées, l'habillement et principalement l'habitat sont un moyen pour assurer cet état d'équilibre thermique entre les variations climatiques et le sujet selon qu'il soit vetu ou non, au repos ou en action.

## II -1-3 - Confort et habitat

Les facteurs dus au climat et intervenant dans la régulation thermique de l'habitat sont :



L'intervention sur les actions combinées (physiologiques et climatiques) de ces différents facteurs permet d'assurer les conditions optimales du confort à l'intérieur de l'habitat.

Pour cela, il est utile de prendre en considération les exemples ci-après, comme cas de figures rencontrés dans l'appréciation du confort thermique.

### a- Les températures

#### - Une stabilité de la température

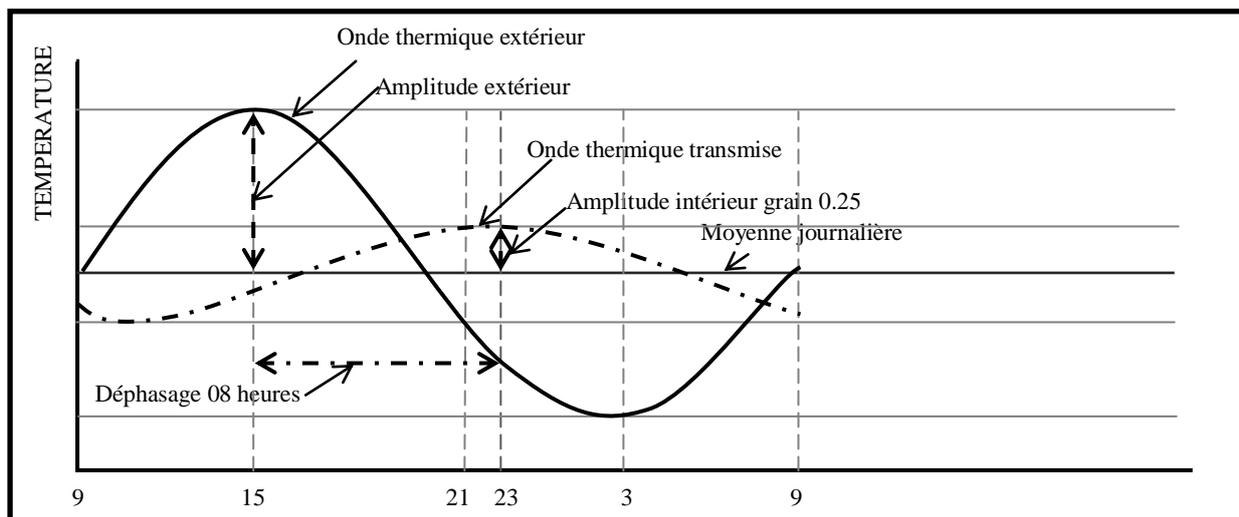
Il s'agit d'un premier facteur à contrôler. C'est la température d'air qui circule autour des occupants en déterminant le flux de chaleur entre l'air et l'individu. Lorsque la température est prise séparément, elle ne peut pas refléter une valeur précise du confort thermique. Alors qu'elle est considérée comme le paramètre le plus important (1).

L'amplitude thermique ou variation de la température extérieure de l'air entre le jour et la nuit est très importante sous nos latitudes aussi bien en été qu'en hiver.

L'habitat peut grandir une ambiance de température plus stable, non soumise aux variations des conditions extérieures, par l'utilisation de parois épaisses bien isolées ainsi que par le chauffage en hiver, ou la ventilation et les protections en été.

---

(1) Mazouz, S. « Confort thermique et construction en climat chaud », Laboratoire de conception et de modélisation des formes architecturales et urbaines (LACOMFA), département d'architecture de l'université de Biskra. 2012.



**FIG.02. DEFINITION DE L'AMPLITUDE DE L'ONDE INCIDENTE AINSI QUE DU GRAIN ET DU DEPHASAGE DE L'ONDE TRANSMISE PAR UNE PAROI HOMGENE**

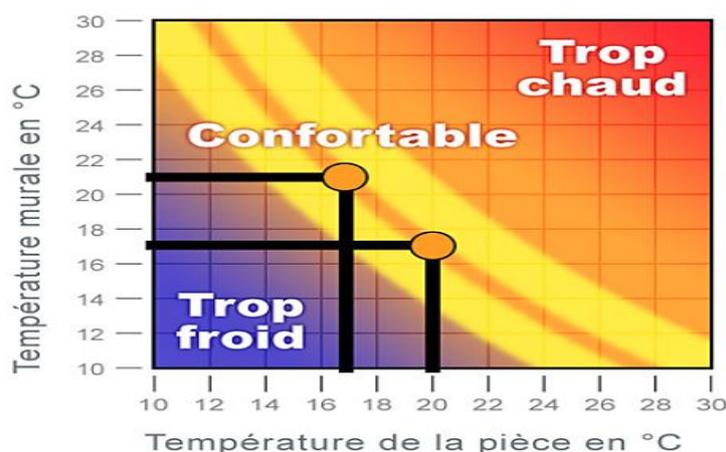
Source : Jean louis Izard –Archi bio – 1979

- **température de l'air ambiant**

La température de l'air ambiant d'une pièce est mesurée au centre et à un mètre du sol .

La température au niveau du sol est plus basse que la température au niveau du plafond. L'air chaud léger s'élève alors que l'air froid dense descend. La température diminue aux abords des parois , fenêtres et portes en hiver . En été, celle-ci augmente .

Lorsque la vitesse du vent est faible, les facteurs locaux ont une grande influence sur la température de l'air proche du sol. Avec des vitesses de vent plus élevées, la température de l'air entrant est moins affectée par les conditions locales. De multiples facteurs ont un effet sur la température ambiante telle que l'ombrage, la présence d'un plan d'eau et les conditions du ciel. Un simple thermomètre maintenu dans un abri Stevenson peut mesurer la température ambiante (1).



**FIG.03. TEMPERATURE CONFORTABLE DE L'AIR AMBIANT**  
SOURCE : **ISO 7730:2005(fr)** Ergonomie des ambiances thermiques

(1) **LIEBARD** Alain & **DE HERDE** André. Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques : Concevoir, édifier et aménager avec le développement durable. Le Moniteur (mars 2006), p. 91a-91b, 131b, 160a-160b.

L'enveloppe de l'habitation doit permettre de la conserver entre 19 et 26 C° , malgré les variations de la température extérieure avec saisons et les heures de la journée . de ce fait il est important de bien isoler la maison autant pour des raisons d'économie que pour votre bien-être.

- **Température des parois :**

Il s'agit de la température des parois avec lesquelles le corps échange de la chaleur par rayonnement (une vitre aura une température rayonnante faible en hiver )

Une sensation différente est éprouvée que l'on se trouve :

**Pour la sensation froid :** la sensation d'inconfort (frissons ) pousse l'utilisateur à chauffer plus, donc a surchauffer , assécher l'air et consommer plus .

**Pour la sensation de chaleur :** la température ambiante est mieux toléré par l'utilisateur .

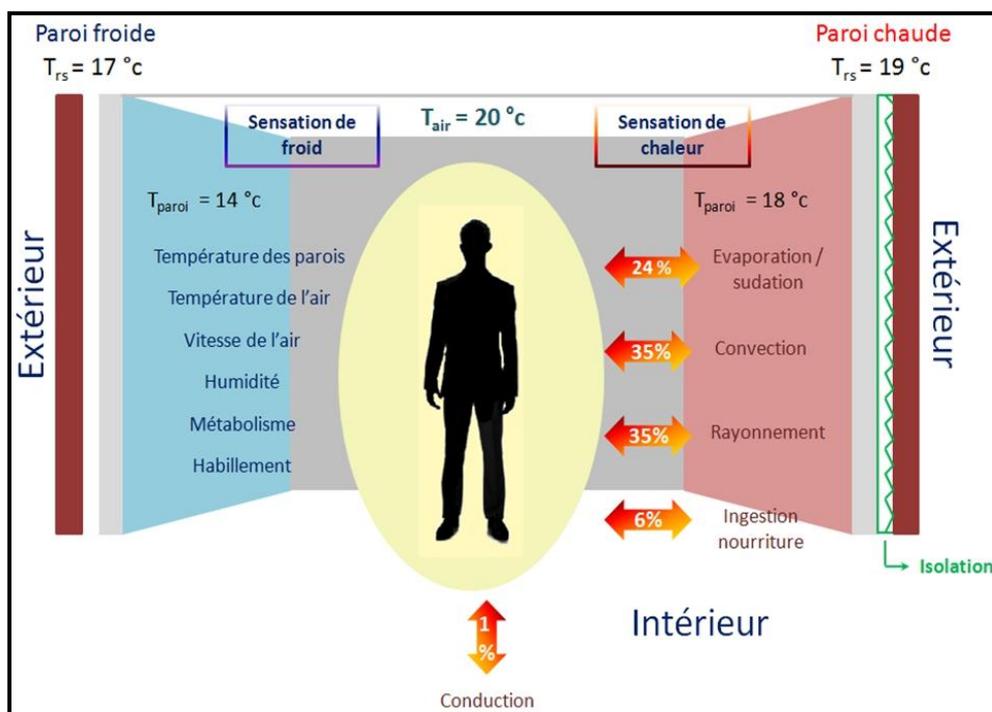


FIG.04. CONFORT THERMIQUE : TEMPERATURE DE RAYONNEMENT ET TEMPERATURE RESSENTIE

**b- Le rayonnement solaire**

Le rayonnement solaire décompose les matériaux avec lesquels nous construisons, nous brûle la peau, et favorise le cancer de la peau. Le soleil peut être à la fois source de vie et cause de destruction de celle-ci (1).

En été, bien que la température ambiante soit la même (37°) , la zone ombragée sera appréciée car plus fraîche que la zone soumise aux effets thermiques du rayonnement solaire .

En hiver , c'est l'inverse qui se produit . pour une même température ambiante extérieure (-2°C°), la zone réchauffée par les rayons du soleil sera plus agréable que la zone à l'ombre .

(1) ALLEN Edward. How Buildings Work ,The Natural Order of Architecture, Third Edition. Drawings by David Swoboda, Edward Allen, and Edward Allen, Publisher: Oxford University Press (2005), p.3-4, 7, 11-20, 25-32, 76, 252,254.

Au moment de la conception d'un bâtiment, il est alors utile de faciliter la pénétration du rayonnement solaire à l'intérieur des pièces à chauffer en hiver à l'inverse de l'été où ce rayonnement est à éviter.

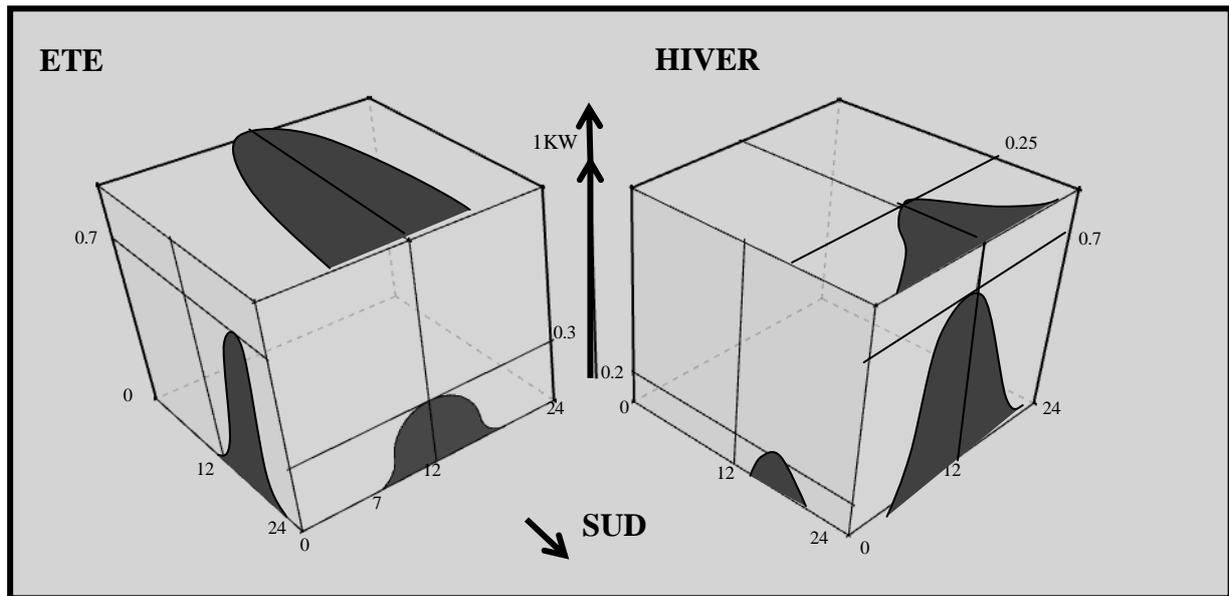


FIG.05. Répartition des puissances reçues du soleil suivant les orientations des façades d'une construction en hiver et en été, Source : Jean louis Izard –Archi bio – 1979

L'hiver c'est la façade sud qui reçoit le plus, l'horizontale et la façade ouest reçoivent très peu. En été, c'est l'horizontale qui est plus éclairée, suivie de la façade ouest et de la façade sud. A noter la différence des heures où les puissances reçues sont maximale.

### C -L'humidité :

L'humidité de l'air, qui représente la quantité d'eau sous formes gazeuse présente dans l'air, est généralement exprimée en terme d'«humidité relative». L'humidité relative est définie comme le rapport de la masse de vapeur d'eau dans un certain volume d'air humide à une température donnée, à la masse de la vapeur d'eau dans le même volume d'air saturé à la même température. Elle est normalement exprimée en pourcentage (1).

Elle varie considérablement, ayant tendance à être plus élevée à l'approche de l'aube, quand la température de l'air est à son plus bas, et à diminuer à mesure que la température de l'air augmente. La diminution de l'humidité relative vers midi tend à être la plus élevée en été. Dans les zones à fort taux d'humidité, la transmission du rayonnement solaire est réduite en raison de l'absorption et de la diffusion atmosphérique. Une forte humidité réduit l'évaporation de l'eau et la transpiration. Par conséquent, une forte humidité accompagnée d'une température ambiante élevée provoque beaucoup d'inconfort (2).

(1) **El Hozayen** Ahmed. Le traitement des espaces urbains dans les villes au climat chaud et sec pour diminuer leurs problèmes climatiques. Étude de cas : la ville du Caire. Agricultural sciences. 2013.

(2) **MANIBHAI** Prajapati Jayeshkumar, Thermal Comfort Techniques for Urban Poor's Housing : Meaning of thermal comfort, International Journal of Research in Modern Engineering and Emerging Technology Vol. 1, Issue: 4, (May, 2013).

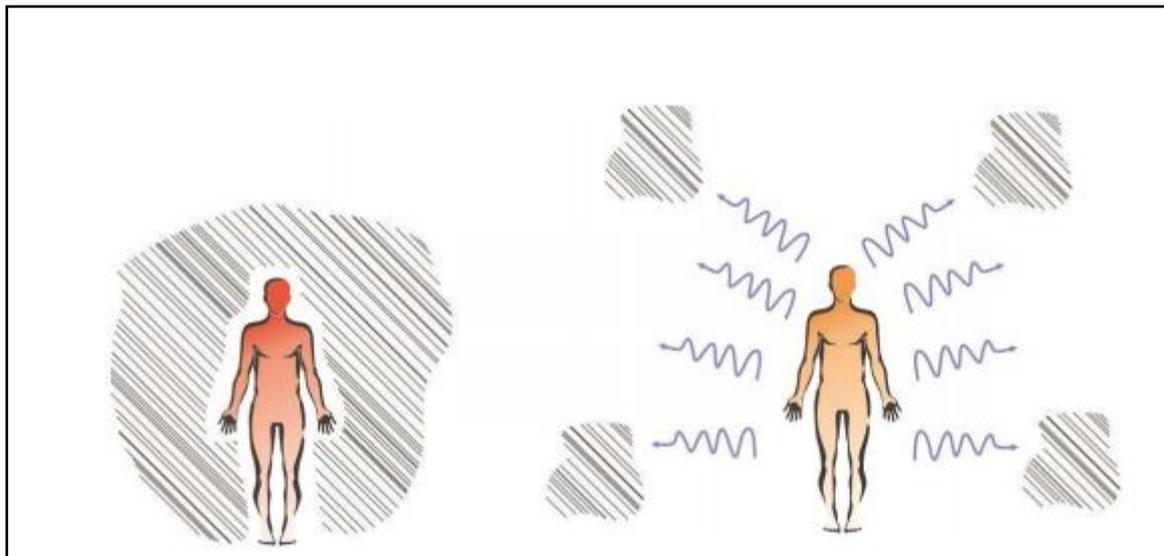


FIG 06 : L'HUMIDITE D'AIR

Les effets de l'humidité de l'air; à gauche une humidité relative et température élevée (HR>90%) qui rend l'évaporation de la transpiration très difficile et donc le refroidissement ; à droite une humidité relative faible qui permet à la sueur de s'évaporer et refroidir le corps .

#### D- Les mouvements de l'air

Il s'agit de la vitesse de l'air qui correspond aux mouvements d'air autour de l'individu. C'est un paramètre très important à cause de son influence sur les échanges de la chaleur par convection et l'augmentation de l'évaporation sur la surface de la peau. (1). L'agrandissement de la vitesse de l'air provoque l'augmentation des échanges thermiques.

A l'intérieur d'un bâtiment, la vitesse de l'air est ignorée lorsque elle ne dépasse pas 0.2m/s. A partir cette valeur de vitesse, l'utilisateur de l'espace commence à ressentir le mouvement de l'air. (2).

Plus le mouvement de l'air est important plus le refroidissement du corps ou échange de chaleur par convection avec l'air ambiant est accéléré.

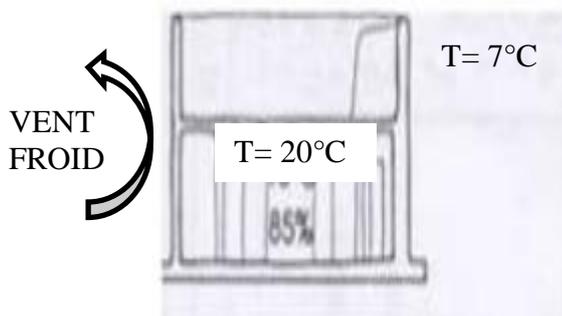
Le mouvement de l'air est donc à éviter en hiver ( infiltrations et courants d'air) et plutôt à rechercher en été .

Pour obtenir un refroidissement effectif il y a une valeur optimale à respecter .

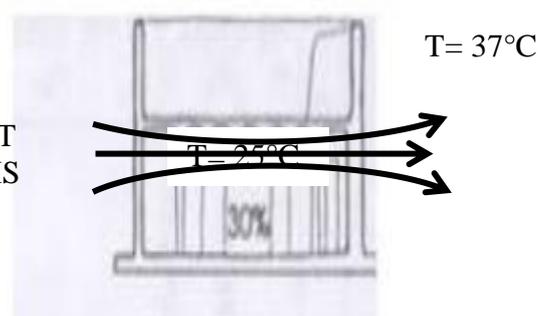
Au-dessus ou au-dessous de cette valeur, il y a inconfort . cette valeur dépend de la température , de l'humidité .

(1) Liébard, A. et De Herde, A. « Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique ; concevoir, édifier et aménager avec le développement durable », Edition le moniteur, Paris. 2005.

(2) Belmaaziz, M. « Le confort thermique et stratégies thermiques des êtres humains », 2011- 2012.



HIVER : dévier vents froids et curant d'air



ETE : rafraîchissement par ventilation

## II-2-Le confort thermique et l'humidité

### II-2-1- Influence de l'humidité ambiante

La sensation d'inconfort liée à l'humidité provient de l'importance de la transpiration qui se fait d'autant plus difficilement que le milieu ambiant a une humidité relative plus grande. En effet, plus il y a d'humidité dans l'air, plus il est difficile d'évaporer la sueur et donc d'évacuer la chaleur dégagée par le métabolisme. Cette sensation d'inconfort est aussi fonction de la température ambiante  $T_a$  puisque la puissance échangée sous forme latente croît avec  $T_a$ .

Si le progrès des sciences et des techniques de la construction permet d'améliorer le confort des occupants, il faut bien admettre que le gêne provoqué par l'humidité est encore bien existant de nos jours.

L'eau sous ses différentes formes dans les bâtiments constitue à la fois un danger potentiel pour la santé et le confort et une source de dommages réels : esthétiques et matériels.

On ne peut sous estimer les effets l'humidité sur les matériaux de construction. Si ces effets n'existaient pas, la construction de bâtiments durables seraient grandement simplifiée ainsi que la tâche des architectes.

J.K.Latta (1), déclare : « on a dit que, les recherches en construction, ne seraient pas nécessaires s'il n'y avait pas l'effet de l'eau sur les matériaux de construction. »

L'humidité dans un logement est déterminée par :

- les paramètres extérieurs : températures, humidité, ventilation et l'ensoleillement.
- les caractéristiques du bâtiment : présence de fuites, de ponts thermiques, capillarité des matériaux,... etc.
- le comportement de l'habitant : fréquence de l'aération, températures intérieures, production de vapeur d'eau

L'humidité relative de l'air s'exprime en pourcentage, on mesure la quantité d'eau par un taux d'humidité qui peut varier de 0% -100%, L'hygrométrie idéale est comprise entre 30 et 60 % mais elle est très variable selon les saisons et la situation géographique.

Exemple, pour une température d'air de 22° avec humidité relative comprise entre 40 et 65 % la majorité des personnes ne percevront aucune gêne à l'inverse à une température de 24° mais avec une humidité relative de 82 % la transpiration sera abondante.

(1) Latta J.K et Beach R.K, Diffusion de la vapeur et condensation, <http://www.irc.com>, 2006.

Lorsqu'un mélange d'air et de vapeur est chauffé ou refroidi, le processus qui en résulte peut être représenté par une ligne horizontale sur la courbe. Le développement ABC représente l'air d'une pièce à 21°C et 50% d'humidité relative qui est refroidi au contact d'une paroi froide. Quand il est refroidi à 10,3°C, le mélange devient saturé. S'il est refroidi davantage, de l'humidité sera formée au moyen d'une condensation sur la paroi froide.

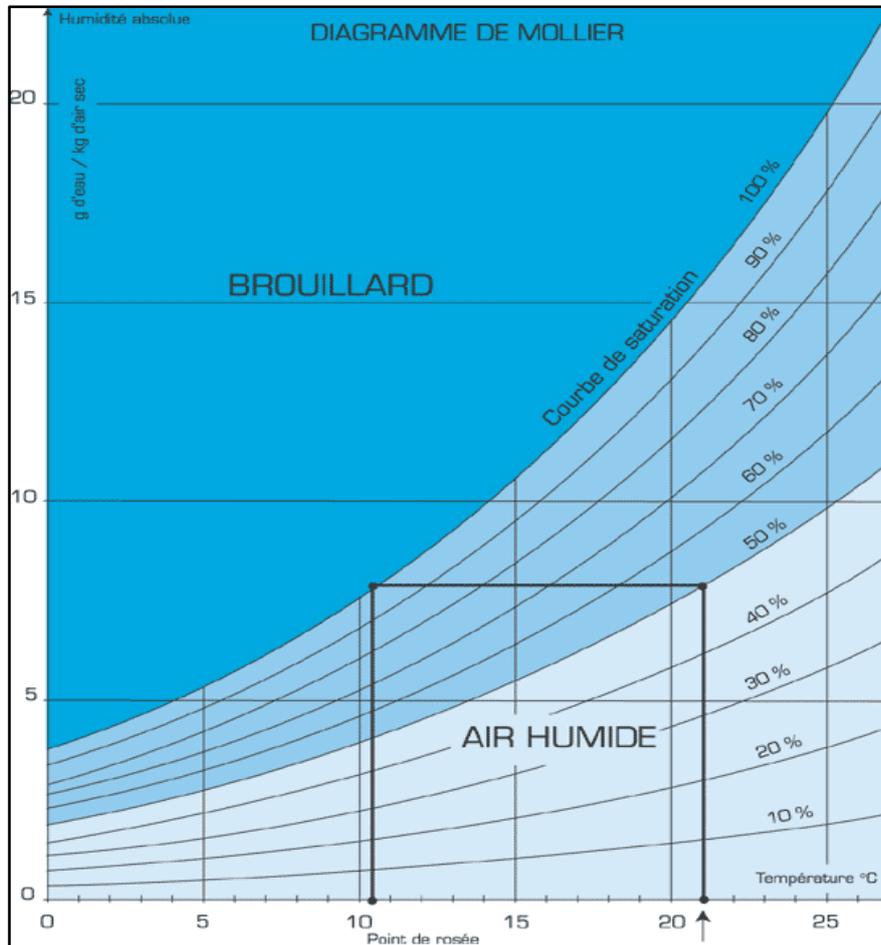


FIG 07: Diagramme de Mollier. **Source** : www. Domosystem.fr, 2006.

L'humidité de l'air peut s'exprimer de plusieurs manières (1) : teneur en eau (en volume ou en poids), pression de vapeur, humidité relative et point de rosée. La teneur en eau peut s'exprimer de plusieurs façons :

- le rapport de mélange,  $x$ , est le rapport de la masse de la vapeur d'eau à la masse d'air sec contenu dans un volume d'air ;
- la concentration en eau,  $g$ , est le rapport de la masse de vapeur d'eau à la masse totale d'un volume d'air, en  $\text{kg}/\text{m}^3$  ;
- l'humidité absolue,  $\phi$ , représente la masse d'eau par unité de volume d'air, en  $\text{kg}/\text{m}^3$  ;

La pression partielle de vapeur d'eau,  $p$ , s'obtient en supposant que la vapeur d'eau occupe à elle seule le volume à disposition. cette pression s'exprime en pascals [pa]. La pression atmosphérique est égale à la somme des pressions partielles de tous les composants de l'air (azote, oxygène, vapeur d'eau, gaz carbonique, argon, etc.).

(1) **Belakhowsky.S**, Chauffage & Climatisation, Technique & Vulgarisation, Paris, 1980, pp94-97

À chaque température correspond une pression partielle de vapeur d'eau maximum, appelée pression de vapeur saturante.

L'augmentation de la vitesse de l'air compense les effets de l'humidité.

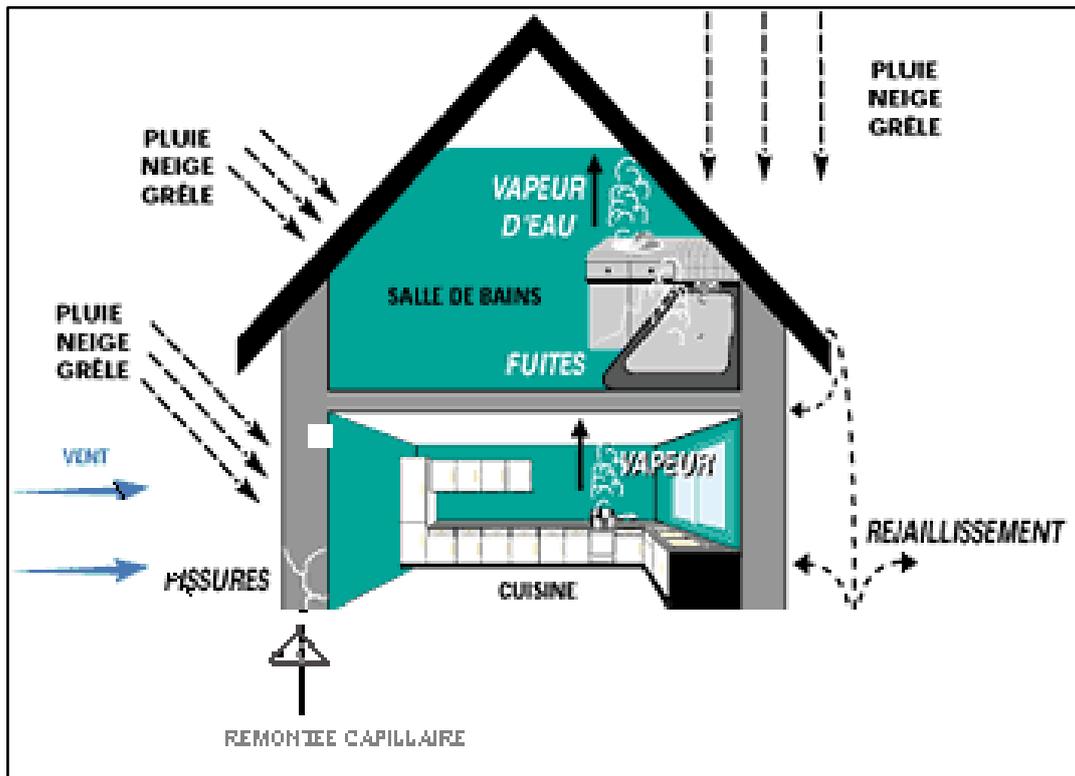


FIG 08 : Les différentes causes d'humidité. Source : <http://www.universimmo.com>, 2004

## II-2-2-Les dégâts causés par l'humidité

L'humidité est particulièrement nocive à la santé des résidents. Pour les personnes sensibles, les risques de maladies O.R.L (Oto-Rhino-Laryngologie) ou respiratoire sont grands.

Ce méfait porte également atteinte au bâtiment, à commencer par les petits détails tels que la peinture, le décollement des papiers peints, les tâches sur les supports, les mauvaises odeurs ainsi que les moisissures. L'humidité dégrade considérablement l'état de la maison au fil du temps, si elle n'est pas traitée elle peut aboutir à de sérieux problèmes.

Un des problèmes les plus fréquents dû à l'humidité est la condensation qui se traduit par la présence d'eau dans les fenêtres et murs. La buée sur les fenêtres le matin et la présence de champignons révèlent la condensation. L'origine des ennuis est un intérieur trop chauffé et humide en contact avec des murs extérieurs froids.

Autre problème courant, les remontées capillaires sont une remontée d'humidité dans les murs du logement. L'apparition de salpêtres (dépôt blanchâtre) et de champignons à la base des murs et le refroidissement des murs sont des signes annonciateurs de remontées capillaires. Pour lutter contre ce mal, l'intervention d'un professionnel est indispensable. Le problème nécessite un diagnostic précis et les traitements peuvent être dangereux.

L'infiltration d'eau va se diagnostiquer grâce aux fissures et auréoles sur les murs, à la présence de salpêtre, et la présence d'odeurs et moisissures. Comme pour les remontées capillaires, l'intervention d'un professionnel est indispensable, l'infiltration d'eau étant un problème grave.



FIG 09 : Infiltration directe par le toit.



Fig10 : Effets de l'humidité interne .

#### **II-4-Synthèse :**

Ce chapitre est une étude théorique qui est une introduction à l'étude expérimentale dans la partie pratique.

L'étude du confort thermique et son influence sur l'occupant de l'espace permet aux architectes de prendre des décisions à un stade précoce de la conception architecturale. Son élaboration nécessite l'intervention de ces paramètres qui sont la température de l'air ambiant, l'humidité relative, la vitesse de l'air.

Lors de l'élaboration du projet climatique , ces données climatiques et microclimatiques sont à prendre en compte .

Le dernier point traité par ce chapitre est l'influence de l'humidité ambiante sur l'être humain et l'environnement . Les indices sont à prendre en considération pour recenser les causes d'inconfort ou d'améliorer les conditions du confort. Les diagrammes bioclimatiques sont des outils pour prendre les bonnes décisions concernant le projet architectural. La simulation thermique est efficace afin d'améliorer les conditions de vie des occupants en termes du confort thermique.

**CHAPITRE III : EXIGENCES  
CONCEPTUELS ET TECHNIQUES  
D'UNE HABITAT ECOLOGIQUE**

Construire aujourd'hui, est une des procédures les plus importantes dans la vie de l'homme contemporain. Cela nécessite plein d'efforts et du financement de la conception jusqu'à la finition. Le but de réaliser son abri est de se protéger des conditions climatiques extrêmes et d'assurer le confort nécessaire à l'adaptation à son milieu.

### **III-1-DEFINITION DE L'HABITAT ECOLOGIQUE**

La construction écologique communément appelée éco-construction ou encore construction durable est la conception de logements avec des matériaux respectueux de l'environnement. Selon les éco-constructeurs, cela signifie qu'une maison écologique est une maison utilisant des matériaux naturels.

La construction écologique vise à limiter l'impact négatif de l'habitat de l'homme sur l'environnement grâce à des techniques modernes qui réduisent la quantité d'énergie consommée par une maison.

Construire de façon écologique peut se traduire par "construire en mettant en harmonie le climat avec la biologie humaine" (1).

### **III -2- EXIGENCES CONCEPTUELES**

#### **III-2-1- orientation**

L'implantation du bâtiment est la première étape de l'architecture bioclimatique.

Les obstacles naturels et artificiels, le choix des orientations des façades, l'environnement immédiat du bâtiment ont une influence significative sur les conditions de confort thermique à l'intérieur de celui-ci.

L'étude du terrain et du climat permet d'exploiter au mieux le potentiel de rafraîchissement et de protection.

#### **a- Implantation**

Le site est l'environnement proche d'un bâtiment. L'implantation judicieuse d'un édifice est la tâche la plus importante de l'architecte. Elle détermine l'éclairage, les apports solaires, les déperditions et les possibilités d'aération. (2).

La localisation d'un bâtiment joue un grand rôle dans la conception bioclimatique dont le site peut contribuer à l'amélioration du confort des occupants.

Les buts du concepteur en bioclimatique sont d'exploiter les potentialités du site, contourner ses contraintes défavorables et accorder les ambiances dans le bâtiment au microclimat du lieu. (3).

Selon Pierre Fernandez, réussir l'insertion du bâtiment revient à exploiter le potentiel du site et procéder à l'analyse de l'interaction du projet avec les éléments caractéristiques du site comme le relief, le contexte urbain, le type de terrain, la végétation, l'ensoleillement et le vent.

- 
- (1) **Dutreix, A.** « Bioclimatisme et performances énergétiques des bâtiments », Edition Eyrolles environnement, Paris. 2010
  - (2) **Liébard, A. et De Herde, A.** « Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique ; concevoir, édifier et aménager avec le développement durable », Edition le moniteur, Paris. 2005.
  - (3) **Fernandez, P. et Lavigne, P.** « Concevoir des bâtiments bioclimatiques, Fondement et méthodes », Edition le moniteur, Paris. 2009.

une bonne orientation passe avant tout par une bonne implantation . tout décideur ou aménageur aura intérêt à organiser l'espace en sachant que :

- L'air frais est lourd ; il se déplace vers les parties basses .
- Les versants à l'ombre ou sur le passage des vents dominants ou des tempêtes seront plus exposés au froid .
- L'air humides a une capacité thermique supérieure , il absorbera plus de chaleur qu'un air sec .
- Une vitesse de vent fait baisser la température .



FIG 11 : Le choix de site d'implantation

### b- Ensoleillement :

L'ensoleillement est caractérisé par la trajectoire du soleil et la durée d'ensoleillement qui varie selon l'heure journalière et la saison.

Quelle que soit la latitude en zone qui appartient à la moitié nord de la planète, c'est la façade sud qui reçoit le maximum de rayonnement solaire en hiver et le minimum en été (1).

Toute construction ne tenant pas compte de la position du soleil consomme de grandes quantités d'énergie pour son chauffage en hiver et sa réfrigération en été .

Au moment de la conception d'un bâtiment, il est alors utile de faciliter la pénétration du rayonnement solaire à l'intérieur des pièces à chauffer en hiver à l'inverse de l'été où ce rayonnement est à éviter .

---

(1) **Oliva, J-P.** « L'isolation écologique, conception, matériaux et mise en oeuvre », Edition Terre vivante, Paris. 2007.

Il est possible de calculer à partir des formules simplifiées d'Ashbel ou celles plus complexes de Nissen , l'énergie que reçoit une paroi verticale ou inclinée en fonction de son orientation . lorsque les calculs ont été effectués , il reste à résoudre le problème de la représentation la plus pratique possible de l'influence de l'orientation sur les rayonnement reçue pour une latitude donnée .

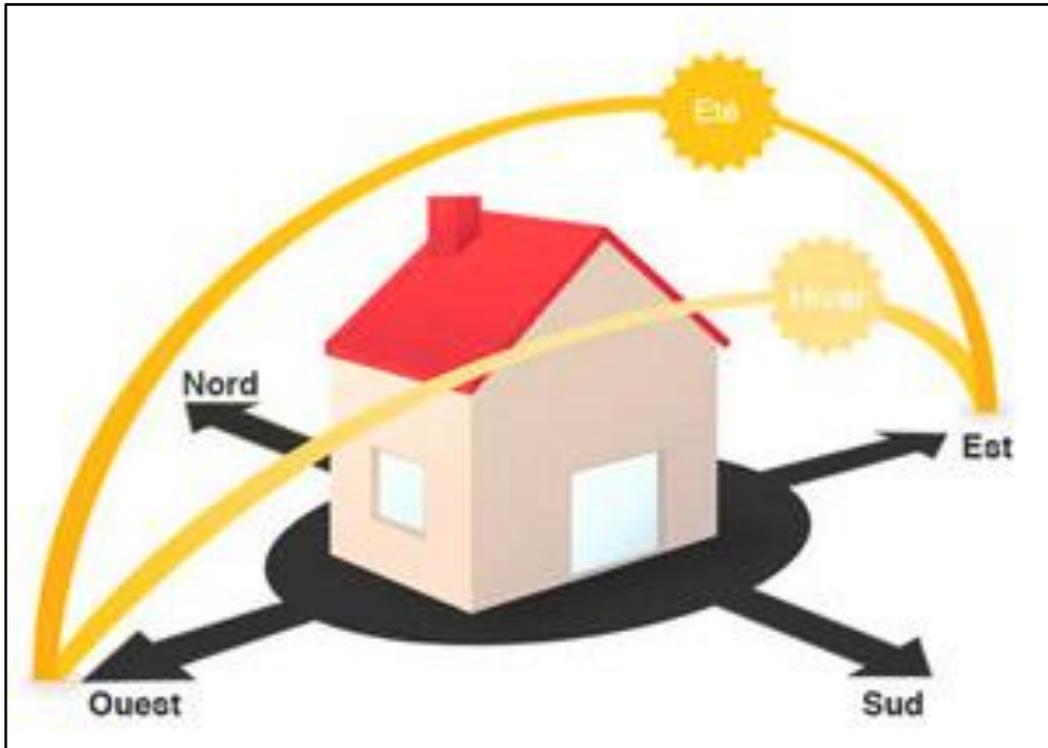


FIG 12 : l'ensoleillement selon l'orientation et la saison ,  
source : [www.maisonaenergiepositive.com](http://www.maisonaenergiepositive.com)

### c- Orientation des bâtiments :

L'orientation d'une construction est la direction vers laquelle sont tournées ses façades. Selon B. Givoni le choix de l'orientation est soumis à plusieurs critères, telle que la vue dans différentes directions, la position du bâtiment par rapport aux voies, la topographie de site, la position des nuisances et la nature du climat. (1).

L'orientation d'un Bâtiment répond aux besoins en lumière naturelle, rayonnement solaire pour chauffer ou pour s'en protéger et des vents afin de rafraîchir en été ou pour éviter les déperditions en hiver. (2).

---

(1) **Givoni, B.** « L'homme, l'architecture et le climat », Edition le moniteur, Paris. 1978.

(2) **Liébard, A. et De Herde, A.** « Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique ; concevoir, édifier et aménager avec le développement durable », Edition le moniteur, Paris. 2005.

L'orientation influe sur l'ambiance intérieure par deux manières selon B. Givoni :

« Le rayonnement solaire et ses effets d'échauffement sur les murs et les pièces orientées selon différentes directions ».

« Les problèmes de ventilation en rapport avec la direction des vents dominants et l'orientation de la construction ».

Le choix définitif d'une telle orientation par rapport à une autre est selon les avantages de chaque facteur. Cela est déterminé par la température de l'air ambiant et le degré d'humidité.

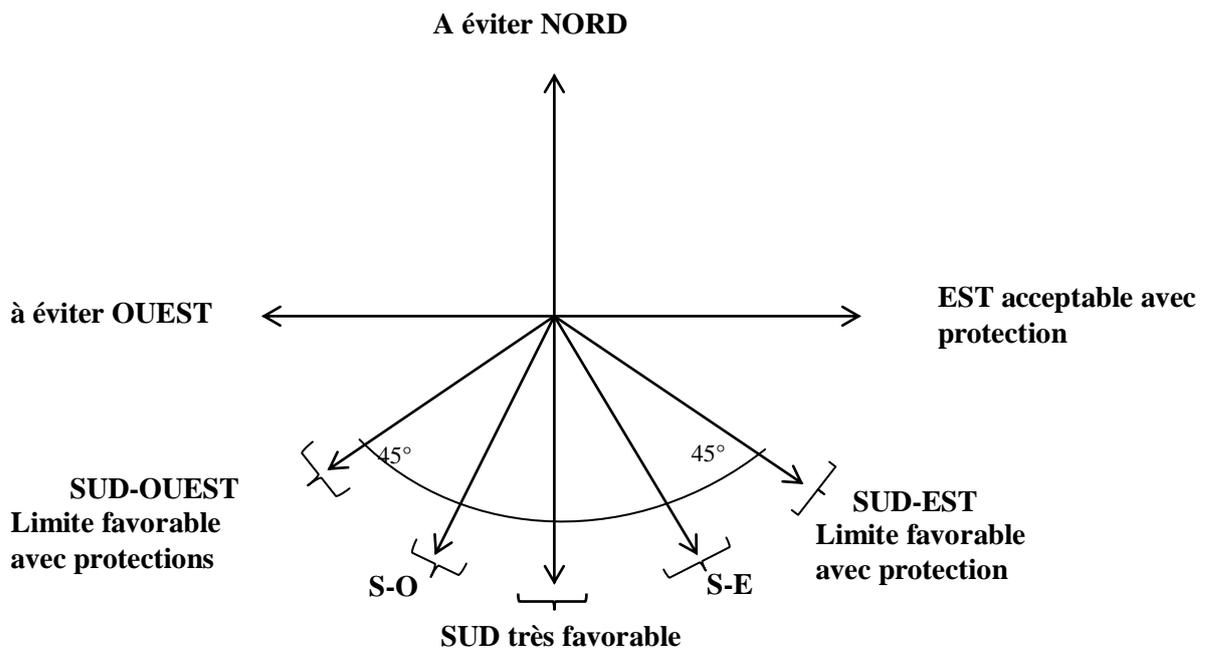
L'orientation sud, ou proche du sud, doit être recherchée pour la (ou les) façade(s) principale(s) de tout habitat .

En hiver, c'est la façade la plus ensoleillée et en été, la moins ensoleillée et la mieux protégée par des protections solaires.

L'orientation est et ouest, ou proche de l'est ou de l'ouest, est déconseillée pour la (ou les) façade(s) principale(s) de tout habitat .

En été, l'insolation est très forte et difficile à protéger .

L'orientation nord est à éviter sauf pour les zones climatiques à forte isolation . des dispositions de protections solaires sont à prévoir en été pour les basses latitudes .



#### **d- Composition plan intérieur :**

La disposition des zones habitables dépend de la nécessité thermique de chaque espace dont il existe des zones qui nécessitent plus du confort que d'autres non habitables ou rarement utilisés qui peuvent être des espaces tampons pour protéger la partie habitable de l'habitat. Cela peut rendre n'importe quelle maison énergétiquement plus économique en distribuant les différentes fonctions dans le plan selon la trajectoire du soleil. (1).

---

(1) **Watson, D. et Camous, R.** « L'habitat bioclimatique de la conception à la construction », édition l'Etincelle. 1983.

L'orientation des pièces intérieures qui composent l'habitation dépend du type et de la durée d'utilisation de ces pièces .

Les espaces habitables de séjour seront orientés au sud .

Les espaces habitables tels que les chambres (éventuellement la cuisine ) seront orientés au sud ou à l'est .

Les espaces de service non habitables (sanitaires, rangements , garages, éventuellement cuisine,..... ) seront déposés en zone tampon nord .

pour les zones climatiques d'été , des dispositions de protections solaires seront indispensables .

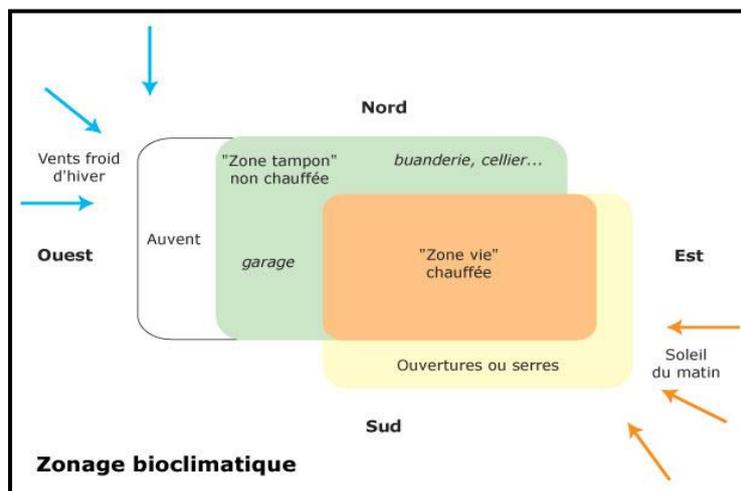


FIG 13 : distribution des espaces selon le trajet solaire.  
Source <http://www.forumconstruire.com/>

## II-2-2-Espacement – forme- et groupement des bâtiments :

### a- Forme des bâtiments :

V. Olgyay affirme que la forme optimale d'un corps du bâtiment correspond à celle qui lui permet de perdre un minimum de chaleur en hiver et d'en gagner un minimum en été. (1).

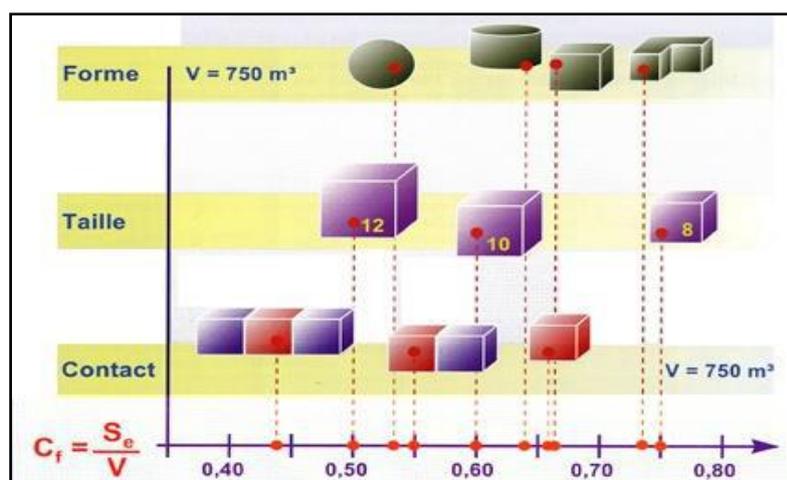


FIG 14: Impact de la forme, la taille et la proximité sur la compacité.  
Source : Liébard, A. et Herde, A. D. 2005

(1) **Chelghoum, Z.** « Notion de confort et données de base pour un habitat intégré au climat », imprimerie université Mentouri Constantine. 2006 - 2007.

Le coefficient de forme est le rapport entre la surface des parois en contact avec l'extérieur sur le volume à chauffer. (1)

Avec

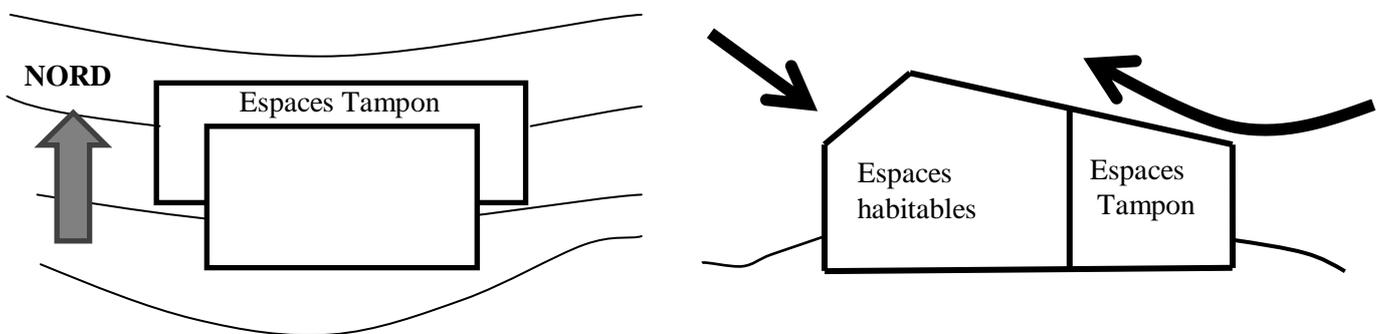
Cf: Coefficient de forme.

S : Surface. V : volume.

Ce rapport est plus petit lorsque la surface des parois extérieures diminue par rapport au volume intérieur donc une grande habitation possède moins de surfaces de déperdition qu'une petite. (2).

Ou bien l'enveloppe présentant la plus faible surface des parois extérieures sera celle présentant le moins des déperditions thermiques. (3).

La forme allongée dans la direction est-ouest est la forme optimale générale donnant les meilleurs résultats d'ensoleillement dans chaque cas et pour toutes les zones climatiques d'hiver



## ESPACES-TOMPONS

Les façades est et ouest recevant le plus fort ensoleillement en été et difficiles à protéger ont tout intérêt à être minimisées .

En climat très froid ou très chaud une partie de l'année , il est judicieux d'enterrer les locaux à quelques mètres de profondeur , la température fluctue en toutes saisons autour de la moyenne annuelle (température de cave).

La forme compacte avec cour intérieure convient mieux aux zones climatiques d'été du Sahara car elle réduit la surface exposée avec l'environnement extérieur chaud et sec .

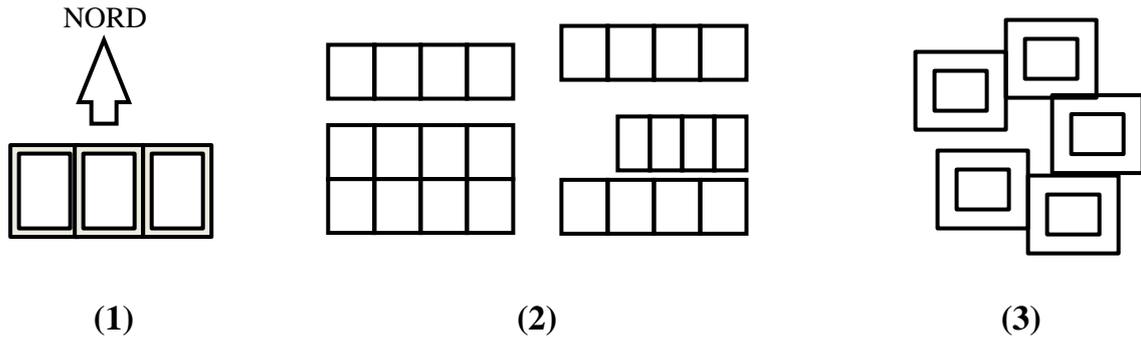
---

(1) **Mazouz, S.** « Confort thermique », 1<sup>ère</sup> année poste-graduation cour, département d'architecture de l'université de Biskra.

(2) **Chelghoum, Z.** « Notion de confort et données de base pour un habitat intégré au climat », imprimerie université Mentouri Constantine. 2006 - 2007.

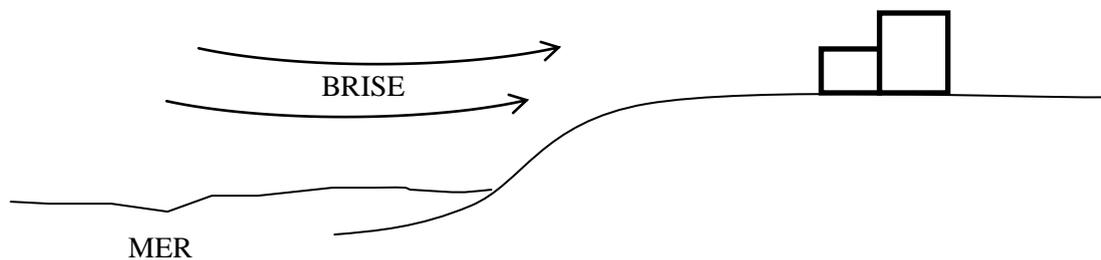
(3) **Oliva, J-P.** « L'isolation écologique, conception, matériaux et mise en oeuvre », Edition Terre vivante, Paris. 2007.

## b- Groupement des bâtiments :



- (1) rechercher des mitoyennetés par les murs pignons est/ouest .
- (2) les plans masses compacts diminuent les surfaces des murs en contact avec l'extérieur hostile chaud ou froid .
- (3) Les plans de masse compact minimisent les surfaces d'échange avec l'extérieur chaud. les cours intérieures (ou patios) ombragées restent les seules zones en contact avec volume intérieur .
- (4) Rechercher des jeux de volumes pour augmenter les effets d'ombrage .

Il est utile de prévoir des espacement entre les bâtiments pour permettre une bonne ventilation des zones très humides surtout en été : cas des zones du littoral en bord de mer.



## c- L'orientation par rapport au vent :

L'orientation des bâtiments vis à vis de la direction des vents dominants a vraisemblablement une influence considérable sur le refroidissement et la ventilation intérieure (1).

Le vent est un déplacement d'air, généralement horizontal, d'une zone de haute pression située dans la partie du bâtiment exposée au vent à une autre de basse pression disposée sur l'autre côté du bâtiment. La toiture est toujours soumise à la dépression.

La force thermique peut aussi provoquer des mouvements d'air autour d'un bâtiment. Les différences de températures et de pression peuvent s'établir sous l'effet de rayonnement solaire entre une zone ensoleillée et une zone à l'ombre. L'air chaud a tendance de s'élever car il est plus léger en créant une petite dépression au sol pour qu'il soit remplacé par de l'air froid (2).

(1) **Givoni, B.** « L'homme, l'architecture et le climat », Edition le moniteur, Paris. 1978.

(2) **Chelghoum, Z.** « Notion de confort et données de base pour un habitat intégré au climat », imprimerie université Mentouri Constantine. 2006 - 2007.

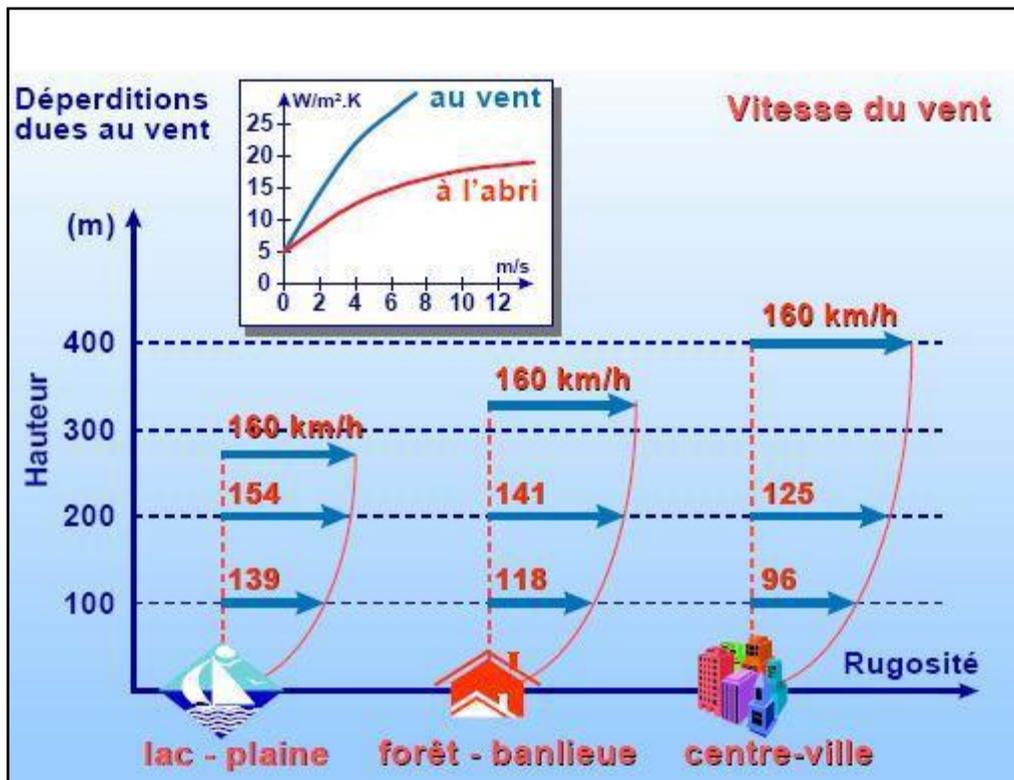
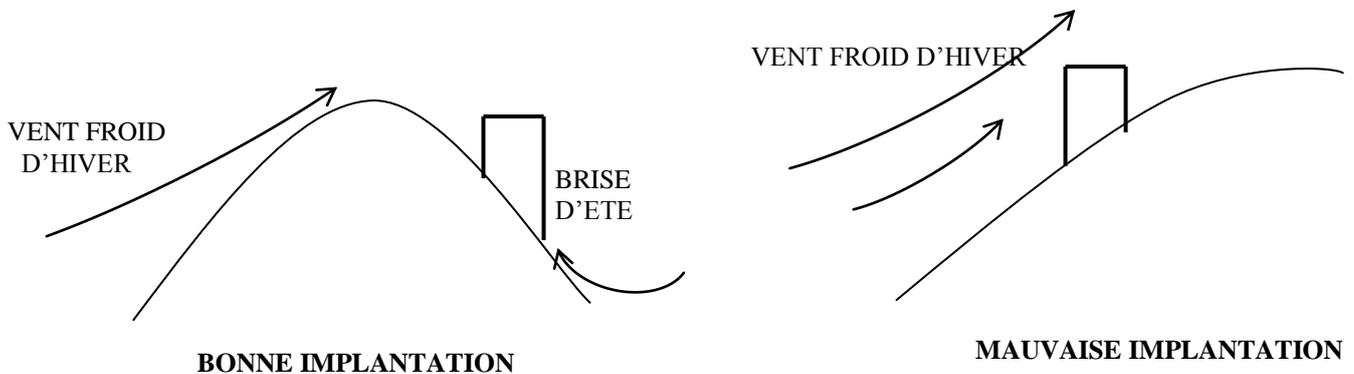


FIG 15: variation de la vitesse du vent par rapport à l'altitude et la nature du sol.  
Source : Liébard, A. et D. Herde, A. 2005

L'appréciation et la connaissance du comportement du vent sont importantes pour sa prise en compte dans la conception des plans de masse . les exigences du confort peuvent amener à s'ouvrir au vent ou à s'en protéger selon la période .



La forme des bâtiments, elle aussi , obéit à certaines règles vis-à-vis du vent pour améliorer et non amplifier la gêne ou l'inconfort .

Des études du CSTB permettent d'apprécier les effets et le comportement du vent selon la nature du sol ou de la forme des bâtiments (1).

(1) S. DJENAS, ' Elaboration des Zones Climatiques en Algérie', PFE, CSTB, 1984.

Type de rugosité	Nature de sol	Influence en altitude	Vitesse moyenne au niveau du sol	Turbulence au niveau du sol
Faible	Mer, rase campagne	250m à 300m	Importante	Faible < 20%
Moyenne	Foret banlieue	300m à 350m	Moyenne	moyenne < 25%
Forte	ville	350met +	faible	élevée >25%

TABLEAU 01 : Influence de la rugosité (source : Gandemer, CSTB Nantes)

### VENT ET NATURE DE SOL

La position des façades et des ouvertures par rapport au vents dominants n'est pas indifférente : il faut cependant distinguer entre les vents forts et les brises ; les premiers constituent une nuisance et les seconds peuvent contribuer utilement à la ventilation naturelle d'été . les orientations peuvent donc être choisies à partir de l'utilisation que l'on peut désirer faire de ces déplacement d'air .

Les parois exposées au vent porteur de pluie doivent être spécialement protégés , tandis que celles exposées à un vent sec (mistral) peuvent être modérément ouvertes pour pouvoir utiliser l'évaporation comme moyen de refroidissement .

Enfin les parois exposées au brisent peuvent être plus largement ouvertes. L'utilisation des vents pour la ventilation naturelle n'impose pas que les parois exposées soient disposées normalement au flux , mais plutôt obliquement .

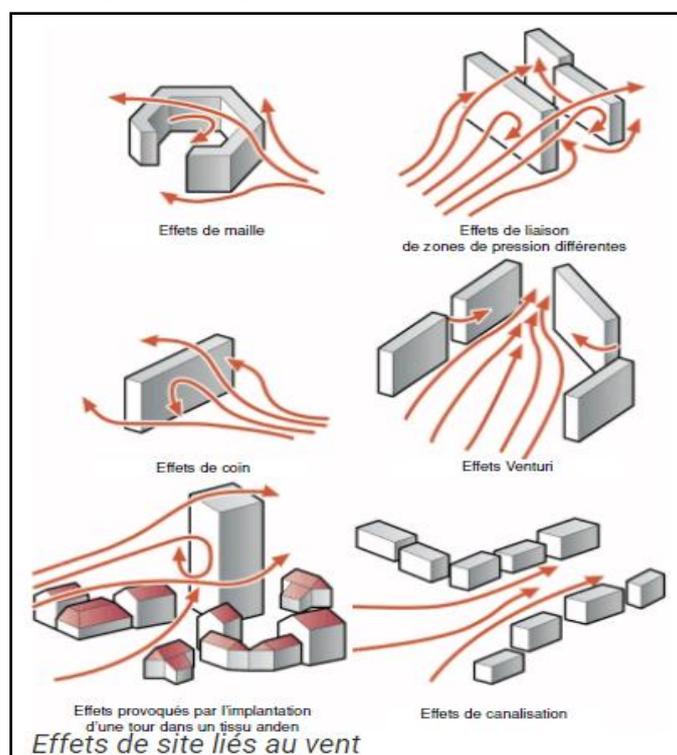


FIG 16 : effets de site liés au vent

### III -2- 3 - Protections – Ventilations :

#### a- Protections

La protection solaire possède un double rôle dans un habitat bioclimatique. Elle consiste à isoler la vitre thermiquement durant les nuits d'hiver et protéger la construction des rayons solaires intenses durant les journées d'été. (1)

#### ▪ Ouvertures – fenêtres

Lieux de passage de la lumière du jour et de vue des paysages environnant , les ouvertures et fenêtres sont également des lieux privilégiés d'échanges de chaleur ou de froid avec extérieur.

Il y a donc lieu de porter à ces ouvertures un intérêt particulier quant à leur disposition et leur dimensionnement pour améliorer et non aggraver le confort attendu .

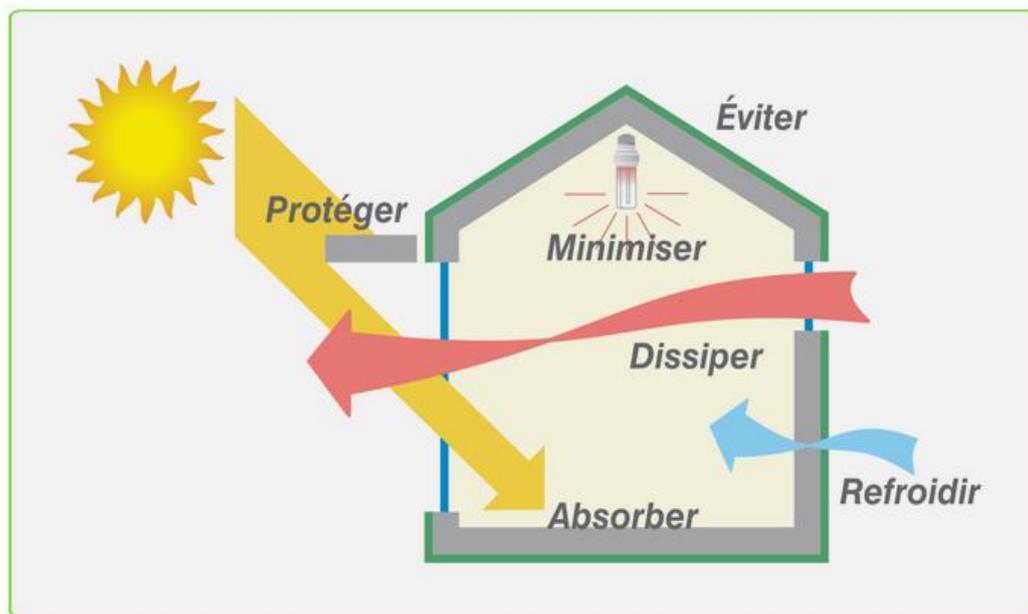


FIG 17: Principes généraux d'une conception bioclimatique en symbiose avec son environnement (Illustration J. Flémal)

Les dimensionnement des ouvertures dépend de l'effet recherché. Pour les zones climatiques d'hiver , les ouvertures ou vitrages orientés sud ( ou proche de sud ) assurant le captage du soleil d'hiver .

Pour les zones climatiques d'été , les ouvertures sur les murs de façades opposées nord-sud assurant une ventilation transversale pour le rafraichissement .

#### ▪ Protections :

Si le captage de la chaleur par le vitrage sud des fenêtres est recherché en hiver, il est, par contre, nécessaire de se prémunir des surchauffes de l'été en protégeant ces ouvertures de tout contact avec le soleil .

Les protections concernant non seulement toutes les ouvertures ou fenestres orientées face au soleil mais également tous les murs , la toiture et parfois le sol environnant d'une construction susceptibles d'être touchés par le soleil .

Une protection solaire est d'autant plus efficaces qu'elle intercepte les rayons solaires avant qu'ils ne touchent les vitrages ou les parois .

(1) **Cabirol, T. et Roux, D.** « Chauffage de l'habitat et énergie solaire ; 2. Chauffage solaire de l'habitat », édition Edisud. Aix-en-Provence. 1984.

La protection peut être réalisée à partir des divers matériaux . la végétation (arbres, buissons ou treilles à feuilles caduques ) , les matériaux légers en bois, en PVC, ou métalliques (volet, persiennes, lattis, moucharabieh ..... ) et les brise-soleil en béton ou maçonnerie sont tous des moyens permettant d'ombrager les façades sud, est et ouest éventuellement le nord pour les basses latitudes du Sahara .

Les vitrages réfléchissants et les vitrages teintés ont un degré de protection non négligeable .

Il existe trois types de formes architecturales en matière de protection :

- **Les avancées horizontales :**

La longueur de l'avancée horizontale est calculée en rapport avec la latitude du lieu et la hauteur de la surface de vitrage à protéger .

C'est une protection efficace pour l'orientation sud .

Les meilleurs exemples sont donnés par les auvents, les débords de toitures , les balcons, les linteaux et des fenêtres , .....

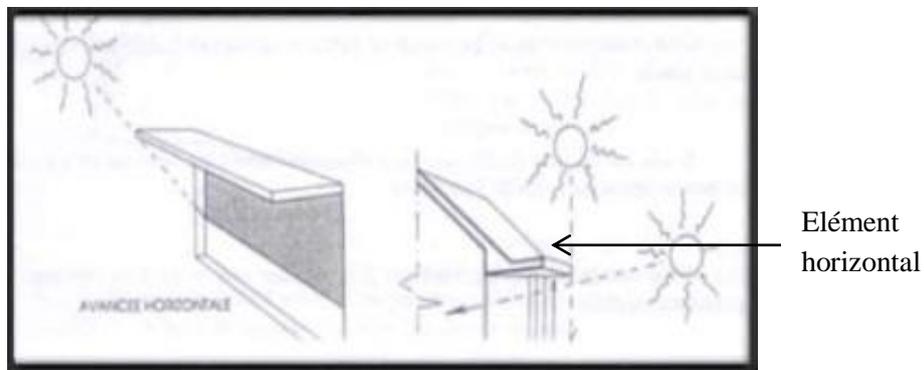


FIG 18 : AVANCEE HORIZONTALE - Façade sud

- **Les avancées verticales :**

L'efficacité de ce type de protection est variable en fonction de la largeur de la fenêtre orientée est ouest . ils constituent les décrochements de façade , les retours de bâtiments , les tableaux des fenêtres

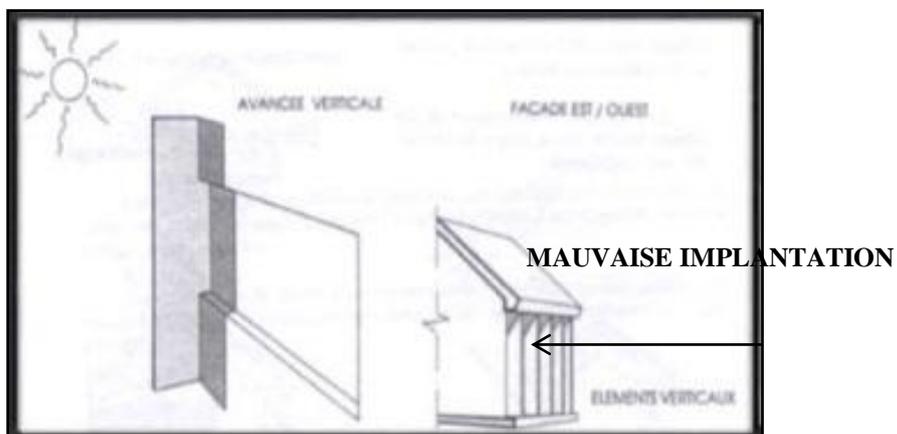


FIG 19 : AVANCEE VERTICALE - Façade EST/OUEST

- La combinaison d'avancées horizontales et verticales :

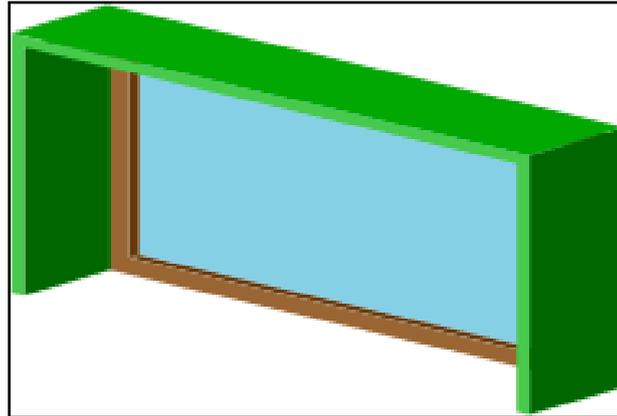


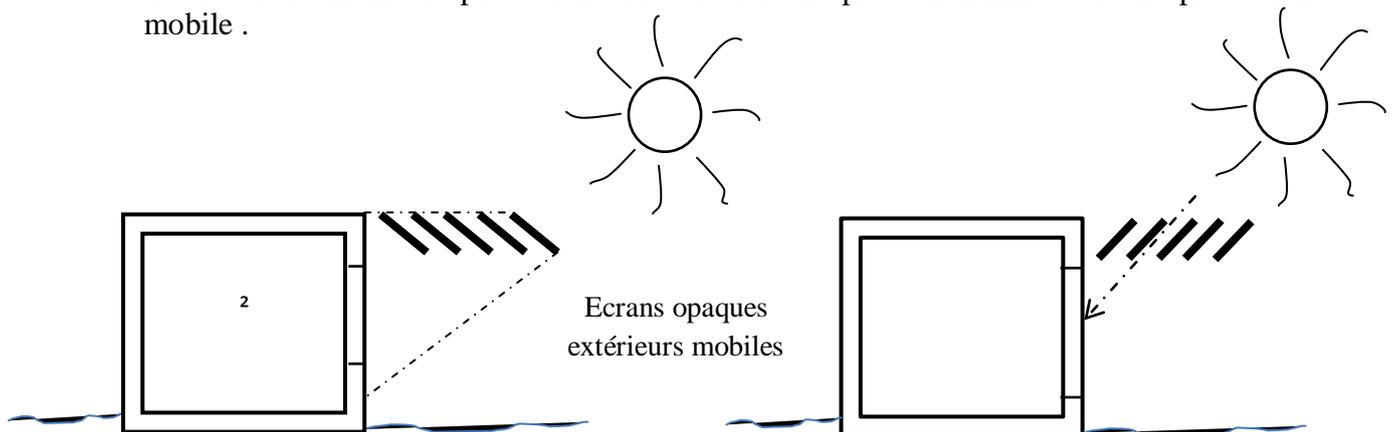
FIG 20: COMBINAISON DE PARE-SOLEIL VERTICAUX ET HORIZONTAUX

C'est une protection en «nid d'abeille » qui encadre toute l'ouverture. Le type « loggia » est le plus souvent rencontré.

Une protection fixe ou permanente donne rarement une satisfaction totale en toute saison .

Si elle est efficace en été, elle peut déranger durant les demi-saisons du début de printemps et de la fin de l'automne.

Pour cela la meilleure protection doit associer une protection fixe avec une protection mobile .



Les autres types de protection tels les treillis faits en lattis de bois, en profilés métalliques, les claustras en béton, les pergolas constituent autant de solutions efficaces selon la protection recherchée.



FIG21 : CLAUSTRAS

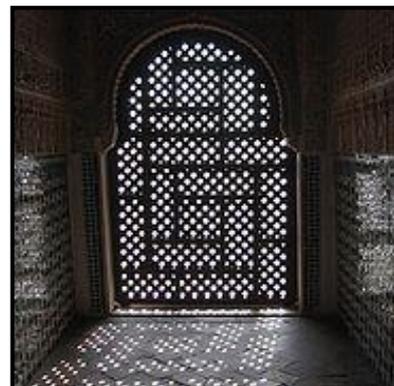


FIG 22 : MOUCHARABIEH

- **Protection de la toiture :**

Aussi bien pour les zones littorales que celles des hauts plateaux mais surtout celles de Sahara , la mise à l'ombre de la toiture est a rechercher .

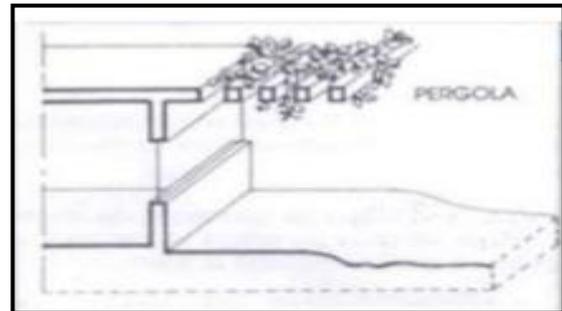
Elle peut être compensée par une bonne masse doublée d'une isolation thermique de 5 à 7 cm de liège ou de polystyrène .

- **Protection du sol environnant :**

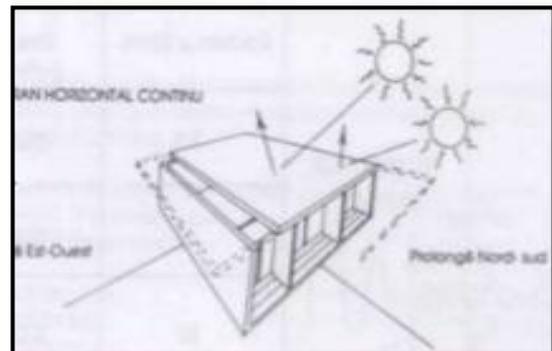
L'ombrage créé par les plantations (arbres, buissons, treilles ) évite la formation de chaleur dans le sol et le rayonnement diffus émis par l'environnement immédiat. L'oasis est le meilleur exemple qui illustre ce cas

Protection de la toiture

Pergola



Protection de la terrasse et du  
sol environnant



## **b- La ventilation :**

La ventilation intérieure est une des facteurs très importante pour l'hygiène de l'homme et son bien-être. Elle a une influence directe sur le corps humain par l'effet physiologique de la pureté de l'air et de ses mouvements et indirecte par la température de l'air ambiant et son degré d'humidité. (1).

Dans la littérature, la ventilation naturelle est définie comme étant le mouvement d'air qui s'effectue à travers un espace sans l'influence d'appareillage mécanique.

C'est l'action de produire une circulation ou un courant d'air et assurer sa répartition dans le milieu considéré. Elle est provoquée par la différence de pression entre deux orifices du gros oeuvre dues aux mouvements du vent sur et autour de l'enveloppe et par la différence entre la température intérieure et celle extérieure. (2).

---

(1) **Givoni, B.** « L'homme, l'architecture et le climat », Edition le moniteur, Paris. 1978.

(2) **Belakehal, A.** « confort et maîtrise des ambiances », département d'architecture de l'université de Biskra, 2012. Disponible sur [www.univ-biskra.dz](http://www.univ-biskra.dz) .

La ventilation a pour objectifs :

- D'évacuer l'air vicié et le remplacer par un air sain.
- De participer à la pérennité du bâtiment en évacuant l'humidité
- De permettre le rafraîchissement en été pour améliorer le confort.
- améliorer la qualité d'air intérieur en réduisant la consommation énergétique.

En hiver, il faut minimiser le débit de ventilation pour éviter les déperditions thermiques alors qu'en été, il est important de minimiser le débit de ventilation durant la journée lorsque la température extérieure est plus élevée que la température intérieure et l'augmenter durant la nuit par le free-cooling. (free-cooling: il s'agit de la ventilation nocturne.)

### Les stratégies de la ventilation naturelle

Il existe plusieurs stratégies de la ventilation naturelle, les trois les plus importantes sont :

- **La ventilation par une seule façade**

C'est le mode le plus simple de la ventilation naturelle dont l'air extérieur entre par une ouverture et sort de la même ouverture ou d'une autre ouverture sur la même façade.

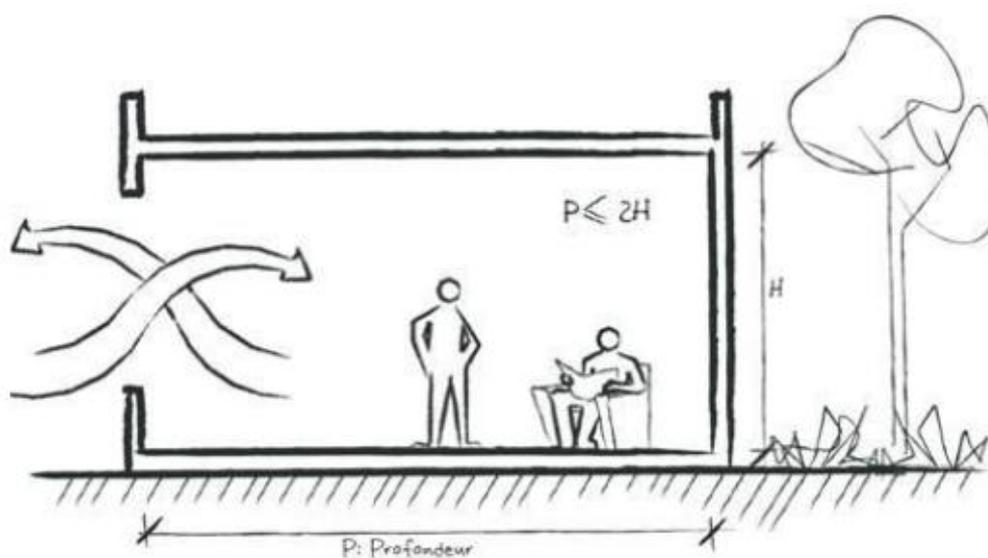


FIG23 : ventilation par une seule façade , source Raoust, M. (Terao)

Pour que cette stratégie soit efficace, il faut que la surface d'ouvrant corresponde à environ 1/20 de la surface du plancher à ventiler, l'hauteur d'ouvrant d'au moins 1.5 m et la profondeur de la pièce à ventiler est à 2.5 fois la hauteur sous plafond. (1).

- **La ventilation transversale**

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. (2).

---

(1) **Dutreix, A.** « Bioclimatisme et performances énergétiques des bâtiments », Edition Eyrolles environnement, Paris. 2010.

(2) **Givoni, B.** « L'homme, l'architecture et le climat », Edition le moniteur, Paris. 1978.

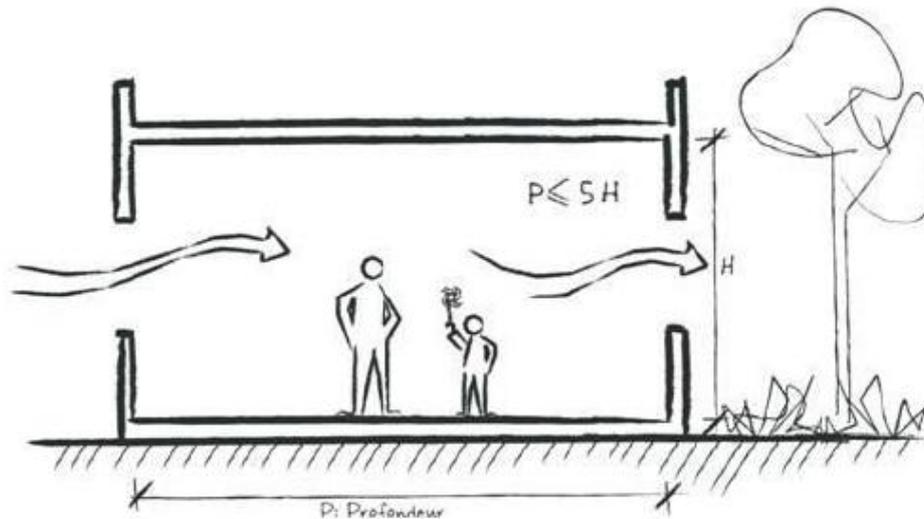


FIG 24: ventilation transversale. Source M. Raoust (Terao) et al

Ce type de ventilation dépend de la vitesse de vent, c'est variable suivant le climat local, et l'absence des obstacles à l'intérieur de l'espace à ventiler. Malgré les avantages liés à cette stratégie de ventilation, il faut se protéger de ces inconvénients, la gêne de courant d'air et la déperdition thermique en hiver.

La meilleure condition pour la ventilation transversale est le changement de direction de flux d'air à l'intérieur d'espace en déplaçant entre l'entrée et la sortie selon B. Givoni. (1).

- **Le tirage thermique (effet de cheminée)**

Lorsque la ventilation transversale n'est pas possible, la ventilation mono-façade n'est pas suffisante ou vu l'absence total du vent, il reste le tirage thermique pour bénéficier d'une ventilation naturelle avec le minimum des inconvénients. (2). "Il résulte des forces ascensionnelles de masses d'air chauffées placées dans un environnement plus froid" (3).

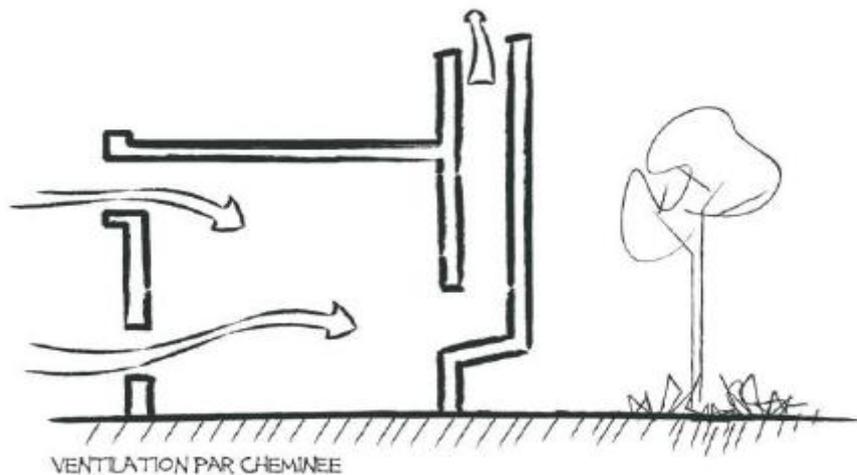


FIG 25: la ventilation par tirage thermique source: M. Raoust (Terao), et al [www.asso-iceb.org](http://www.asso-iceb.org)

- (1) **Givoni, B.** « L'homme, l'architecture et le climat », Edition le moniteur, Paris. 1978.
- (2) **Dutreix, A.** « Bioclimatisme et performances énergétiques des bâtiments », Edition Eyrolles environnement, Paris. 2010.
- (3) **Avems,** « Guide de la ventilation naturelle et hybride, conception, dimensionnement, mise en oeuvre et maintenance » . 2010.

Il s'agit de la poussée d'Archimède "..., l'air chaud à tendance à monter et l'air froid à descendre». (1). Ce principe repose sur la stratification de l'air chaud évacué par un orifice en haut des pièces humides en laissant une dépression en partie basse. Une entrée d'air neuf en bas des pièces principales permet à l'air extérieur neuf d'occuper le vide en traversant le logement. Cela permet d'assurer une ventilation naturelle.

Il est efficace en été (durant la nuit) car l'inertie thermique des bâtiments entretient souvent des écarts de température d'au moins 10°C entre l'intérieur et l'extérieur. (2).

La pression motrice causée par le tirage thermique est en rapport direct avec la hauteur du conduit de ventilation et avec la différence de la température entre l'intérieur et l'extérieur.

La ventilation naturelle reste une procédure difficilement contrôlable suite à ses inconvénients. La déperdition thermique en hiver est le problème majeur de ce type de ventilation. Le ventilateur récupérateur de la chaleur est considéré comme une solution pour récupérer les calories perdues. Son coût énergétique est très modéré.

Mais une ventilation judicieuse d'une construction répond à divers enjeux énergétiques du confort, de santé des occupants, mise en oeuvre technique, de conception architecturale et de maintenance . L'usager est un facteur déterminant lors d'une conception d'une ventilation naturelle et influence sur la qualité des résultats. (3).

### c- Le Puits Canadien :

Le chauffage des constructions et leur climatisation, en utilisant les énergies fossiles, représente une source de la pollution atmosphérique et provoque l'épuisement des ressources naturelles. La création d'un air conditionné à l'intérieur du bâtiment sans les inconvénients cités est le choix d'une énergie propre. Le puits canadien représente une des solutions efficaces pour améliorer le confort thermique intérieur sans nécessiter aucun combustible.

Le puits canadien comme l'indique son nom a des origines canadiennes, il a été conçu pour la première fois pour éviter la formation du gel dans les maisons inoccupées dans des conditions climatiques rigoureuses (-30°C en hiver). (1).

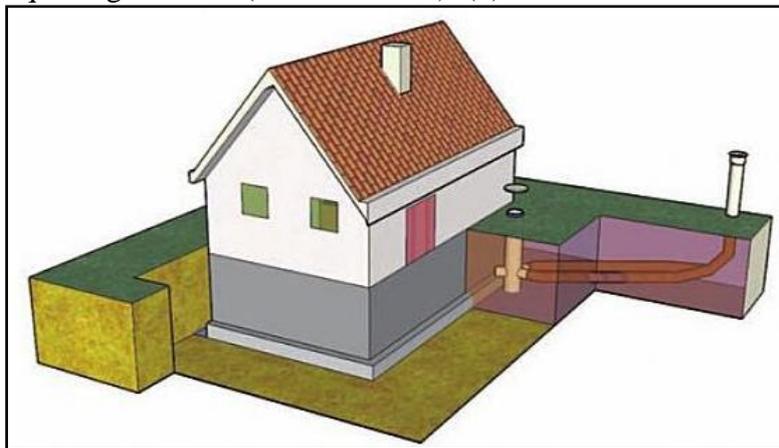


FIG 26: Vue en 3D d'un puits canadien. Source Herzog, B. 2010

Il s'agit d'utiliser la température presque stable des couches souterraines pour rafraîchir en été ou chauffer en hiver.

- 
- (1) **Dutreix, A.** « Bioclimatisme et performances énergétiques des bâtiments », Edition Eyrolles environnement, Paris. 2010.
  - (2) **Avems,** « Guide de la ventilation naturelle et hybride, conception, dimensionnement, mise en oeuvre et maintenance » . 2010
  - (3) **Mulé, M.** « Ventilation naturelle dans l'habitat », l'école nationale supérieure d'architecture de Lyon. 2011.

- **Définition**

Le puits canadien est un système qui utilise l'énergie géo solaire, c'est l'énergie solaire absorbée et stockée dans les couches terrestres superficielles. Il s'agit d'une installation souterraine qui ne dépend pas au climat extérieur vu la stabilité de température sous terre. (1).

Selon la saison, le but du puits canadien est le traitement de l'air avant son entrée à la maison par le préchauffage ou le rafraîchissement de l'air neuf à l'aide d'un système de ventilation par l'intermédiaire d'un conduit d'amenée d'air enfoui dans le sol. (2).

- **Éléments de conception d'un puits canadiens**

En construction neuve ou en réhabilitation, le puits canadien reste une procédure qui dépend de certains nombres des éléments nécessaires à sa conception.

- **La nature du sol**

La performance du système dépend directement de la capacité calorifique et la conductivité thermique de sol. La conductivité thermique d'un sol dépend de sa composition, de la disposition et de la forme de ses particules constitutives, des liaisons entre ces particules et de sa teneur en eau. (3).

- **Localisation géographique**

L'importance d'un puits canadien dépend de la région ou il va se situer. Lorsque la région dispose d'un différentiel de température plus de 20°C entre l'été et l'hiver, le puits canadien devient une nécessité pour atténuer cette différence. (3).

- **Place disponible pour l'enfouissement du conduit et coût**

Le coût d'un puits dépend directement du coût du terrassement. Pour cela, il est plus intéressant de réaliser le puits avec les travaux de fondation que de l'ajouter à un bâtiment existant. Car le puits canadien, pour son bon fonctionnement nécessite une grande surface dégagée. (3).

- **Type de bâtiment et ventilation hygiénique**

Chaque puits canadien doit assurer un débit de ventilation nécessaire pour le type de bâtiment conformément aux règles hygiéniques. (3).

- **Besoins en chauffage et refroidissement**

Le dimensionnement d'un puits canadien nécessite une étude thermique en fonction des données climatiques et de besoins en termes du chauffage et de climatisation et de déterminer les principales caractéristiques que doit avoir le puits. (3).

- **Les composants d'un puits canadien :**

Un puits canadien est composé des éléments suivants :

Entrée d'air neuf située dans la partie extérieur de la maison.

Un conduit enterré avec un système d'évacuation des condensats situés en haut de la maison.

Un ventilateur et un système de régulation du puits. (Voir figure).

---

(1) **Oliva, J-P.** « L'isolation écologique, conception, matériaux et mise en oeuvre », Edition Terre vivante, Paris. 2007.

(2) **Avems,** « Guide de la ventilation naturelle et hybride, conception, dimensionnement, mise en oeuvre et maintenance » . 2010

(3) **Heintz, J.** « Les puits canadiens / provençaux », Veilleur banne cedex, France. 2008 du site [www.cetiat.fr](http://www.cetiat.fr) .

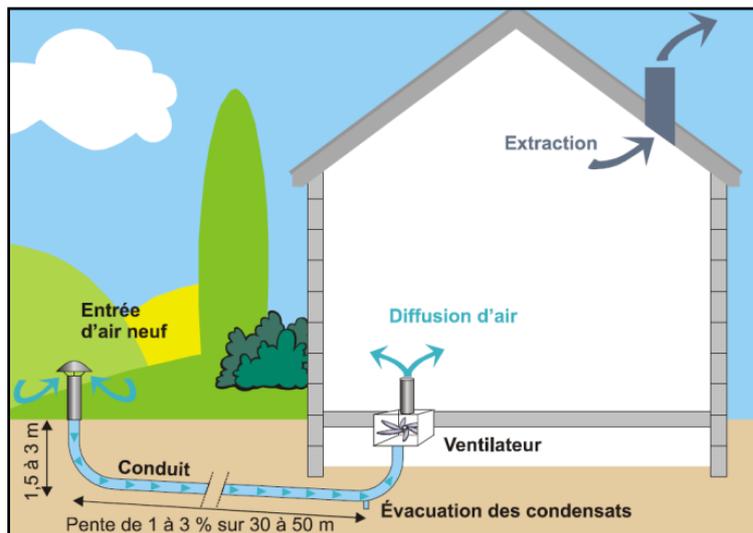


FIG 27: les composants d'un puits canadien.  
Source Heintz, J. (CETIAT) 2008)

Le puits canadien peut être annexé à un autre système de ventilation comme la ventilation mécanique contrôlée (VMC).

### III-3- EXIGENCES TECHNIQUES

#### III-2-1- LA MAITRISE DE L'ENERGIE ET LES ENERGIES RENOUVLABLES :

Cet aspect est essentiel, puisque les flux (d'énergie , mais aussi d'eau , de produits d'entretien , de déchets ) sont cumulés sur toute la durée d'utilisation du bâtiment. Il est ainsi souvent préférable de consentir un investissement initial (par exemple un isolation thermique soignée ) afin de réduire ces flux .

Le raisonnement économique en cout global ( incluant l'investissement et la gestion ) permet de démontrer la rentabilité de certaines options techniques . cette démarche est favorable à l'environnement , grâce à ses effets préventifs . (1)

#### a) CHAUFFAGE :

L'objectif est de diminuer les besoins de chauffage , tout en assurant un bon niveau de confort thermique , par une conception appropriée de l'enveloppe du bâtiment , cette stratégie de prévention s'appuie sur les principes de la conception bioclimatique : assurer le confort biologique en tirant parti du climat . avec une telle démarche , les besoins de chauffage d'une maison individuelle peuvent être réduits à moins de 60KWh/m<sup>2</sup>/an , pour une température interieure égale à 19°C .

---

(1) Bruno Peuportier « Eco-conception des batiments – Batir en préservant l'environnement » Préface de Françoise-Hélène Jourda 2003.

En pratique les actions à mettre en œuvre sont les suivants :

- **la diminution des déperditions par une bonne isolation thermique**

les doubles vitrage à isolation thermique renforcée ont un coefficient de pertes de l'ordre de 1.8 w(m2.K) , à comparer à une valeur de 3.3 pour des doubles vitrages classiques . des valeurs de 1.1 peuvent être atteintes avec l'emploi de gaz rares dans lame intermédiaire , et même de 0.7 avec triple vitrage à basse émissivité . les volets ou d'autres occultations amovibles (store extérieur...) permettent de réduire les pertes thermiques la nuit en constituant un écran radiatif et en réduisant les échanges convectifs .

un bon traitement de ponts thermiques lors de la réalisation permet de bénéficier pleinement efforts réalisés sur les parois (planchers, murs et plafonds donnant sur l'extérieur ou des espaces non chauffés ). L'isolation par l'extérieur permet de réduire les ponts thermiques au droit des planchers intermédiaires.

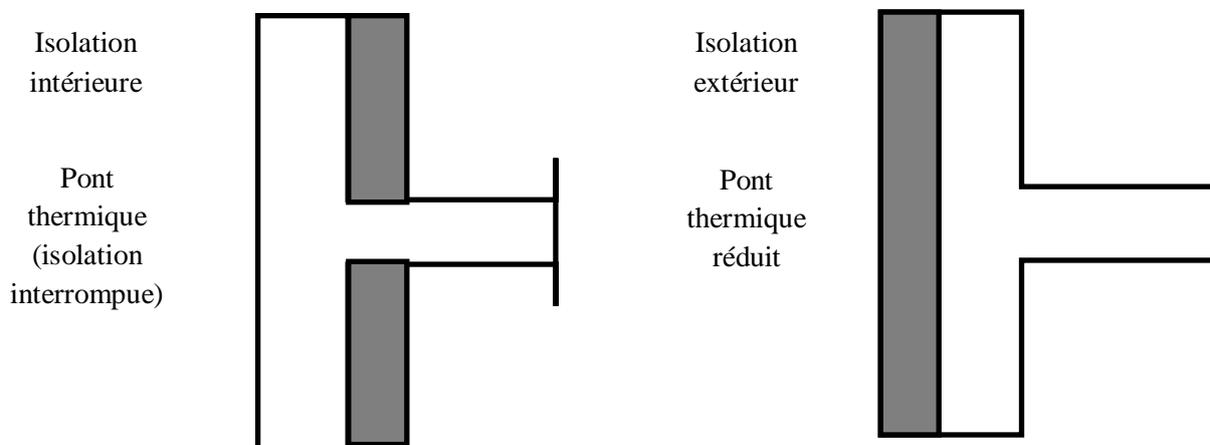


FIG 28 : Incidence de la position de l'isolant sur les ponts thermiques

- **La maximisation de gains solaires nettes**

L'utilisation de parois vitrées bien orientées (les plans verticaux entre sud-est, sud et sud ouest sont à privilégier) doit être associée à des protections contre les surchauffes d'été ( avancée de toiture , stores extérieurs ) et une inertie thermique élevée (l'isolation par l'extérieur est recommandée ) . le choix d'un vitrage devrait dépendre du climat , de l'orientation de la façade et de l'utilisation du bâtiment . les deux paramètres principaux sont coefficient de déperditions et de facteur solaire (proportion du rayonnement incident reçue dans le local) .

Le tableau ci-dessous donne quelques indications pour ce choix . par exemple en façade sud d'un bâtiment de logement , un vitrage a basse émissivité et a basse teneur en oxyde de fer est préférable pour minimiser les pertes et maximiser les gains ( la façade sud est moins exposée l'été ) , la façade ouest peut par contre être équipée d'un vitrage transmettant la lumière .

	Déperditions U(W/M2/K)	Vitrage « solaire »	Vitrage Standard	Vitrage à basse teneur en fer
<b>Facteur solaire (double vitrage)</b>		0.42	0.59	0.75
<b>Double vitrage solaire classique</b>	3.3	Non conseillé	Locaux non chauffés	Non conseillé
<b>Basse émissivité</b>	1.7	Ouest et est	Nord	sud
<b>Remplissage argon</b>	1.2	Ouest et est climat froid	Nord climat froid	Sud climat froid
<b>Triple vitrage basse émissivité et argon</b>	0.9(0.6 avec krypton)	Ouest et est très rigoureux	Nord très rigoureux	Sud très rigoureux

TABLEAU 02 : ELEMENTS POUR LE CHOIX D'UN VITRAGE EN SECTEUR RESIDENTIEL

#### b) CLIMATISATION :

La climatisation naturelle peut suffire à maintenir un niveau de confort thermique satisfaisant en été , elle évite les bruits et autres nuisances générés par des climatiseurs .

L'utilisation de la masse thermique du sol pour rafraichir le bâtiment est envisageable dans les climats méditerranéens ( rafraichissement de l'air neuf dans les canalisations enterrées ). Le même système peut être utilisé l'hiver pour préchauffer l'air neuf . il ne faut cependant pas nuire à la qualité de l'air.

La ventilation nocturne permet également de rafraichir un bâtiment, en complément de l'inertie thermique. ces différentes techniques permettent même de maintenir la température d'une véranda à un niveau raisonnable.

#### c) RENOUELEMENT D'AIR

Une ventilation suffisante , en général de l'ordre de 0.5 à 0.6 volume par heure pour un logement , permet d'évacuer les polluants internes au bâtiment et l'humidité . le cas des bâtiments à forte occupation demande un renouvellement d'air plus élevé . il est alors judicieux de régler cette ventilation , soit par une horloge en fonction de l'occupation , soit par un dispositif hygroréglable : l'ouverture des entrées d'air et le ventilateur sont régulés en fonction du taux d'humidité dans la pièce , lié à la respiration des occupants .ces dispositifs permettent d'obtenir des économies d'énergie appréciables sans nuire à la qualité de l'air.

La ventilation mécanique entraîne une consommation modérée d'électricité si elle est bien conçue : la puissance du ventilateur peut être réduite à 15W en position 'normale' dans un logement , et atteindre 60W en position 'élevée' . la ventilation augmente surtout la consommation d'énergie pour le chauffage .

La ventilation naturelle peut être une alternative à la ventilation mécanique, mais nécessite une conception soignée. Les entrées d'air doivent être auto-réglables de façon à éviter les courants d'air, en fonction de la température de l'air, de la vitesse et de la direction du vent : elles maintiennent un débit d'air constant 20% près quand la différence de pression varie de 1 à 25 pa. Leur taille est par exemple de 10cm x 30cm. Plusieurs systèmes existent : une lame d'acier est soulevée (système aérodynamique) ou poussée (système mécanique) en cas de vitesse excessive du vent, ce qui réduit l'ouverture : dans le cas du système électronique, la vitesse d'air est mesurée et l'ouverture est ajustée par un moteur.

Si une entrée d'air est placée près d'un plafond, le filet d'air reste plaqué sur le plafond par effet Koanda, ce qui évite les sensations de courant d'air. Il existe également des systèmes (ne nécessitant pas d'énergie) pour l'ouverture automatique des fenêtres : si la température du local atteint un certain seuil, un piston glisse sur un cylindre (rempli d'huile qui agit par changement d'état) et ouvre la fenêtre. La durée du processus de fusion – solidification varie entre 30min et 2 heures.

Des cheminées d'aération permettent l'extraction de l'air vicié par effet de cheminée (différence de température entre l'air vicié chaud en haut du bâtiment et l'air froid extérieur) et de tour à vent. Le diamètre des capot à vent est de l'ordre de 70cm, pour une hauteur d'un mètre 50. Un cône intérieur assure la protection contre la pluie (et les oiseaux), et un déflecteur renforce le tirage. Un volet permet de réduire les pertes thermiques nocturnes si la ventilation est réduite.

Afin de réduire les pertes thermiques d'un bâtiment, la ventilation doit être contrôlée. Pour cette raison, une bonne étanchéité sera recherchée (par exemple, des films plastiques peuvent être utilisés sur toute l'enveloppe d'une maison à ossature bois).

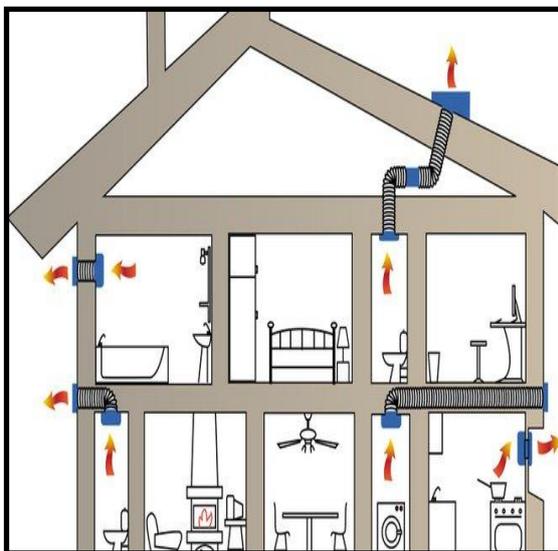


FIG 29 : VENTILATION MECANIQUE

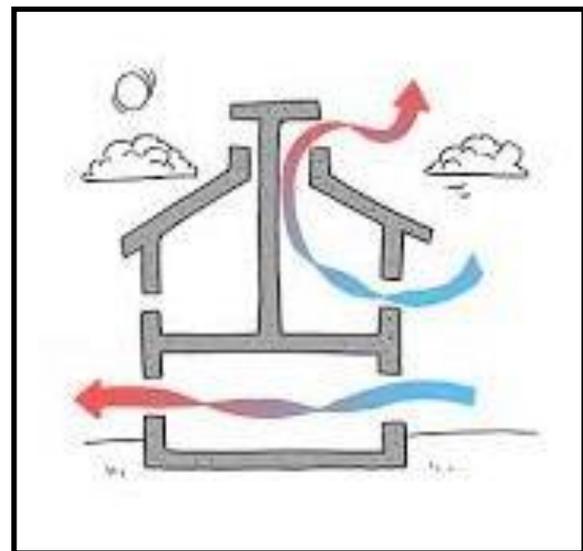


FIG 30 : VENTILATION NATURELLE

## **d) ECLAIRAGE ET CONSOMATION D'ELECTRICITE**

La stratégie de l'éclairage naturel vise à mieux capter et faire pénétrer la lumière naturelle, puis à mieux la répartir et la focaliser. On veillera aussi à contrôler la lumière pour éviter l'inconfort visuel.

L'utilisation intelligente de la lumière naturelle permet de réduire la consommation électrique consacrée à l'éclairage.

### **- Capter**

Une partie de la lumière du jour est transmise par les vitrages à l'intérieur du bâtiment. La quantité de lumière captée dans un local dépend de la nature et du type de paroi vitrée, de sa rugosité, de son épaisseur et de son état de propreté. L'aménagement des abords peut aussi créer une barrière à la pénétration rasante du rayonnement d'hiver ou d'été, tout en laissant une large ouverture à la lumière du ciel. Inversement, des surfaces réfléchissantes au sol (dallage, plan d'eau) peuvent contribuer à capter davantage de lumière.

### **- Pénétrer**

La pénétration de la lumière dans un bâtiment produit des effets de lumière très différents non seulement suivant les conditions extérieures (type de ciel, trouble atmosphérique, saison, heure du jour et dégagement du site) mais aussi en fonction de l'emplacement, l'orientation, l'inclinaison, la taille et le type des vitrages. L'éclairage latéral fournit une lumière dirigée, qui souligne généralement le relief, mais limitée en profondeur, contrairement à l'éclairage zénithal qui est beaucoup plus uniforme, mais possible qu'au dernier niveau des bâtiments.

### **- Répartir**

La lumière se réfléchit d'autant mieux sur l'ensemble des surfaces intérieures des locaux que le rayonnement ne rencontre pas d'obstacles dus à la géométrie du local ou au mobilier, et que les revêtements des surfaces sont mats et clairs. Elle peut également être diffusée par le type même du vitrage utilisé (translucide) ou par des systèmes de réflecteurs, qui permettent à la lumière de gagner le fond du local.

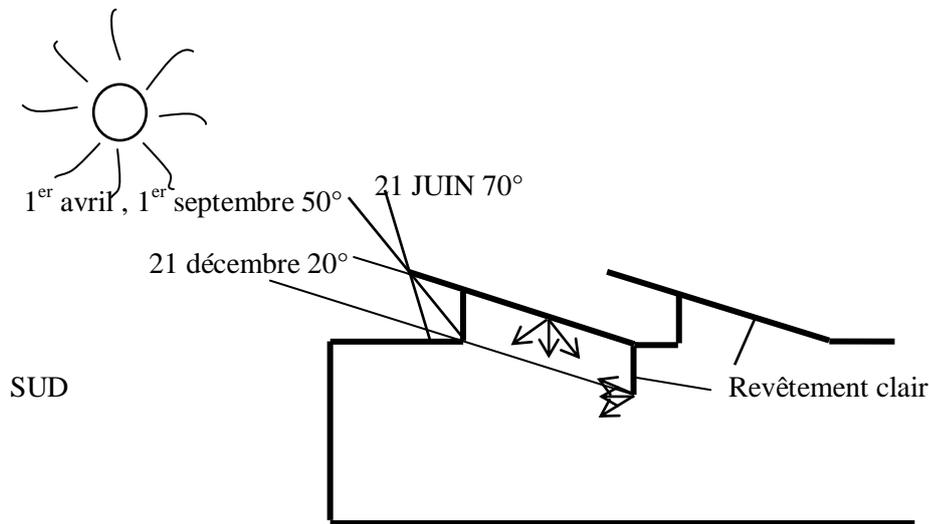
### **- Protéger et contrôler**

La pénétration excessive de lumière naturelle peut être une cause de gêne visuelle (éblouissement, fatigue). Elle peut se contrôler par la construction d'éléments architecturaux fixes (surplombs, bandeaux lumineux ou lightshelves, débords de toiture, etc.) associés ou non à des écrans mobiles (marquises, volets, persiennes ou stores).

### **- Focaliser**

Il est parfois nécessaire de focaliser l'apport de lumière naturelle pour mettre en valeur un lieu ou un objet particulier. Un éclairage zénithal - ou latéral haut - crée un contraste lumineux important avec l'éclairage d'ambiance, moins puissant. Un atrium au centre d'un bâtiment permet aussi à la lumière du jour de mieux pénétrer dans le bâtiment tout en créant un espace de circulation et de repos attrayant. Des bâtiments hauts et profonds peuvent ainsi recevoir la lumière naturelle en leur cœur par le biais de conduits lumineux.

Le recours à l'éclairage naturel permet d'améliorer le confort visuel, à condition qu'un dispositif soit prévu contre l'éblouissement, tout en réalisant des économies d'énergie. efficace sur le plan visuel, un éclairage zénithal augmente les risques d'inconfort thermique en été. sauf dans des cas particuliers (éclairage d'une cage d'escalier).



Les vitrages sont clairs pour maximiser les apports solaires . un pare-soleil vertical est alors nécessaire pour éviter l'éblouissement en hiver

FIG 31: CONCEPTION D'UN SYSTEME D'ECLAIRAGE NATUREL EN TOITURE

De tels dispositifs laissent passer le rayonnement solaire d'hiver par la partie vitrée . ce rayonnement est réfléchi sur le revêtement très clair de la partie opaque et fournit un éclairage indirect dans la pièce , sans risque d'éblouissement . l'été , la position plus élevée du soleil et l'avancée de toiture font que le rayonnement n'atteint pas la partie vitrée .d'autres traitements architecturaux sont possibles pour organiser ce type d'éclairage zénithal « sélectif » . les étagères de lumière sont utilisées pour éviter l'éblouissement lié à l'éclairage naturel vertical et mieux répartir le rayonnement dans une pièce .

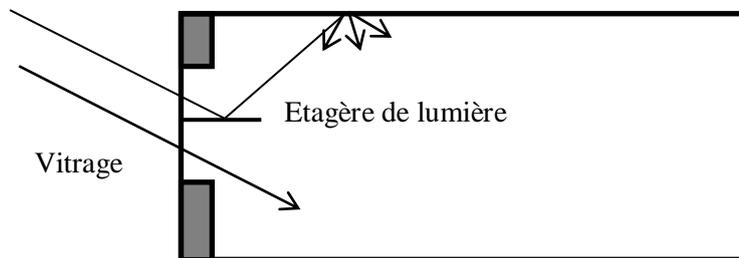


FIG 32 : PRINCIPE D'UNE ETAGERE DE LA LUMIERE

Les vitrages diffuseurs de lumière peuvent également être utilisés sur tout ou partie de la baie vitrée.

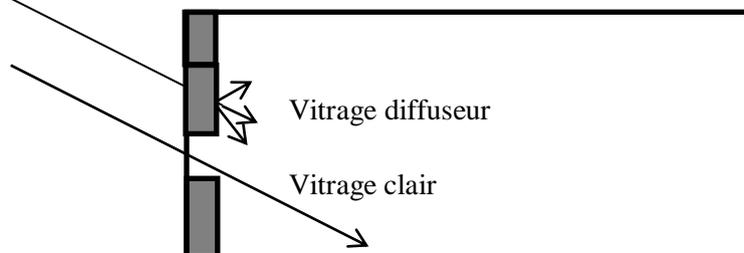


FIG 33: Utilisation combinée de vitrage clair et diffuseur de lumière

L'éclairage artificiel doit être conçu en fonction de ces dispositifs architecturaux : il peut être organisé en 'zones', permettant aux occupants d'une pièce de n'allumer d'une partie des luminaires, en fonction du niveau d'éclairage dans les différentes parties de la pièce, selon leur éloignement par rapport au vitrages.

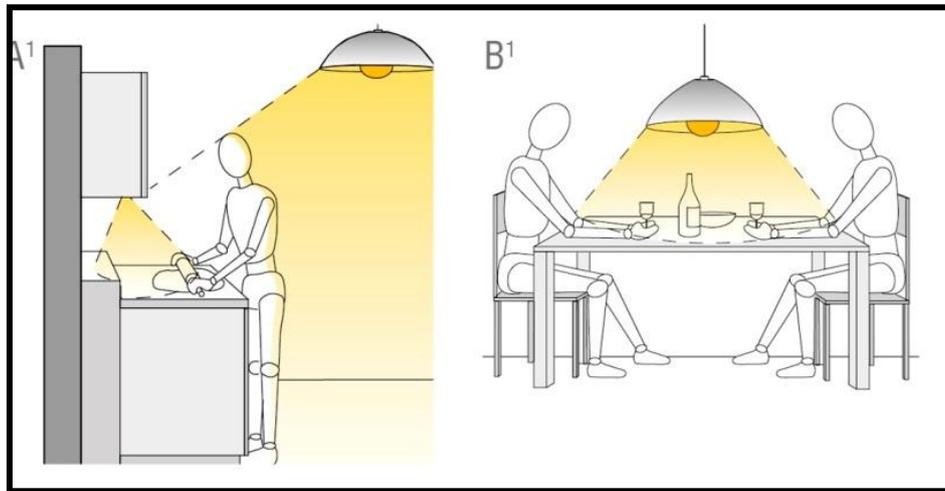


FIG 34 : L'ECLAIRAGE ARTIFICIEL

### III-2-2- Matériaux

La connaissance du comportement thermique des matériaux de construction est fondamentale pour l'architecte concepteur. Le choix de la structure, l'épaisseur des murs et la localisation de la masse thermique présentent des éléments nécessaires pour une conception bioclimatique.

Le choix des matériaux de construction est selon deux types des critères. Le premier est un critère objectif qui dépend des propriétés physiques ou chimiques, les dimensions ou le coût. Bien que l'autre critère est de type individuel et subjectif par le contact et l'aspect de sa surface. (1).

Un matériau de construction doit répondre aux exigences de sécurité incendie, à l'acoustique, à la protection contre l'humidité, la chaleur et le froid et la résistance statique. Cela peut avoir l'influence sur la santé, le besoin en énergie et l'environnement.

Ce comportement se traduit par trois types d'échanges thermiques qui agissent simultanément sur le matériau :

- 1- La conduction (cd)
- 2- La convection (cv)
- 3- Le rayonnement (r)

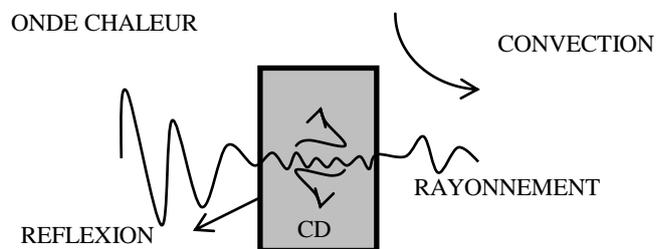


FIG 35 : Types d'échanges thermiques

## a) ISOLATION

Le rôle essentiel des matériaux qui composent les parois des bâtiments est d'offrir une résistance au passage du flux de chaleur .

En été , le flux de chaleur passe de l'extérieur vers l'intérieur .

En hiver le flux fait le chemin inverse . dans les deux cas , il faut rechercher des matériaux qui isolent et font écran entre la température ambiante interne et celle de l'extérieur .

Les résistances thermiques des matériaux dépendent à la fois de leur amplitude à bien conduire la chaleur ( conductivité thermique ) et de leur épaisseur :  $R = e / \lambda$  (m<sup>2</sup>°C/W).

- **Les principes de l'isolation thermique**

Pour isoler une enveloppe, trois manières d'isolation sont disponibles. Il s'agit de L'isolation intérieure, l'isolation extérieure et celle répartie.

### 1. L'isolation intérieure :

Ce type d'isolation est largement utilisé grâce à ses multiples avantages. La facilité de mettre en oeuvre représente un de ses bienfaits avec une application moins chers que d'autres types d'isolation et ne nécessite pas l'intervention d'un professionnel.

Alors que ses inconvénients sont plus important car elle diminue l'espace habitable, supprime les bienfaits de l'inertie thermique, provoque la condensation des parois et n'élimine pas les ponts thermiques.



FIG 36: application d'une isolation intérieure source : <http://www.finexto.com/>

---

(1) **Hegger, M. Tomas, S. Fuchs, M. et Zeumer, M.** « Construction et énergie », Editions Presses polytechniques et universitaires Romandes, Lausanne. 2011.

## 2. L'isolation extérieure :

Elle est plus performante que le premier type d'isolation grâce à la suppression de tous les ponts thermiques, l'augmentation de l'effet de l'inertie thermique et La protection de la maçonnerie des intempéries et des variations de la température. L'isolation par l'extérieur est caractérisée aussi par son empêchement du froid et de la chaleur d'arriver aux parois intérieures et la préservation des surfaces des espaces intérieurs.

Mais son inconvénient majeur reste son coût élevé et le besoin d'un professionnel pour son application.

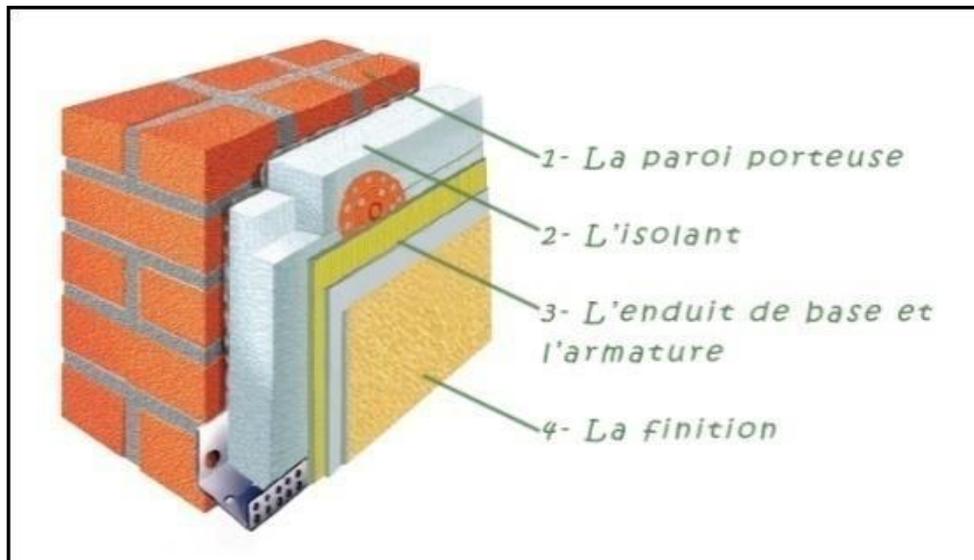


FIG 37: l'isolation par l'extérieur source <http://www.iso-exterieure.fr/>

## 3. L'isolation répartie :

Elle est caractérisée par l'utilisation de l'isolation en tant que matériau de construction. Son rôle majeur est la stabilité de la construction, le remplissage et l'isolation en même temps. (Gallauziaux, T. et Fedullo, D. 2010).

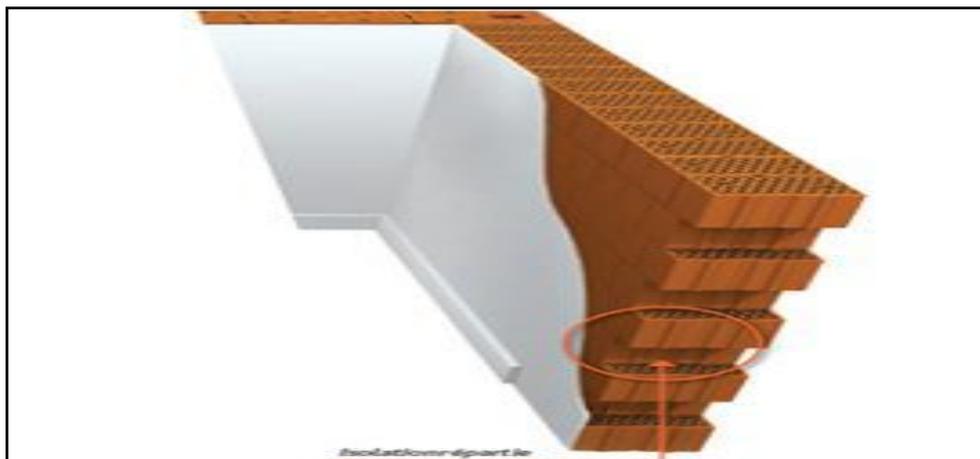


FIG 38: l'isolation répartie source <http://isolation.maison-materiaux.com/>

---

(1) Gallauziaux, T. et Fedullo D. « Le grand livre d'isolation », Edition Eyrolles, Paris. 2010.

Le tableau ci-dessous donne les valeurs comparatives des différentes conductivités thermique et des différentes résistances en fonction de l'épaisseur .

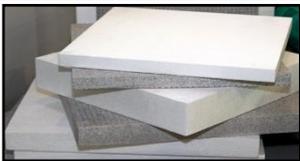
MATERIAUX		CONDUCTIVITE THERMIQUE
Isolant polystyrène		0.02
Bois		0.2
Béton		1
Métal		100

TABLEAU 03 : les valeurs des différentes conductivités thermique des matériaux

La résistance totale d'une paroi ou mur composite (formé de plusieurs couches de matériaux) est la somme des résistances de chaque couche.

### b) INERTIE

Au cours de la traversée de la paroi extérieure considérée , le flux de chaleur est à la fois ralenti par la résistance que lui oppose celle-ci .

L'onde thermique subit ainsi un retard et amortissement avant d'atteindre l'intérieur .

Ce sont ces deux critères qui caractérisent l'inertie d'un matériau .

Le retard de transmission à travers la façade et la toiture est évalué de telle sorte que la chaleur n'atteigne l'intérieur que tardivement . le soir , au moment ou la température de l'air extérieur se rafraichit et que le bâtiment peut alors se refroidir par la ventilation naturelle .

Les matériaux qui entraînent un grand retard tels que le béton , la brique pleine et la pierre possèdent des valeurs élevées de densité , de capacité thermique (aptitude à stocker la chaleur avant de la transmettre ) avec une amplitude thermique faible ) et de résistance à la compression .

Lorsque l'inertie est doublée d'une isolation placée sur les faces externes d'un mur de façade ou d'une toiture on diminue considérablement la quantité de chaleur qui traverse .

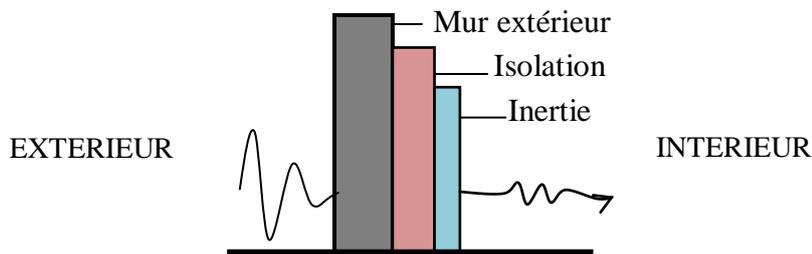


FIG 39 : LES DIFFRENTS COUCHES D'UNE FACADE ISOLEE

En dehors de l'isolation, d'autres matériaux sont aussi importants dans le cadre d'une utilisation durable tel que: les peintures et les colles non toxiques et à faible composés organiques volatils.

- **Les types de l'inertie thermique**

L'inertie thermique dépend de la constitution de l'enveloppe et du poids des planchers et des parois.

**L'inertie de transmission :** Elle décrit dans quelle mesure une paroi de l'enveloppe diminue l'amplitude d'une oscillation de la température extérieure et la retarde dans sa transmission vers l'intérieur. L'inertie de transmission augmente avec l'épaisseur et diminue avec la diffusivité de la paroi.

**L'inertie d'absorption :** Elle décrit comment la température de la face d'une paroi intérieure en contact avec l'air du local, réagit à une oscillation du flux de chaleur intérieure. L'inertie d'absorption augmente avec l'épaisseur et avec la diffusivité de la paroi.

La différence entre l'inertie de transmission et celle d'absorption est importante car une grande partie des flux de chaleur affecte l'intérieur d'un bâtiment non pas par l'enveloppe opaque mais directement par les ouvertures ou les bouches de ventilation. (1).

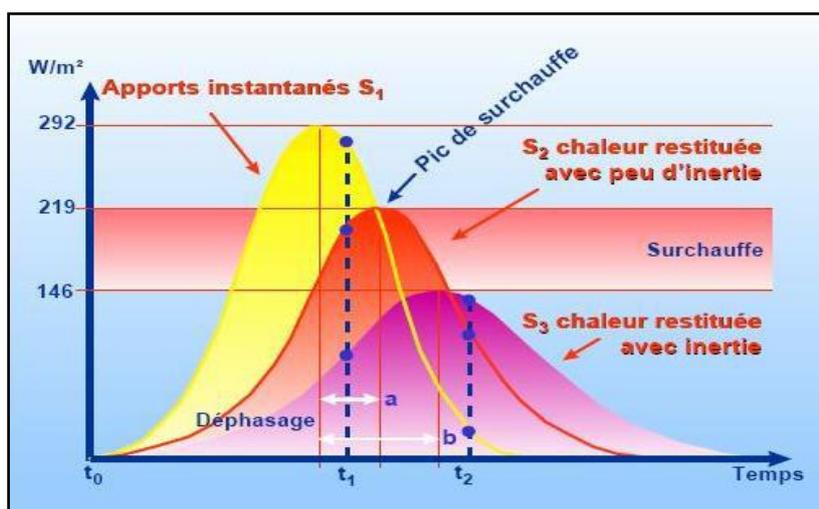


Figure 40: l'inertie thermique source Liébard, A. 2005

(1) Bernstein, D. Chamietier, J. P. et Vidal, T. « Anatomie de l'enveloppe des bâtiments, constructions et enveloppes lourdes », Edition le moniteur, Paris. 1997.

### III-2-3- Gestion de l'eau

#### a- L'eau de pluie:

La récupération des eaux pluviales concerne tous les secteurs du bâtiment ( individuel , collectif , tertiaire ) et peut présenter une économie de plus de 60% sur la consommation totale d'eau . La dégradation progressive de la qualité des eaux n principalement due aux pollutions agricoles et aux rejets industriels divers , couplée à un prix moyen du m<sup>3</sup> en constante augmentation , font de la récupération des eaux pluviales un procédé naturel , économique et complémentaire au réseau de distribution d'eau potable .

Les différentes utilisations de l'eau de pluie : L'arrosage des espaces verts , le lavage de la voiture et des sols (ménage) Etc. ....

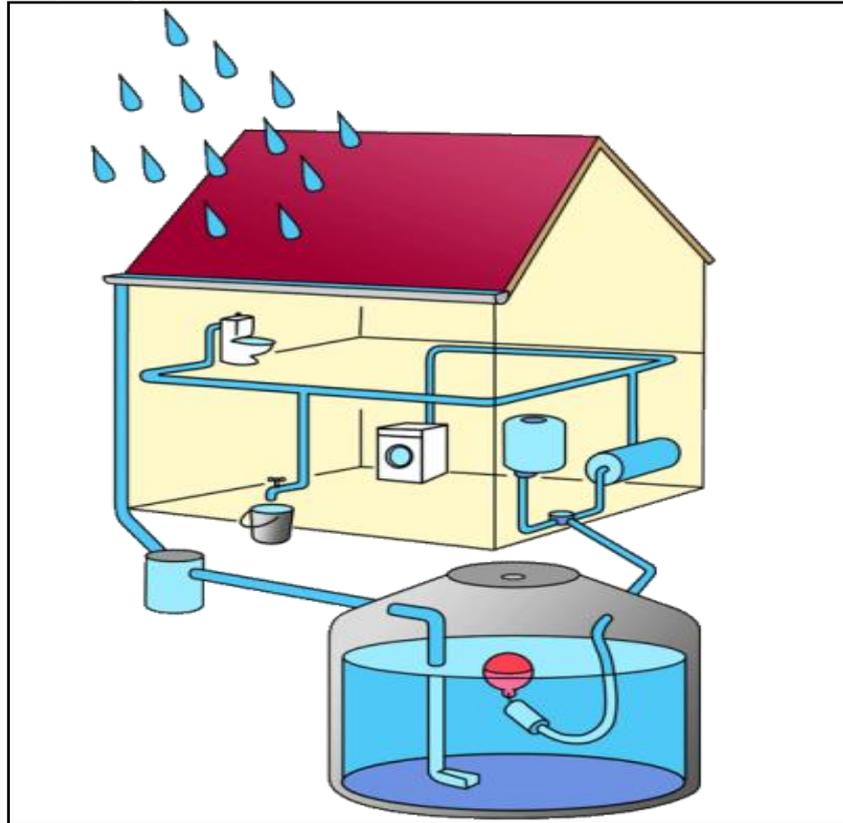


FIG 41: Gestion d'eau de pluie

#### b- Les eaux usées :

Consommer moins d'eau pour rejeter moins d'eau polluée , polluer moins en quantité et en qualité , ne pas diluer les eaux usées avec l'eau de pluie propre et séparer les types d'eaux sales pour mieux les traiter .

Il existe des différents types de consommation d'eau et par conséquent différents types de pollution et de rejet d'eau polluée : les eaux de consommations ( arrosage des jardins , boisson ...) qui ne présentent pas de rejet , les eaux noires ( eaux fécales des sanitaires ) les eaux grises ( eaux ménagères des lavabos , évier , douches , baignoires ) les eaux pluviales propres , ou sales suivant l'état des surfaces de ruissellement , les eaux usées formées par les eaux grises et noires.

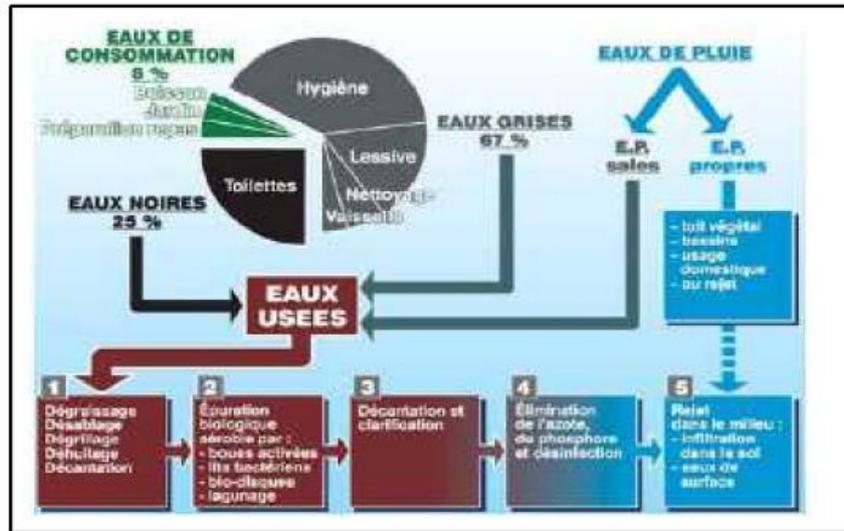


FIG 42: Les eaux usées

### III-2-4- Gestion de déchets

L'architecture durable s'occupe de la gestion des déchets sur le chantier, incorpore des systèmes comme des systèmes d'arrosage de plates-bandes avec de l'eau grise, et des toilettes sèches pour réduire les eaux usées. Ces méthodes, si elles sont combinées au compostage et au tri des déchets, peuvent réduire les déchets domestiques en une petite quantité de déchets d'emballage.

D'autre part, le tri sélectif permet à chacun de contribuer à une gestion plus responsable des déchets, il faut donc permettre, en fonction de la politique locale de collecte, l'intégration d'un mobilier adéquat au niveau de la cuisine ou d'un autre local (garage ou local spécifique), pour collecter séparément verre, papier, matières plastiques, métaux et déchets organiques jusqu'au jour de ramassage, le stockage des autres déchets (non sélectivement collectés) nécessite également un conteneur.

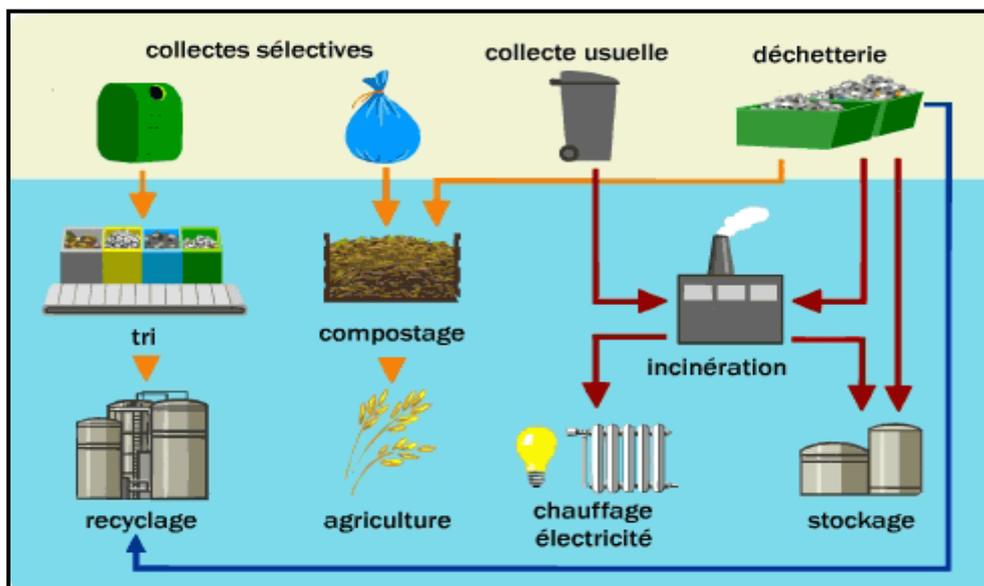


FIG 43 : GESTION DES DECHETS

### III-2-5- Réutilisation de matériaux et de bâtiments

Certaines architectures durables incorporent des matériaux recyclés ou de seconde main. La réduction de l'emploi de matériaux nouveaux correspond à une réduction de l'énergie grise (c'est-à-dire l'énergie utilisée pour produire les matériaux). Souvent les architectes écologiques essaient de réhabiliter de vieux bâtiments afin qu'ils remplissent les besoins des nouveaux usages, et éviter ainsi de nouvelles constructions pas forcément nécessaires.



FIG 44 : REUTILISATION DE MATERAUX ET DE BATIEMENTS

### III-2-6 - Education et sensibilisation

Les constructions écologiques sont un lieu privilégié pour mener des actions de sensibilisation auprès des adultes et des actions d'éducation auprès des enfants .

## III -4-L'EXPERIENCE ALGERIENNE DANS LE DOMAINE ENERGITIQUE

La construction rapide des logements à travers tout le territoire national, sans prendre en considération les spécificités climatiques de chaque région, a provoqué la création d'un secteur énergivore avec plus de 39% de la consommation énergétique par rapport aux autres secteurs d'activités en Algérie. (1).

L'augmentation rapide de cette consommation dans le secteur résidentiel et tertiaire, la rareté future attendue des ressources fossiles et le souci donné au développement durable en Algérie ont poussé les décideurs de considérer l'axe de maîtrise de l'énergie comme une priorité.

---

(1) **Insaad, K.** « renforcement des capacités dans le domaine de l'efficacité énergétique du bâtiment », N° 21, Alger. 2011.

L'assurance de la performance énergétique est un des objectifs de la réglementation algérienne pour rattraper le retard marqué dans ce domaine. Des programmes nationaux sont en cours de réalisation pour appliquer les procédures de la maîtrise d'énergie.

#### **a- L'état des systèmes constructifs des logements en Algérie :**

Le secteur résidentiel est caractérisé en Algérie par des réglementations inappliquées sur site suite à l'absence du contrôle dans ce domaine.

La progression du rythme de construction avec une variété des sites d'implantation pose la question sur la qualité des techniques et les matériaux de construction pour l'intégration de ces bâtiments aux différents climats sur le territoire Algérien.

#### **1. Les techniques de construction :**

La construction en Algérie est caractérisée par une uniformisation des systèmes constructifs pour répondre à un objectif de rapidité avec une facilité d'exécution.

Il s'agit d'une ossature en béton armé composé par la jonction poteau- poutre avec un remplissage en briques creuses en terre cuite. Cette structure est composée par des semelles isolées sous poteaux, des poteaux, poutres et poutrelles en béton armé coulées sur place. Le coffrage utilisé pour le coulage du béton armé est en bois.

Les planchers sont composés par des poutrelles en béton armé, des hourdis en ciment préfabriqués ou en terre cuite et une couche de béton armé de 4 cm. Les escaliers sont en béton armé.

Ce système de construction est presque le même sur tous le territoire Algérien avec les mêmes matériaux de construction.

Pour les grandes entreprises, c'est le système d'ossature en béton armé en murs porteurs avec des planchers pleins de 15 cm en béton armé. C'est un système peu utilisé, que pour la réalisation des grands ensembles.(1)



Figure 45: projet du AADL. Source [www.aadl.com](http://www.aadl.com)

---

(1) **Chabane, L.** « Contribution méthodologique à la définition d'une procédure d'Audit énergétique dans l'habitat en Algérie », mémoire du magister, l'EPAU, Alger. 2010.

## **2. Les matériaux de construction :**

Les matériaux de construction sont presque standards suite à leur généralisation sur tout le territoire national. Les différents types présents sur les chantiers sont :

### ✓ **La brique :**

Elle est en terre cuite ou en parpaing, c'est le matériau le plus utilisé pour le remplissage extérieur ou la séparation intérieure suite à la facilité de son utilisation dans la construction. La brique creuse en terre cuite est en deux types, la brique en 8 ou en 12trous. Les murs extérieurs sont en double parois en briques creuses séparées par une lame d'air. La brique pleine reste inutilisable.

### ✓ **Le béton armé :**

C'est un mélange du ciment, sable, gravier et de l'eau. Il est caractérisé par sa grande résistance mécanique. Son coulage est sur place dans le chantier par des planches en bois. Son utilisation est pour la structure, les planchers pleines, les escaliers, les linteaux...etc. (1).

### ✓ **L'acier :**

Il s'agit des barres de 12m utilisés pour armer le béton. Sa production reste insuffisante en Algérie.

### ✓ **Le bois :**

Il est utilisé pour la menuiserie, les charpentes, le coffrage...etc.

### ✓ **Le verre :**

Il est utilisé pour les vitrages des ouvertures, c'est du simple vitrage dans la plus part des cas. Le choix des systèmes et des matériaux de construction est selon la facilité de la mise en œuvre, la plasticité, la résistance mécanique...etc. Mais l'inconvénient majeur de ces systèmes est la faible résistance thermique. L'oubli de la contrainte du confort thermique va provoquer une surconsommation énergétique afin d'améliorer les ambiances intérieurs.

## **3. Les problèmes de la production des logements liés au confort thermique :**

A partir de ce qui est déjà dit, l'état actuelle du cadre bâti en Algérie est caractérisé par :

L'absence totale du contrôle dans le domaine énergétique.

Le manque des mains d'oeuvres qualifiés dans le domaine du bâtiment.

Le souci d'aller trop vite par rapport au besoin de la qualité.

L'absence de la valorisation des matériaux de construction locaux même lorsqu'il s'agit de restauration.

Pas d'application de la réglementation thermique.

Le manque d'intérêt des acteurs du domaine du bâtiment de l'importance de la maîtrise d'énergie dans les constructions par le choix des matériaux qualifiés, l'isolation, les menuiseries étanche...etc.

Sensation de l'inconfort thermique.

---

(1) **Harraoubia, I.** « La qualité du logement social en Algérie, regard sur les ouvrages de gros oeuvres », mémoire du master, école nationale supérieure d'architecture, Marseille. 2011.

## **b - Les lois règlementaires :**

l'État algérien prend conscience de l'importance d'une politique d'efficacité énergétique par la mise en route d'un certain nombre des lois règlementaires.

### **1. La loi 09 - 99 du 28 juillet 1999 :**

Elle est considéré comme une loi cadre relative à la maîtrise d'énergie, son rôle est d'assurer un des objectifs fondamentaux de la politique énergétique en Algérie. Par la gestion rationnelle de la demande d'énergie et fixe des nombreux aspects liés à la maîtrise d'énergie dans le domaine de la construction. (1).

### **2. Le décret exécutif n° 2000-90 du 24 Avril 2000 :**

Il porte la réglementation thermique dans les bâtiments neuf à usage d'habitation.

### **3. La loi 04 - 09 du 14 Août 2004 :**

Elle est relative à la promotion des énergies renouvelables dans le cadre du développement durable.

### **4. Le décret exécutif 04- 149 du 19 Mai 2004 :**

Il fixe les modalités d'élaboration du programme national de la maîtrise d'énergie.

### **5. Décret exécutif n° 05-16 du 11 janvier 2005 :**

Il fixe les règles spécifiques d'efficacité énergétique applicables aux appareils fonctionnant à l'électricité, au gaz et aux produits pétroliers.

### **6. Arrêté interministériel du 29 Novembre 2008 :**

Il définit la classification d'efficacité énergétique des appareils à usage domestique soumis aux règles spécifiques d'efficacité énergétique pour ceux qui fonctionnent à l'énergie électrique.

A partir de cette réglementation, le CNERIB(2) a enrichie ce domaine par des documents techniques règlementaires. Ces DTR(3) sont initiés par le ministère du l'habitat et mis en oeuvre par le CNERIB.

Ils sont destinés aux bâtiments à usage d'habitation, spécifiquement à la nature d'enveloppe des constructions.

### **7. Le DTR. C 3 - 2 :**

Il s'agit des règles du calcul des déperditions calorifiques pour les bâtiments à usage d'habitation. Le but de ce DTR est de limiter la consommation énergétique pour le chauffage d'hiver par le calcul des déperditions thermiques.

### **8. Le DTR. C 3 - 4 :**

Il s'agit d'un document qui prend en charge le calcul des apports calorifiques d'été pour les bâtiments à usages d'habitation. Il consiste à limiter l'utilisation de la climatisation pour rafraîchir en période d'été afin d'économiser la consommation énergétique.

---

(1) APRUE et MEM, « Consommation énergétique finale de l'Algérie », APRUE, Alger, 2014.

(2) CNERIB : Centre National d'Etudes et de Recherches Intégrées du Bâtiment.

(3) DTC : Documents Techniques Règlementaires.

## 9. Le DTR. C 3. 34 :

Il s'agit d'un document qui prend en charge la ventilation des locaux à usage d'habitation en donnant les principes généraux qu'il faut prendre en considération pour la conception des installations de la ventilation naturelle.

Tous ces réglementations ont l'objectif d'introduire la performance énergétique pour les constructions neuves ou lors de réhabilitation en minimisant les besoins calorifiques par 40% selon l'APRUE. (1).

Mais l'application de ces réglementations reste non obligatoire, la preuve est l'absence de toute efficacité énergétique dans les constructions sur le territoire Algérien.

### c-Analyse d'exemple : Le prototype :

La maison prototype est du type F3 avec une surface de 80m<sup>2</sup>. Son implantation est dans le village de Souidania à la région d'Alger. Elle est dans la zone climatique (A), son Altitude est 36,70 N et le Longitude 3,20 E. Son climat est caractérisé par un hiver frais et un été chaud et humide.

Cette maison contient deux chambres, la première est orientée vers le sud-ouest et l'autre vers le nord-ouest. Le séjour est ouvert vers le sud par une grande fenêtre avec une porte-fenêtre du côté est pour augmenter l'éclairage naturel. La cuisine est disposée vers l'est. La salle de bain et la toilette sont au nord. (2).

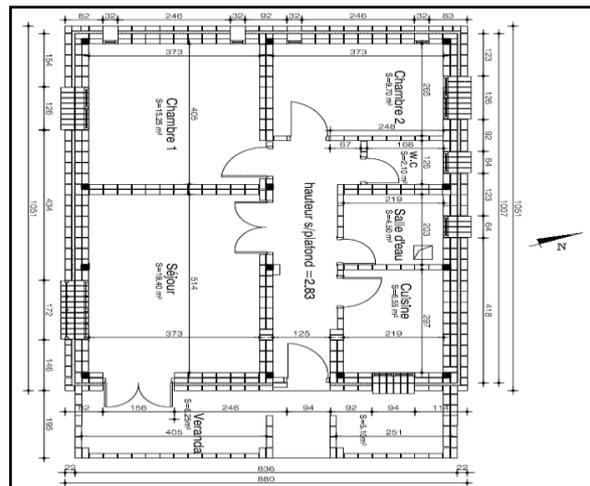


FIG 46: vue et plan du prototype. Source L. Derradji et al 2012

Ce prototype est classé comme une maison solaire passive par son orientation vers le sud et la grande inertie thermique de son enveloppe avec les caractéristiques du solaire actif par l'installation des panneaux photovoltaïques et le plancher solaire chauffant.

#### • Les caractéristiques énergétiques de la maison :

Pour assurer l'objectif majeur pour la réalisation de ce prototype ( économiser la consommation énergétique au maximum en offrant le confort nécessaire aux occupants ), la conception du prototype a pris en considération les solutions suivantes : (3).

- (1) **Maouj, Y.** « La recherche & le développement dans le domaine de l'efficacité énergétique ; état des lieux et perspectives dans le bâtiment en Algérie », CNERIB.
- (2) **Djeradi, M. A.** « Architecture ksourienne (Algérie) entre signe et signifiant », l'architecture vernaculaire Tome 36-37. 2012.
- (3) **Chenak, A.** « Efficacité énergétique dans le bâtiment ; projet pilote Med-Enec », revue des énergies renouvelables, Bulletin semestriel N° 15 – 16, Alger. 2009.

L'utilisation du BTS (1), construit à partir d'un matériau local qui est le béton de la terre stabilisée.

L'augmentation de l'inertie de l'enveloppe thermique par 15cm du plancher bas en béton lourd et 20cm du plancher haut avec le même matériau.

L'utilisation d'une isolation thermique verticale et horizontale.

Le choix d'une orientation adéquate des ouvertures afin de profiter des rayons solaires d'hiver et de s'en protéger en été et l'utilisation du double vitrage.

Le remplacement des lampes ordinaires par des lampes à basse consommation d'énergie en favorisant l'éclairage naturel.

Le traitement des ponts thermique qui représente 20% des déperditions.

L'intégration au climat de cette maison est par L'utilisation d'une ventilation naturelle.

Et profiter des rayons solaires d'une manière passive et active.

La protection de la façade ouest contre les vents froids hivernaux et les surchauffes d'été par une végétation naturelle.

- **Les caractéristiques constructives de la maison :**

les concepteurs du prototype ont appliqués les réglementations DTR C3-2, Réglementation thermique des bâtiments d'habitation – Règle de calcul des déperditions calorifiques et le DTR C3-4, Règles de calcul des apports calorifiques des bâtiments – Climatisation par :

**Le chauffage solaire passif :**

Pour chauffer cette maison passivement, le concepteur a pris en compte deux facteurs essentiels pour la conception passive. La première est la grande inertie thermique par des parois horizontales et verticales lourdes en BTS. L'autre facteur est l'orientation adéquate par l'ouverture vers le sud pour en profiter du soleil d'hiver.

**Le chauffage actif :**

Ce chauffage est assuré par un plancher solaire direct qui est alimenté par l'énergie solaire placé sur le toit de la construction et orienté vers le sud. L'énergie solaire est transportée par un fluide caloporteur antigel à travers un serpentin pour chauffer la maison et permet la production d'eau chaude sanitaire durant toute l'année.

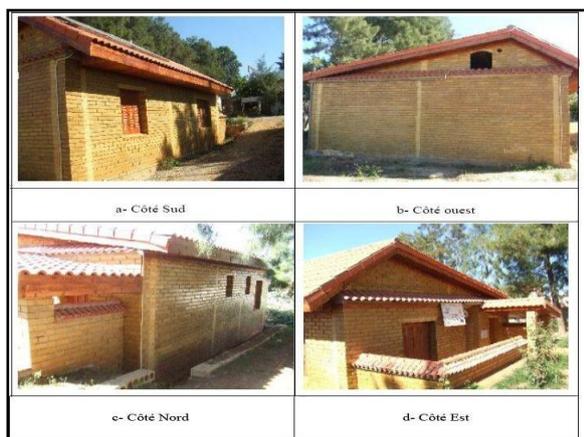


FIG 47 : les façades du prototype.  
Source CNERIB 2014.

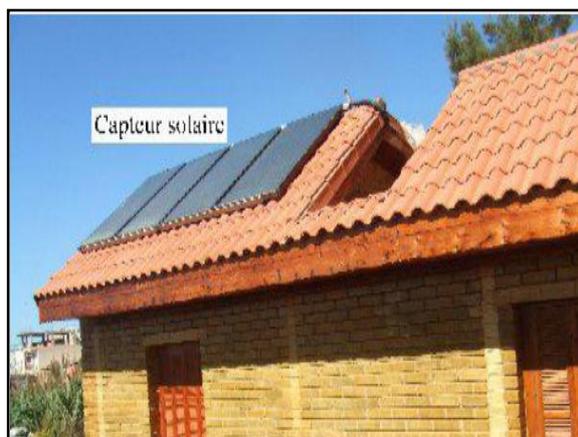


FIG 48 : Les capteurs solaires dans le prototype.

(1) **BTS** : Béton de Terre Stabiliser, caractérisé par une consommation énergétique minimale, résistance sismique, et la disponibilité locale du la matière première.

### III - 5-SYNTHESE

A travers ce chapitre, on a pu faire sortir les principes de base de l'architecture écologique.

La conception écologique reste une procédure à prendre en considération lors de l'architecture d'aujourd'hui afin d'intégrer le cadre bâti au climat et à son environnement immédiat.

L'espoir de vivre en cohérence entre l'occupant et son environnement reflète l'intérêt de la conception bioclimatique de l'enveloppe architecturale. Il s'agit de corriger les données climatiques en offrant le confort intérieur des bâtiments sans le besoins du chauffage ou de la climatisation mécanique. (1).

Par le biais de la réglementation, il existe une volonté politique pour améliorer la situation énergétique du cadre bâti en Algérie mais l'existant ne reflète pas cette volonté avec un secteur très énergivore. Les acteurs du bâtiment sont loin des considérations thermiques lors du processus de réalisation d'un bâtiment tertiaire ou résidentiel.

L'efficacité des logements écologique qui assure un confort thermique avec l'état de réalisation actuel reste l'objectif de la prochaine partie de ce travail .

---

(1) Liébard, A. et De Herde, A. « Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique ; concevoir, édifier et aménager avec le développement durable », Edition le moniteur, Paris. 2005.

## **CHAPITRE IV : CAS D'ETUDE**

En complétant sur le même trajet de recherche, c'est le temps d'aller plus en détail par l'analyse du cas d'étude.

Il s'agit de présenter et collecter les différentes données du site d'intervention, les analyser pour faire sortir les recommandations pour bâtir dans le site étudiée.

#### IV-1-Presentation de l'aire d'étude

Tipaza une ville littorale caractériser par c'est potentialités Touristique, son paysage, son histoire mais aussi par ses richesse naturel. Comme la ville est en plein croissance elle a subit plusieurs extensions, pour prendre en charge les besoins des habitants en matières de logement et d'équipement. C'est la où on à choisit d'implanter notre projet dans la commune de Tipaza ( chef lieu ).

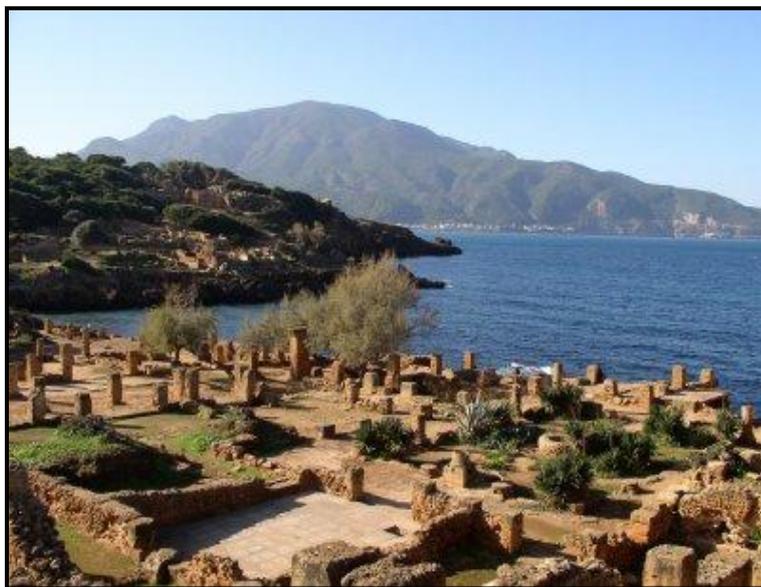


FIG 49 : Les ruines de la ville de Tipaza

##### a- Situation géographique :

- A l'échelle du territoire:

Tipaza est située au nord du tell centrale, elle est limitée :

Au Nord : Par la mer méditerranéenne.

Au Sud : Par la wilaya de Blida.

Au Sud-Ouest : Par la wilaya de Ain Defla.

A l'Est : Par la wilaya d'Alger.

A l'Ouest : Par la wilaya de Chlef



FIG 50 : Situation géographique de la ville de Tipaza

- **A l'échelle de la ville:**

La commune de TIPAZA , érigée en chef lieu de wilaya depuis 1985, est située à 70Km de la Capitale, dans les confins Ouest du Sahel d'ALGER et dans la partie Est du Mont Chenoua, Elle est limitée au :

- A l'Est Ain Tagourait
- Au Sud-Est Sidi Rached
- Au Sud-Ouest Hadjout
- A l'Ouest Nador et Cherchell.

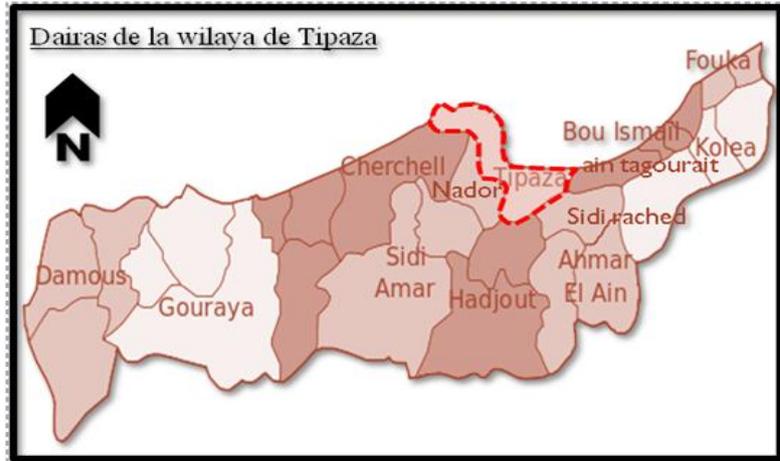


FIG 51 : Situation géographique de la ville de Tipaza

- **A l'échelle du quartier :**

Notre aire d'étude se trouve à l'Est de l'agglomération chef lieu, au nord de la nouvelle extension à urbaniser-AU3-Limité:

- Au **nord** par la voie RN11
- A l'**est** par la voie CW106
- A l'**ouest** par une zone d'équipements
- Au **sud** est zone d'habitats collectif
- Au **sud ouest** zone d'équipements



FIG 52 : Site d'intervention

Notre site est de forme trapézoïdale d'une surface de 2,7 ha d'où la grande base de 250m sur la CW 106.

### b- Morphologie du terrain :

Notre site se retrouve sur un intervalle de [100 a 111] m d'altitude avec une faible pente de 4,4 %.

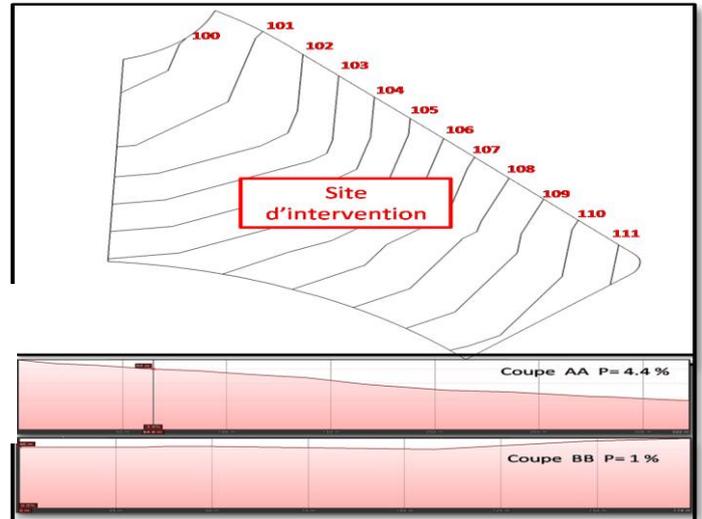


FIG 53 : Morphologie du terrain

### 2. La sismicité :

D'après le R.P.A (édition99) modifier et compléter le 21-05-2003 , Tipaza se situe dans la Zone III qui correspond à une région de sismicité élevée.

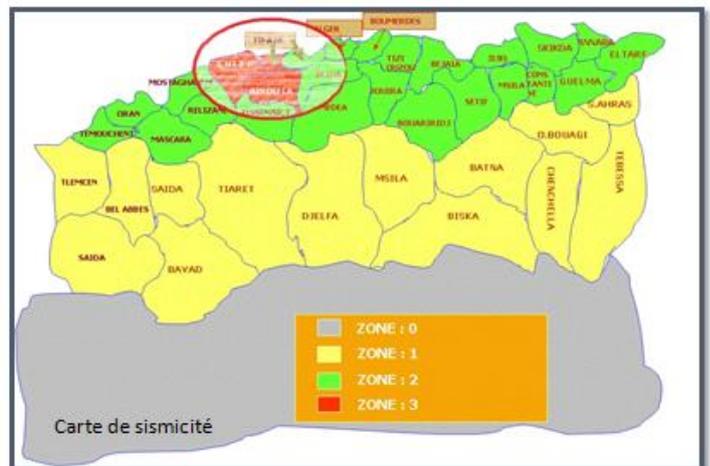


FIG 54 : Carte de sismicité

## IV-2 - L'analyse climatique de la région de Tipaza :

Selon la classification des études qui a été faite par CSTB 1974-1984 qui permet de définir les zones climatiques de l'Algérie (1) , on détermine :

- trois grandes zones climatiques d'hivers H1 , H2 et H3 ;
  - la zone H1 subit l'influence de la proximité de la mer
  - la zone H2 subit l'influence de l'altitude .
  - la zone H3 subit l'influence de la latitude.
- Cinq zones climatiques d'été :
  - La zone E1 subit l'influence de la mer .
  - la zone E2 subit l'influence de l'altitude
  - la zone H3, E4 et E5 subissent l'influence de la latitude.

(2) S. DJENAS, ' Elaboration des Zones Climatiques en Algérie', PFE, CSTB, 1984.

- Les zones climatiques d'hiver

**TABLEAU RECAPITULATIF DES DONNEES CLIMATIQUES PAR ZONE**  
Données ONM<sup>1</sup> période 1974-1984.

ZONE	DONNEES CLIMATIQUES MOYENNES ONM <sup>1</sup>	JANVIER : MOIS LE PLUS FROID								HIVER					
		TEMPERATURE (c°)			HUMIDITE RELATIVE (%)			DEGRES-JOURS FROIDS		IRRADIATION ASA <sup>2</sup> GLOBAL (WH/M <sup>2</sup> )			VENT DOMINANT		
		Moy.	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Janv.	Année	Sud	S/E ou S/O	Est ou Ouest			
<b>H<sub>1</sub></b>	H <sub>1a</sub> alt < 500m	10.5	5.4	16.5	77.1	51.2	93.5	151	649	3602	2798	1545	2196	Sud-Ouest 3.4 m/s	
	H <sub>1b</sub> alt > 500m		5.4	14.4				189	742						
<b>H<sub>2</sub></b>	H <sub>2a</sub> alt > 1000m alt < 1500m	4.9	1.7	10.4	75.4	47.0	96.6	308	1447	4966	3844	2114	2976	Nord 3m/s	
	H <sub>2b</sub> alt > 1500m	4.6	-0.8	9.3	73.5	49.1	92.0	364	1800	4444	3472	1976	2800		Nord-ouest 3.2 m/s
<b>H<sub>3</sub></b>	H <sub>3a</sub> alt > 500m alt < 1000m	9.8	3.6	16.6	45.8	26.3	66.5	183	589	5878	4589	2604	3716	Nord 2.5 m/s	
	H <sub>3b</sub> alt > 200m alt < 500m	12.1	3.5	21.2	48.0	25.0	72.9	137	391	6440	5131	3138	4340		Nord-est 3.7 m/s
	H <sub>3c</sub> alt > 500m	12.6	5.3	20.5	27.3	13.9	45.5	116	334	6342	5207	3461	4960		Nord-est 2.4 m/s

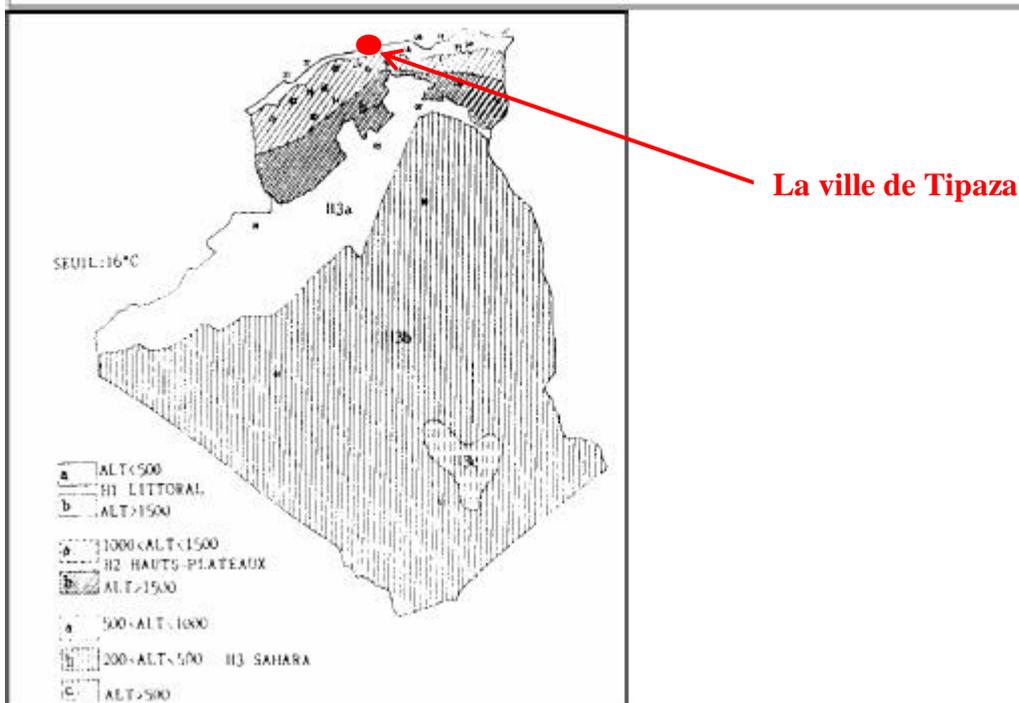
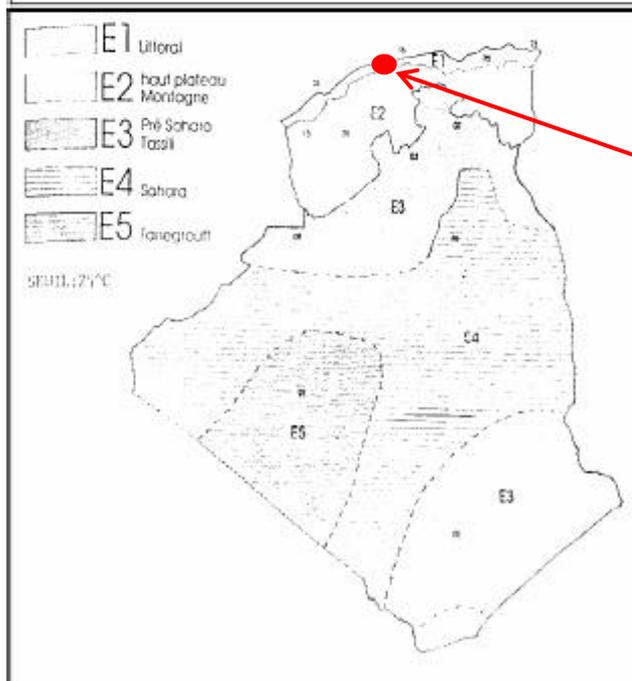


FIG 55 : les zones climatique d'hiver

- Les zones climatiques d'été :

TABLEAU RECAPITULATIF DES DONNEES CLIMATIQUES PAR ZONE  
Données ONM<sup>1</sup> période 1974-1984

DONNEES CLIMATIQUES MOYENNES ONM ZONE	JUILLET : MOIS LE PLUS CHAUD								ETE				
	TEMPERATURE (°C)			HUMIDITE RELATIVE (%)			DEGRES-JOURS CHAUDS BASE 25°C		IRRADIATION ASA <sup>2</sup> GLOBAL (WH/M <sup>2</sup> )				VENT DOMINANT
	Moy.	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Juil.	Année	Sud	VERTICAL		Vitesse moy.	
										S.E. ou S.O	Est ou Ouest		
<b>E<sub>1</sub></b>	24.2	18.4	30.6	68.7	40.8	91.2	39	95	2312	3362	3857	6936	Nord-Est 3.4 m/s
<b>E<sub>2</sub></b>	24.9	14.7	34.5	54.4	27.0	83.8	70	171	2548	3773	4408	7494	Nord 2.0 m/s
<b>E<sub>3</sub></b>	32.5	24.5	40.4	16.9	10.8	55.8	95	394	2634	3723	4296	6924	Est 4.8 m/s
<b>E<sub>4</sub></b>	33.4	24.3	42.0	24.1	10.8	42.5	171	621	2072	3523	4439	7516	Nord-Ouest 4.1 m/s
<b>E<sub>5</sub></b>	36.5	26.8	44.9	12.7	9.1	20.5	210	880	2374	3953	4940	8108	Est 5.0 m/s



La ville de Tipaza

FIG 56 : les zones climatiques d'ETE

La ville de Tipaza, zone retenue dans cette étude, Suite à sa situation, est caractérisée par de longues périodes de surchauffe et le taux d'humidité est très élevé où l'inconfort est fortement ressenti. L'analyse de la distribution mensuelle de la température et de l'humidité relative de la ville de Tipaza indique que la majeure partie de l'année se situe en dehors de la zone de confort. Les bâtiments doivent, donc, être conçus selon les exigences d'été; celles de l'hiver seront satisfaites en conséquence. Il est donc plus approprié de viser la période de surchauffe pour déterminer les exigences conceptuelles et techniques qui aident à assurer une qualité d'air agréable et régler les problèmes d'humidité pour atteindre des ambiances confortables dans l'habitat à la ville de Tipaza .

La ville appartient à la zone climatique d'hiver H1a et celle d'été E1 avec deux saisons principales (été et hiver). (1).

- La zone H1a (altitude moins de 500 m) se caractérise par les hivers doux avec des amplitudes faibles .
- La zone E1a des étés chauds et humides, l'écart de température diurne est faible .

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Température moyenne (°C)	11.7	12.6	14.2	16.1	19.2	22.9	26	26.6	24.3	20.1	15.7	12.7
Température minimale moyenne (°C)	8.4	9	10.5	12.6	15.1	18.8	21.8	22.5	20.6	16.4	12.1	9.5
Température maximale (°C)	15.1	16.2	17.9	19.7	23.3	27	30.2	30.8	28.1	23.9	19.3	16
Température moyenne (°F)	53.1	54.7	57.6	61.0	66.6	73.2	78.8	79.9	75.7	68.2	60.3	54.9
Température minimale moyenne (°F)	47.1	48.2	50.9	54.7	59.2	65.8	71.2	72.5	69.1	61.5	53.8	49.1
Température maximale (°F)	59.2	61.2	64.2	67.5	73.9	80.6	86.4	87.4	82.6	75.0	66.7	60.8
Précipitations (mm)	90	66	59	42	47	13	2	3	30	62	104	113

TABLEAU 04 : Table climatique de Tipaza.  
source : <https://fr.climate-data.org/location/44268/>

#### a- Température

La température de l'air est la grandeur physique le plus important pour définir le degré d'échauffement ou du refroidissement de l'air. (CRAU, 1983).

Pour la ville de Tipaza, les températures augmentent d'une manière régulière du mois de Décembre jusqu'au mois de juillet.

Par contre, une diminution rapide du mois d'Août (26.6 °C) à Décembre (12.7 °C) pour les températures mensuelles moyennes.

- (1) **CNERIB**, document technique règlementaire (DTR C3-4), « Règle de calcul des apports calorifiques des bâtiments », fascicule 2, Alger. 2005.
- (2) **CRAU (Centre de recherche en architecture et en urbanisme el Harrache)** en collaboration avec l'université des nations unis UNU, « Village solaire intégré », édition OPU, Alger. 1983.

Un grand écart entre les températures moyennes minimales et maximales durant la même journée dont il dépasse parfois (20°C).

La chute des températures mensuelles minimales de Décembre à Mars rend ces mois les plus froids de l'année.

Les valeurs maximales des températures mensuelles de Juillet à Août rendent ces mois les plus chauds de l'année.

Les mois restant sont caractérisés par des températures mensuelles moyennes plus ou moins confortables qui varient entre 16°C en Avril et 22.9°C en Juin avec 24.3°C en Septembre et 15.7°C en Novembre

### b- Les précipitations

Les précipitations sont formées par la condensation de la vapeur d'eau dans les couches hautes de l'atmosphère. Lorsque l'air se refroidisse avec l'apparition des nuages composés des gouttelettes d'eau, il se produit les précipitations. (1).

Les précipitations sont influencées par les mouvements des vents et le changement des régimes des températures comme son rôle est très important pour la classification du climat.(2).

Pour la ville de Tipaza, les mois pluvieux sont de Septembre jusqu'à Mai par une moyenne qui varie entre 113mm en Décembre et 30mm en Septembre pour la période (2000- 2010).

Les précipitations sont minimales sous forme d'orage durant les trois mois d'été (Juin, Juillet et Août) par une moyenne qui varie entre 2 et 13 mm.

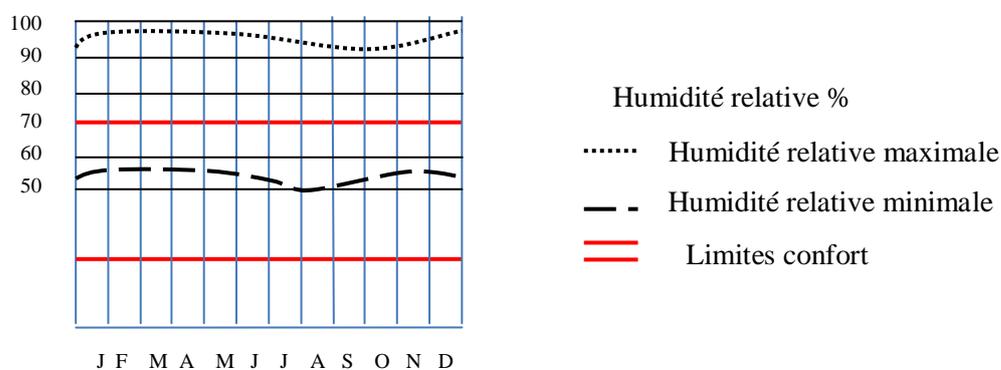
### c- L'humidité.

L'humidité relative représente l'évaluation de la quantité de la vapeur d'eau dans l'air. Elle est exprimée en pourcentage. (2) .

Selon le graphe ci contre, l'humidité relative mensuelle moyenne est maximale durant les mois les plus humides de Septembre à Mai ou elle est d'environ 80% pour la période (2000- 2010). Elle augmente de Juin à Août par des valeurs qui dépassent les 87% pour les valeurs maximales de l'humidité relative.

L'humidité moyenne mensuelle maximale est presque stable durant toute l'année par une valeur qui va de 80% à 87%.

Bien que l'humidité minimale connaît certaine fluctuation entre les mois pluvieux et ceux sèche d'été. Mais sa valeur ne descend pas du 47.1%.



(1) **Bellara, S.** « Impact de l'orientation sur le confort thermique intérieur dans l'habitation collective ; cas de la nouvelle ville Ali Mendjeli Constantine. », mémoire du magister, université Mentouri, Constantine. 2004- 2005.

(2) **Givoni, B.** « L'homme, l'architecture et le climat », Edition le moniteur, Paris. 1978.

## b- Vitesse du vent

Le vent est considéré comme un paramètre instable. Il s'agit d'un déplacement des masses d'air entre les zones de haute pression et celles de basse pression. Il est caractérisé par sa direction, sa vitesse et sa fréquence. (1).

Le graphe de la vitesse du vent montre que la plus grande vitesse est durant les mois de décembre , janvier , février et mars par plus de 50 km/ h .

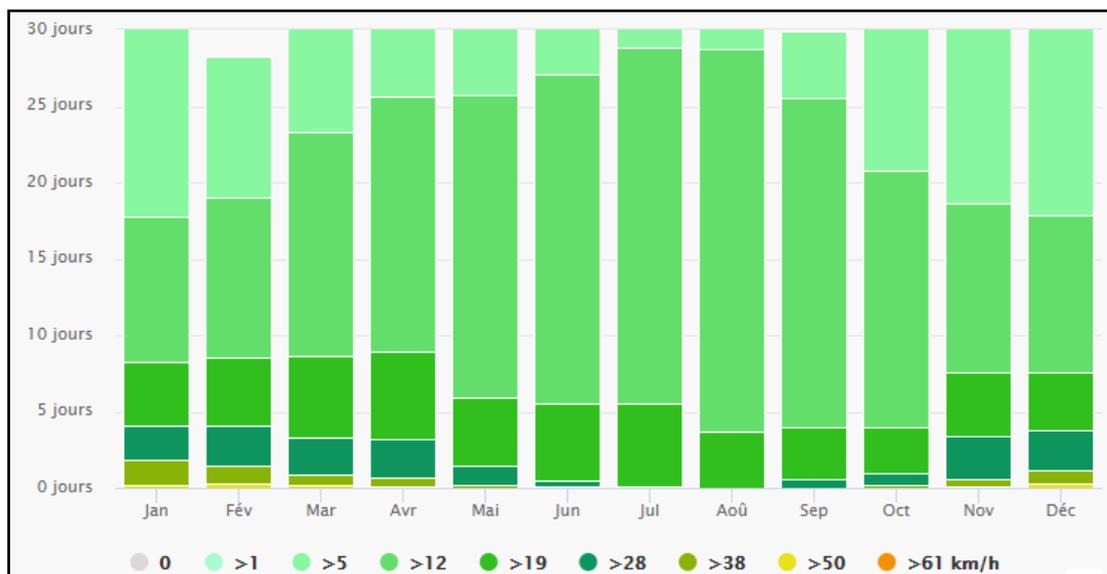


FIG 57 : le diagramme montre les valeurs de vitesse de vent pour Tipaza  
Source : <https://fr.slideshare.net/bibaarchitecte/memoire-tipasa>

## c- Rose des vents

Les vents dominants frais et humides de la ville de Tipaza sont de direction Nord- Est (de mai a octobre) .

Les vents dominants froides d'hiver sont de direction d' Ouest .

Le siroco se manifeste 14 jrs/an en moyen pendant la période estivale juillet et aout.

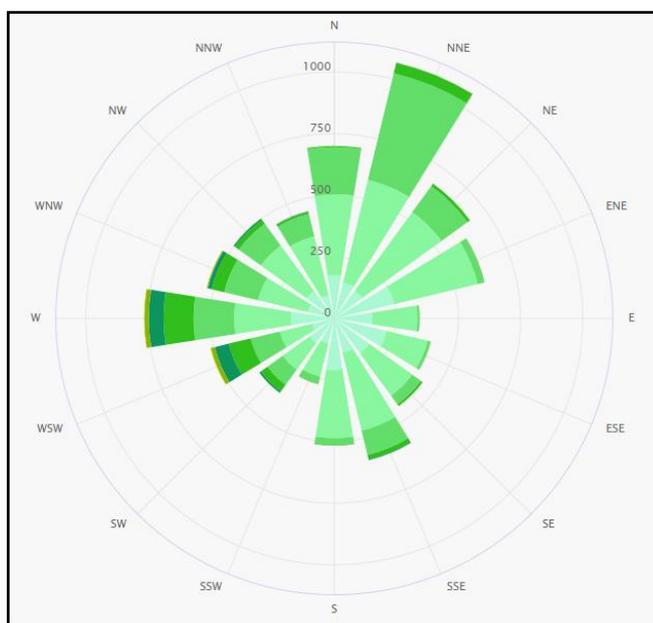


FIG 58 : la rose des vents pour Tipaza  
Source : <https://fr.slideshare.net/bibaarchitecte/memoire-tipasa>

(1) **Givoni, B.** « L'homme, l'architecture et le climat », Edition le moniteur, Paris. 1978.

### **Synthèse de l'analyse climatique :**

Suite à la lecture des données climatique, il se révèle que :

Il s'agit d'un climat tempéré caractérisé par un hiver froid et humide et un été chaud et très humide.

La grande quantité de la précipitation durant la grande majorité de l'année adoucit le climat en hiver comme en été.

Un grand écart entre la température maximale et minimale journalière durant toute l'année.

Un climat trop humide suites à la précipitation et la proximité de la mer.

La saison hiver et celle d'été sont séparé par des saisons modérées en printemps et en automne.

### **3-Recommandations :**

En complétant sur le même trajet de recherche en appuyant sur les principes de base de conception écologique et suite à l'analyse climatique de la région de Tipaza , c'est le temps d'aller plus en détail par faire sortir les recommandations suivantes :

#### **a-L'implantation et l'orientation**

On peut faire sortir les recommandations suivantes :

- On a Favorisé l'orientation de Bâtiment vers les vents dominants et au même temps vers le sud par une forme d'un rectangle allongé afin de chauffer passivement en hiver en augmentant la masse thermique avec la ventilation naturelle en été.
- Les blocs sont orientés de façon à bien prendre les vents dominants en saison sèche (Nord-Est) afin de favoriser la ventilation naturelle lors de cette saison plus chaude et pour faire rentrer l'air extérieur utile à la ventilation naturelle et assurer une qualité d'air agréable et régler les problèmes d'humidité .
- Les blocs sont protégé de vents dominants d'hiver (ouest) par une plantation de grands arbres, visant à offrir une protection face aux vents excessifs d'hiver.
- On favorise des espacement entre les bâtiments pour permettre une bonne ventilation naturelle .
- La périphérie de chaque bloc est protégé par une bande végétale d'au moins 3 mètres de large pour que la végétation apporte un air frais ambient autour de l'habitation .
- On favorise un gazon et l'implantation les arbres pour ombrager le sol et les façades de l'habitation, elle en restera d'autant plus fraîche.



FIG 59 : Principe d'implantation et d'orientation

**b- L'organisation spatiale intérieure**

Une organisation spatiale adéquate lors des agencements des espaces, le séjour et la cuisine sont orientés vers le sud bien que les chambres, sont ouvertes vers le Nord-Est .

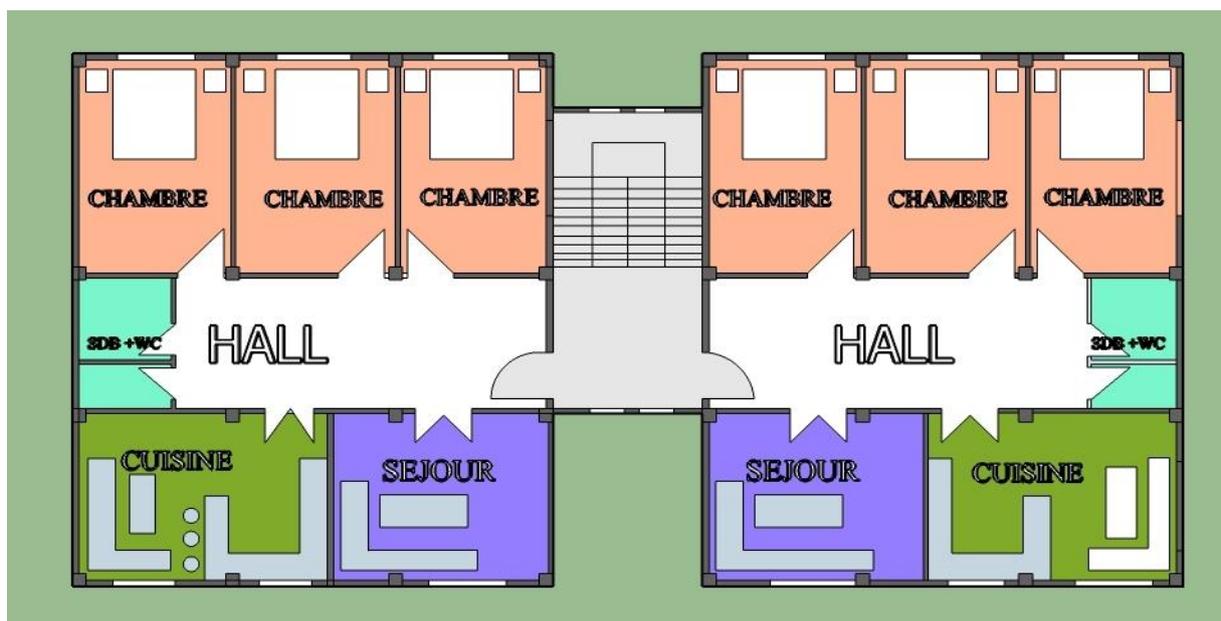


FIG 60 : Organisation interne

## c-Matériaux :

### 1- Système constructifs

Il s'agit d'une ossature en béton armé composé par la jonction poteau- poutre avec un remplissage en béton cellulaire. Cette structure est composée par des semelles isolées sous poteaux, des poteaux, poutres et poutrelles en béton armé coulées sur place. Le coffrage utilisé pour le coulage du béton armé est en bois.

Les planchers sont composés par des poutrelles en béton armé, des hourdis préfabriqué en polystyrène avec une très bonne isolation et une couche de béton de chanvre de 4 cm. Les escaliers sont en béton armée.

Le béton de chanvre est de plus en plus recommandé en éco-construction car le chanvre est une plante renouvelable qui pousse vite, sans traitement ni engrais, et qui se montre économe en eau. Le béton de chanvre a d'excellentes propriétés isolantes, aussi bien thermiques que phoniques. Il est très durable, ne se tasse pas, régule l'humidité ambiante, et n'est jamais attaqué par les rongeurs, les champignons ou les moisissures, sous réserve d'une formulation ou d'un traitement adéquat. De plus, la chaux est assainissante et contribue à la qualité de l'air à l'intérieur des habitations. Sans parler uniquement de béton de chanvre, les bétons à fibres végétales en règles générales sont de plus en plus utilisés, pour un soucis d'ordre écologique, et pour tous les intérêts en termes d'amélioration de l'isolation thermique et acoustique des bétons.

Le béton cellulaire est un matériau de construction préfabriqué destiné au gros œuvre. Il est utilisé dans tous les travaux concernant la construction, que ce soit pour les maisons individuelles ou pour les constructions de grande envergure. Ce matériau offre plusieurs avantages ce qui le rend très utilisé. Le béton cellulaire vient de la combinaison d'eau, de sable, de ciment, de poudre d'aluminium ou de pâte d'aluminium et d'air. Ainsi, suivant un savant dosage, ce mélange forme des microcellules de béton fermées et séparées par de fines parois pour empêcher les remontées capillaires. Le béton cellulaire est disponible en bloc ou en carton. Il est ainsi complètement protégé de l'humidité grâce au procédé de microcellules. Il constitue en effet un bon régulateur hygrométrique, léger et thermiquement très isolant. Cela ne le rend pas pour autant moins solide, au contraire, le béton cellulaire est un matériau très résistant .



FIG 61 : Le béton de chanvre  
Source : [www.travauxetconstruction.com](http://www.travauxetconstruction.com)



FIG 62 : Le béton cellulaire  
Source : [www.travauxetconstruction.com](http://www.travauxetconstruction.com)

## 2- Isolation

L'utilisation de liège comme un isolant thermique pour remplacer la lame d'air en 5cm d'épaisseur et pour

La plupart des isolants ne réagissent pas bien à une humidité constante, par contre le liège expansé présente la particularité d'être insensible à l'humidité, imputrescible, perméable en même temps à la vapeur d'eau, résistant au feu et très esthétique.

Le liège est un isolant naturel, issu d'un arbre méditerranéen. (MM. Fragos et Trouillez 2012). Il existe deux sortes de lièges, male et femelle. Pour l'isolation, c'est le liège male et le déchet de liège femelle qui sont utilisés. Pour la conductivité, le liège expansé en tant que panneaux 0.035 - 0.045 w/m.k et granulats entre 0.043 - 0.055 w/m.k. Pour le liège aggloméré  $\lambda$  est entre 0.044 - 0.049 w/m.k. (Gallauziaux, T. et Fedullo, D. 2010), il offre de sérieuses qualités environnementales et mécaniques.

Grâce à sa structure formée de millions de cellules remplies d'air immobile, le liège expansé est un très bon isolant thermique (96 % d'air)

Il offre un déphasage thermique appréciable.

Il est aussi efficace au niveau phonique, pour les bruits aériens ou d'impact.

On favorise une isolation pour les murs par l'intérieur et extérieurs, isolation centrale (double cloison) : Protection thermique et acoustique très durable qui résiste à l'humidité (même par capillarité)

Nous recommandons des plaques de 2 à 6 cm.

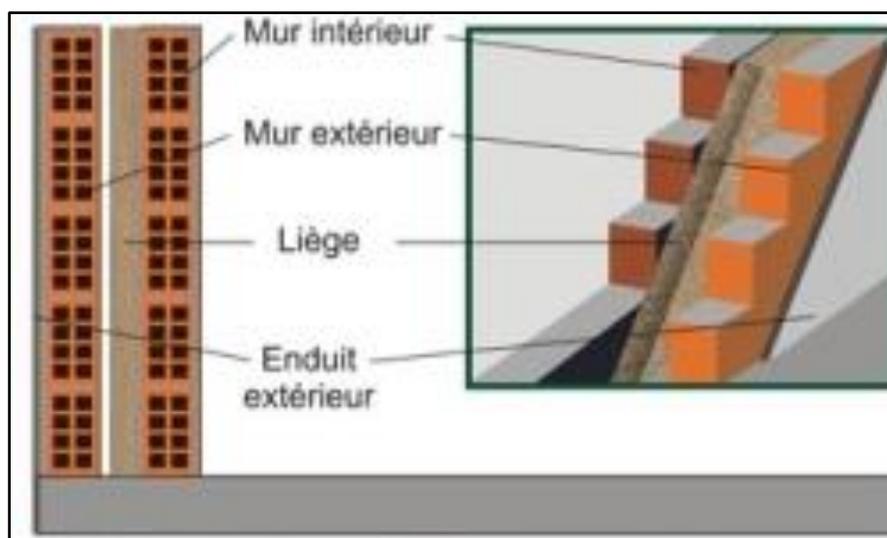


FIG63 : isolations des murs en doubles parois

- **Peinture**

**Peinture isolante en extérieur :** Elle convient pour l'isolation thermique des façades et des toitures. Elle permet la conservation de chaleur en hiver et évite les surchauffes en été en réfléchissant les rayons solaires. Cette peinture résiste bien aux intempéries, aux moisissures et aux salissures. Il s'agit d'un crépi blanc. (Fragos, M. M. et Trouillez, 2012).

**Peinture isolante en intérieur :** La peinture isolante est utilisable pour l'intérieur. Dans ce cas, elle évite les déperditions de chaleur et régule le taux d'humidité. Elle répond aux raisons esthétiques par une large gamme des couleurs. (Fragos, M. M. et Trouillez, 2012).

Arcascreen est un type de peinture anti-humidité ,anti moisissure et microporeuse



Figure 64: La peinture isolante en extérieur.  
Source MM. Fragos et Trouillez 2012.



Figure 65: La peinture isolante en intérieur  
Source : MM. Fragos et Trouillez 2012

### 3-Autres solutions techniques

Pour intégrer le projet dans le climat et pour assurer un confort thermique lié à l'humidité , l'architecte a opté pour les solutions suivantes :

- Le traitement spécifique des ponts thermiques au niveau des poteaux- poutres par l'habillage en briques creuses ou en isolant thermique (le polystyrène).

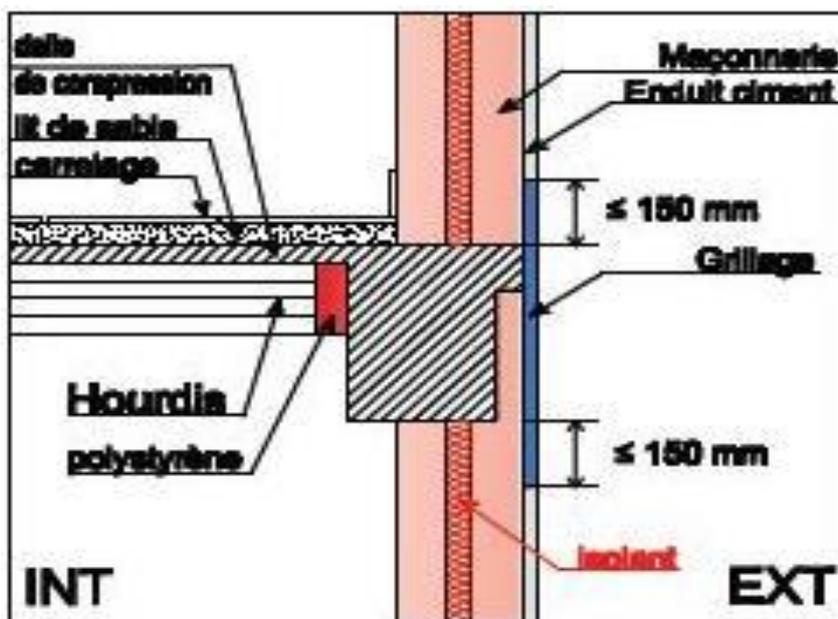


FIG 66 : Habillage des ponts thermiques du plancher

- Pour les ponts thermiques des planchers, il s'agit de les couvrir en polystyrène.
- L'utilisation d'un isolant thermique, la fibre de verre, pour le faux plafond du dernier étage afin d'éliminer les déperditions thermiques vers le comble.
- Un soubassement en pierre au niveau de RDC tout au tour du bâtiment pour isoler la bâtisse des déperditions thermiques en stabilisant la terre

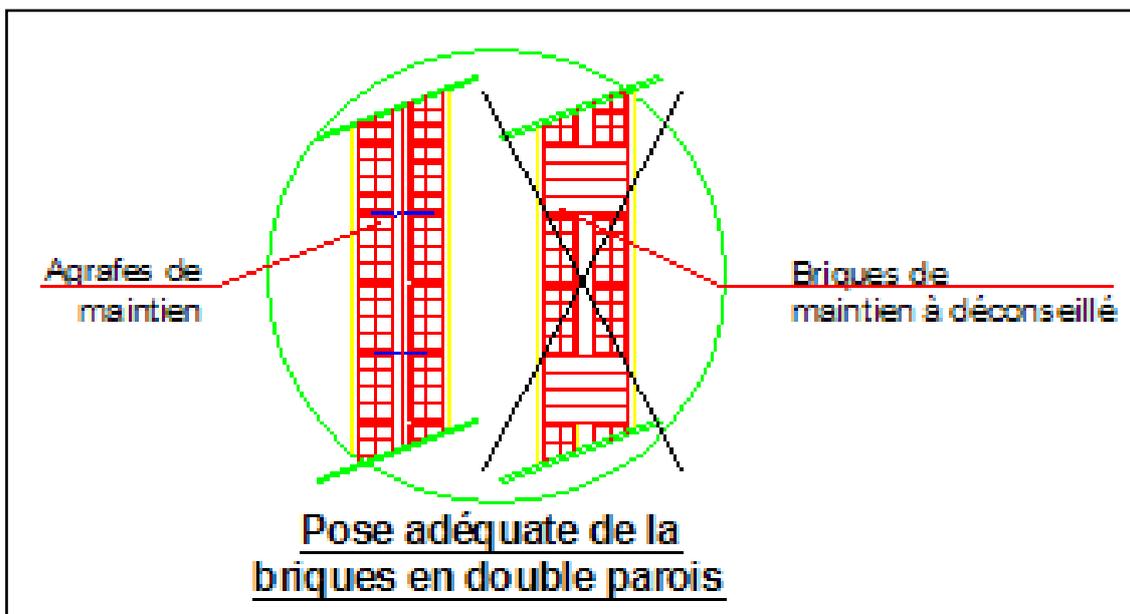


FIG 67: Agencement des briques en double parois

- Une protection solaire des fenêtres de RDC par une végétation en caduque qui assure l'ensoleillement en hiver et protège des rayons solaires directes d'été. Les façades Sud sont équipées par des auvents dimensionnés selon l'étude des ombres pour protéger les ouvertures en été en permettant aux rayons solaires d'hiver de pénétrer.

## d-Protection

### 1. Protection des murs et des ouvertures

- Fenêtres

La conception écologique mise notamment sur les fenêtres et les baies vitrées pour assurer un éclairage naturel optimal à l'intérieur de la maison et réguler la température été comme hiver. Ainsi, les ouvertures vitrées doivent principalement se situer au sud pour éviter les expositions directes tout en offrant une bonne luminosité. Elles doivent être en nombre suffisant pour garantir une bonne ventilation naturelle le soir en été. Toutefois, les vitrages ne doivent pas représenter plus de 25 % de la surface habitable sous peine d'entraîner une surconsommation d'énergie en hiver comme en été.

Tous les logements sont équipés de fenêtres en double vitrage, on renforce ce vitrage avec un gaz.

La composition des vitrages isolants est donnée par 3 valeurs (en mm) indiquant les épaisseurs suivantes :

- La feuille de verre extérieur
- L'espace d'air ou de gaz
- La feuille de verre intérieure.

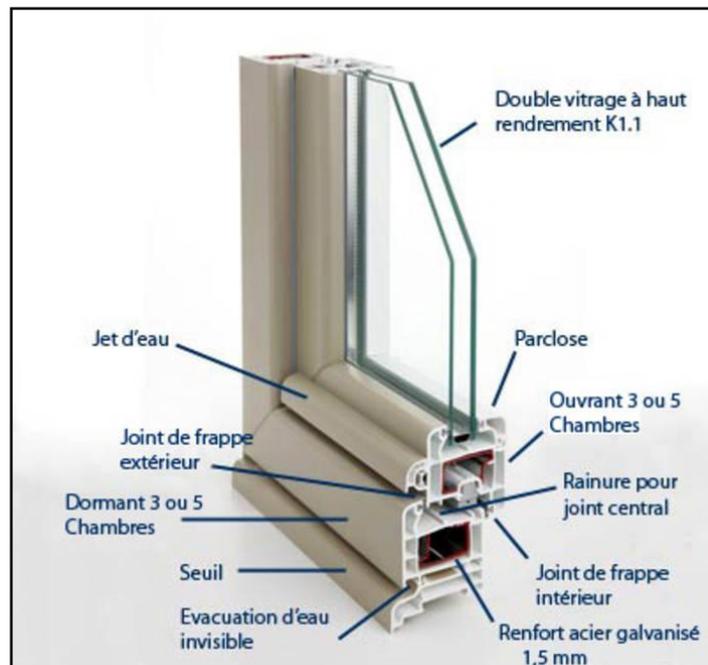


FIG 68 : Double vitrage des fenêtres

### Les composants du double vitrage

Le double vitrage est composé des éléments suivants :

- deux feuilles de verres
- un espaceur servant à délimiter l'espace entre les feuilles de verre ; celui-ci est soit assemblé avec des pièces de coins, soit plié et soudé. L'espaceur utilisé est en acier ou en aluminium.
- l'espace entre les deux feuilles de verre peut être soit rempli d'air ou un autre gaz injecté lors de la fabrication (argon ou krypton)
- une première barrière d'étanchéité, en butyl, placée sur la face de l'espaceur et en contact avec le verre. Le butyl empêche la pénétration d'humidité dans l'espace d'air ou de gaz.

### Critères de choix du système

En faisant varier les composants du, il est possible :

- D'obtenir des fonctions complémentaires à l'isolation thermique .
- Isolation thermique renforcée, contrôle solaire, isolation acoustique .
- Sécurité et décoration ;

### Avantages

- Deux fois plus efficace en matière d'isolation thermique qu'un simple vitrage.
- Diverses dimensions et formes.

- **Murs**

- on a utilisé les balcons pour protéger les murs et des ouvertures contre la chaleur d'été et la pluie en hiver , et ça autorisera à réduire le débord de toiture et son coût important .
- Une autre technique pour se protéger des rayons du soleil est la végétalisation. Cela consiste à utiliser des plantes grimpantes pour les parties non revêtues par le bois pour absorber les

rayons du soleil , Elles ont l'avantage de limiter le ruissellement et de maintenir une température plus fraîche que celle de l'air ambiant et l'habitation sera vraiment intégrée au paysage ainsi que qu'elle joue un rôle important dans la régulation de la température à l'intérieur de la maison et contribuent à une épuration des eaux pluviales et de l'air .

### Avantages

Mur anti-bruit.

Mur isolant thermique.

Durable dans le temps.



FIG 69 : Mur végétal  
Source :www.murmurevegetal.com

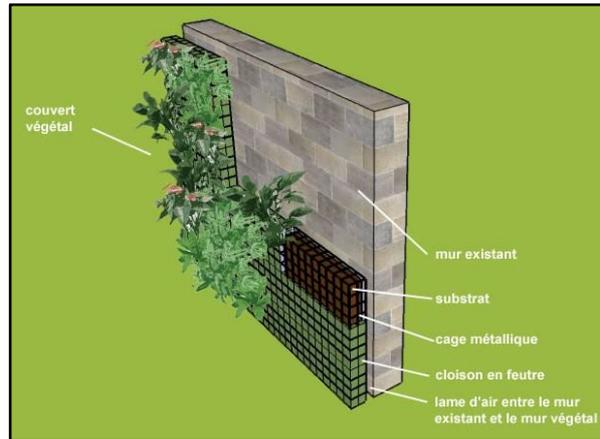


FIG 70 :Détails de mur végétal  
Source :www.murmurevegetal.com

## 2. Isolation des toitures

La toiture représente la zone la plus défavorable dans un bâtiment en termes de déperdition pour bien l'isoler on a donc choisi un système de toiture végétale.

### Principe des toitures végétales

Elle consiste à recouvrir d'un substrat végétalisée un toit plat ou à faible pente (jusqu'à 35° C et rarement plus). La toiture végétalisée est recouverte de végétation extensive. Le substrat est spécialement développé en fonction de cette végétation afin de ne nécessiter qu'une épaisseur très faible (quelques dizaines de mm) et de ne demander aucun apport d'eau ou d'engrais. Cette couche représente ainsi une surcharge de l'ordre de 90 kg/m<sup>2</sup> au maximum (poids lorsqu'elle est humide).

### Critères de choix du système

La toiture végétalisée présente de nombreux avantages, tant sur le plan de l'esthétique et de la durabilité, que dans une perspective de protection de la biodiversité et de l'environnement en milieu urbain.

Les coûts d'entretien et les surcoûts de construction sont faibles en comparaison des avantages pour l'habitat. En effet, la stabilité et l'étanchéité des toitures végétalisées sont supérieures à celles des toitures plates classiques. Cette technique améliore le confort thermique et acoustique du bâtiment et l'air ambiant.

De plus, cette toiture écologique permet :

Une amélioration de la qualité de l'air (diminution des taux de CO et CO<sub>2</sub>, apport d'oxygène, filtration de polluants atmosphériques tels le dioxyde de soufre ou l'oxyde d'azote)

Une atténuation des îlots de chaleur urbaine

Une augmentation de la superficie de nature sauvage et d'espaces verts

Une protection de la biodiversité (car ces toits offrent des habitats à la vie sauvage)

une filtration et une épuration biologique des eaux de pluies

L'amélioration de la gestion de l'eau : lors de fortes pluies il existe un « effet tampon », l'eau entre dans les couches de la toiture verte et transite dans celles-ci avant d'atteindre l'avaloir. L'entièreté de la pluie n'est pas rejetée instantanément vers les égouts. De plus, une partie de l'eau est consommée par les plantes et une autre est rejetée dans l'atmosphère par évapotranspiration et n'atteint donc pas le réseau d'égouttage.



FIG 71 : Toiture végétalisée

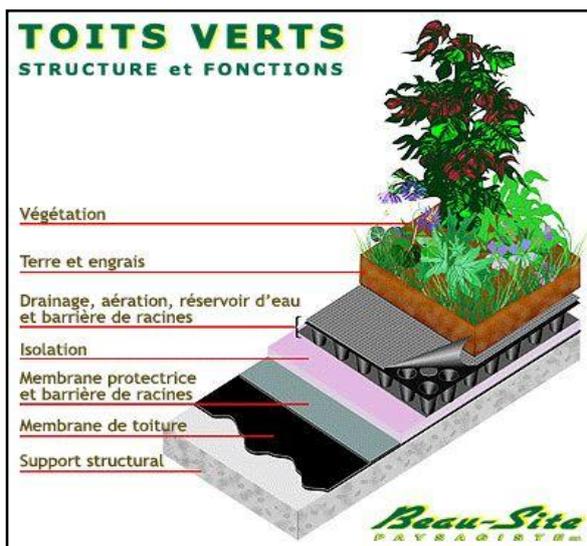


FIG 72 : Détails de toiture végétalisée

Source : <http://wikhydro.developpement-durable.gouv.fr>

## e -Ventilation

Une bonne ventilation est une exigence absolue pour lutter contre l'humidité d'air et assurer un confort thermique .

### 1-La ventilation naturelle :

#### Les ouvrants extérieurs

Notre stratégie de ventilation naturelle permettra d'évacuer ce surplus de chaleur qui s'accumule dans l'intérieur de l'habitation. Elle permettra aussi d'évacuer l'humidité et de renouveler l'air...

Elle consiste à faire entrer l'air extérieur par la simple ouverture des parois. Les blocs sont traversantes. Les façades au vent et sous le vent doivent être entièrement ouvertes, dans ce cas le vent peut entrer et aussi sortir pour qu'il y aura de courant d'air .

On a Soigné particulièrement ces deux façades, elles ont une porosité la plus grande possible.

On a répartisse les ouvrants de ventilation des façades principales au vent et sous le vent afin d'avoir un écoulement homogène.

Les ouvertures ont des hauteurs différentes dans ces deux façades pour améliorer l'efficacité de la ventilation naturelle.

Les pièces principales (cuisine, salon, séjour...) sont entièrement traversantes. Ils ont des grandes fenêtres et des ouvertures importantes.

### L'agencement intérieur

Les pièces et les ouvrants sont correctement répartissés afin d'éviter des zones mal ventilées.

L'organisation des pièces et du volume permet au un courant d'air de balayer dans toutes les pièces de la maison.

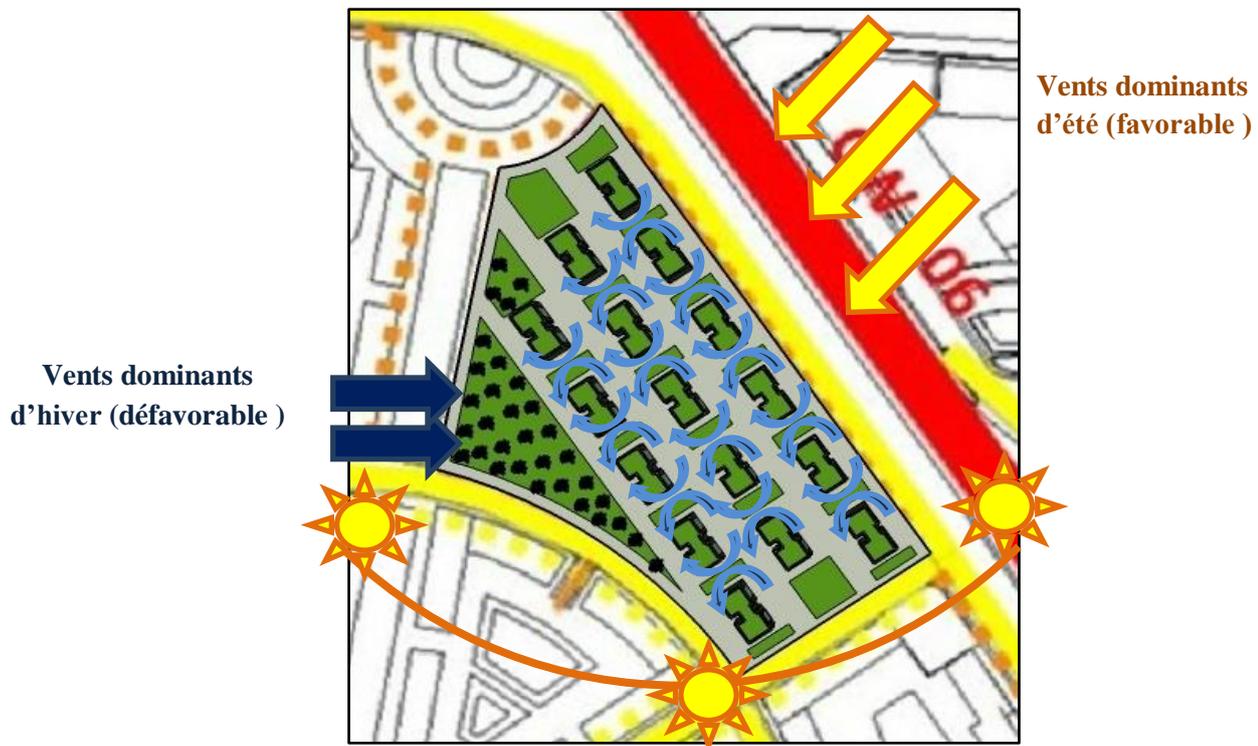


FIG 73 : ventilation naturelle

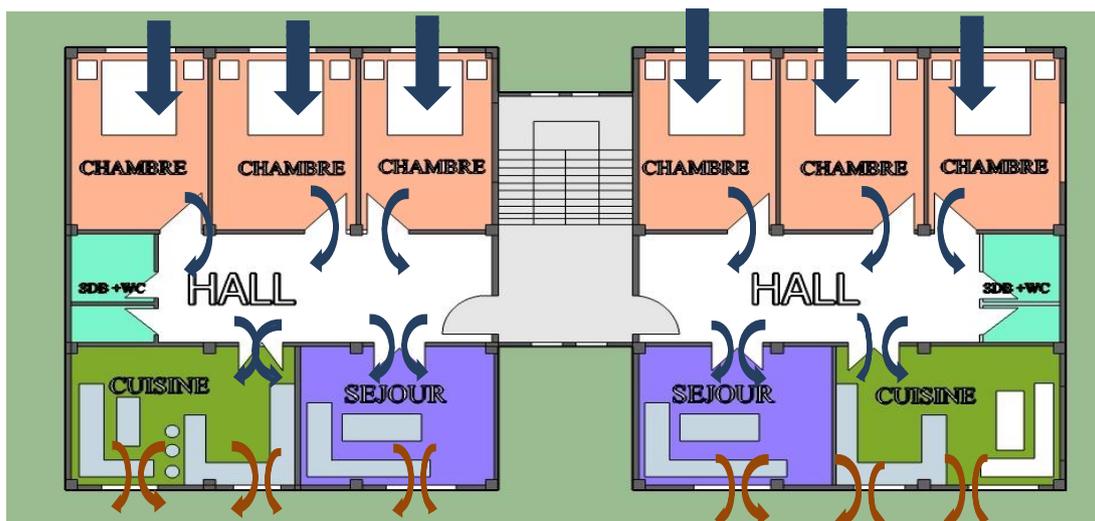


FIG 74 : l'agencement intérieur et la ventilation naturelle

Pour assurer le confort thermique durant toute l'année pour ce type de climat , on favorise l'utilisation d'une ventilation par puit canadien .

## 2 - L'utilisation d'une ventilation par puits canadien :

Il s'agit d'un système géothermique à une profondeur de 2 m afin de profiter de la stabilité partielle de la température de la terre. Par un système de la tuyauterie disposée en serpentin, c'est l'extraction de l'air à une hauteur de 1,2 m par une vitesse de 1m/s et son injection à l'intérieur des logements. L'objectif de ce système est de rafraîchir l'air en été en stabilisant la température à 15°C et de chauffer en hiver. Durant les mois d'intersaison, le système est déconnecter car le climat extérieur est confortable.

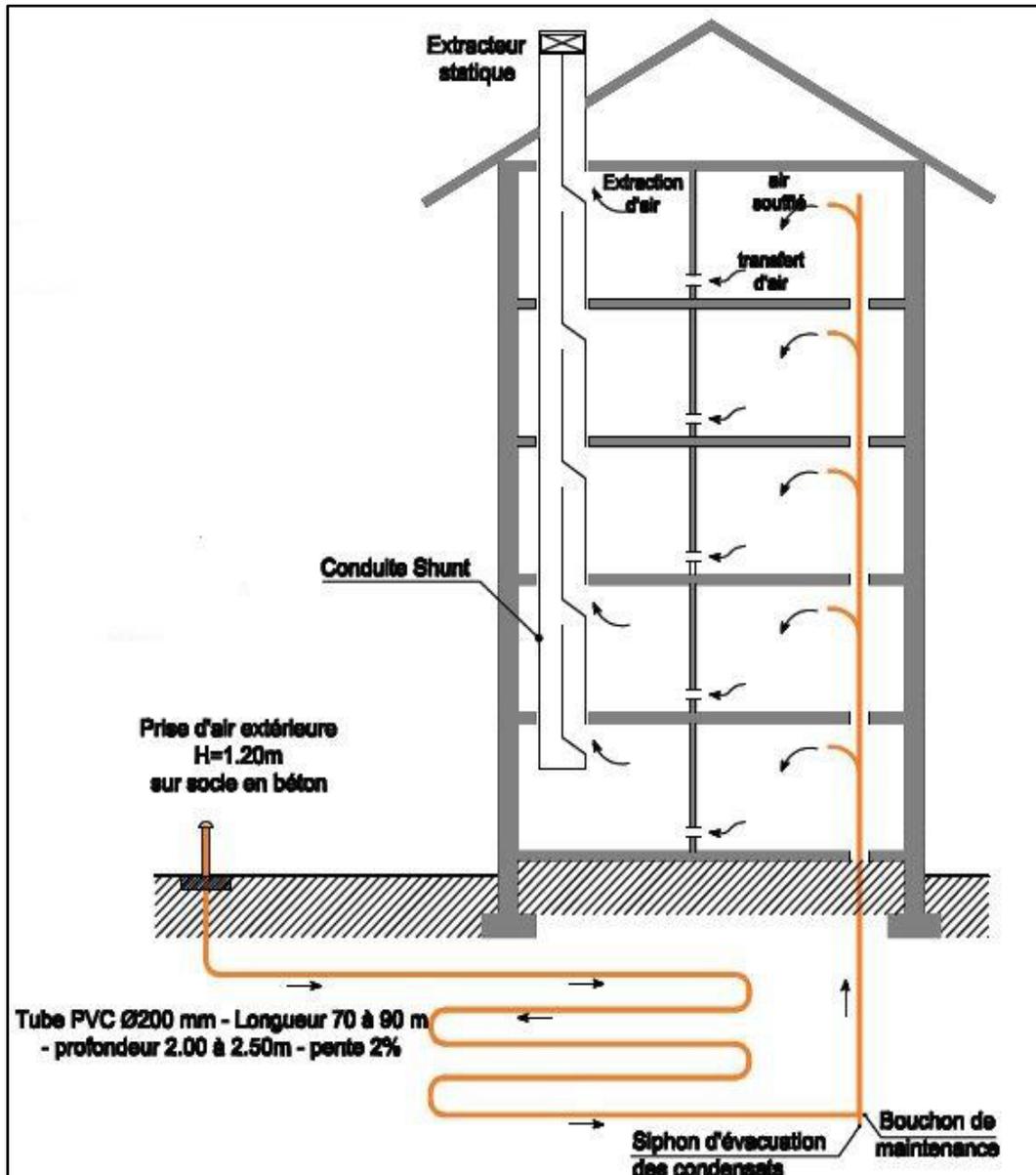


FIG 75: Coupe verticale du puits canadien

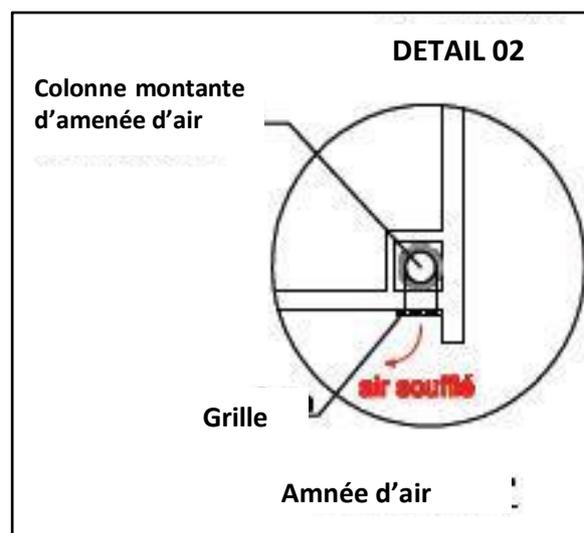
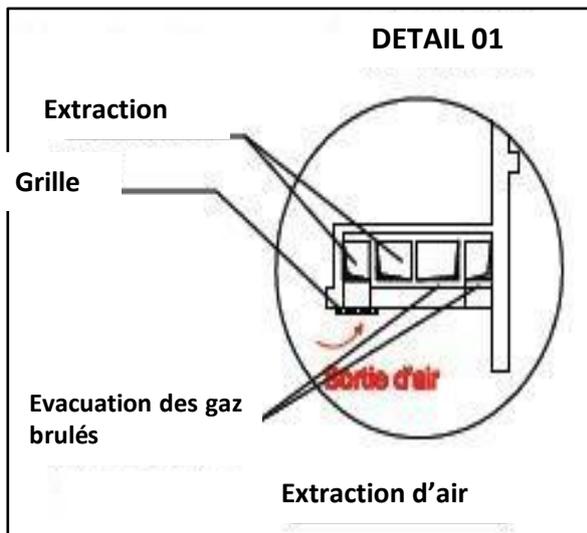


FIG 76: détails du puits canadien

## **CONCLUSION GENERALE**

## **V-1- Conclusion**

Dans un monde où les besoins énergétiques augmentent jour après jour en utilisant des sources épuisables pour assurer un confort thermique, c'est le temps de prendre conscience de la manière la plus efficace d'améliorer les ambiances intérieures en prenant en considération le climat et les exigences conceptuels et techniques.

En Algérie, le secteur résidentiel est le plus influencé par rapport aux autres secteurs suite à l'occupation continue du foyer. Cela va augmenter les besoins énergétiques en améliorant les ambiances intérieures afin de corriger les défauts d'étanchéité liée à la conception et à la réalisation des constructions. Donc, une conception architecturale écologique peut améliorer la situation énergétique de ce secteur.

Dans ce cadre, améliorer un confort thermique lié à l'humidité dans la zone littorale et plus précisément la ville de Tipaza en appliquant les exigences conceptuels et techniques présentent le cas d'étude de ce travail de recherche. L'objectif posé au préalable était de recommander des solutions pratiques applicables dans la notion de l'écologie en termes de confort thermique lié à l'humidité dans la ville de Tipaza.

Le présent travail a été entamé par une recherche sur la conception écologique, le confort thermique, l'humidité et prendre en considération l'expérience algérienne dans le domaine écologique et énergétique. C'est la partie théorique. Une autre partie, pratique, c'est la présentation de cas d'étude, l'analyse climatique de la région de Tipaza et les recommandations à prendre pour la conception d'une habitation écologique.

La première partie abordait le confort thermique lié à l'humidité en étudiant les différents paramètres de confort thermique et l'influence de l'humidité ambiante à l'intérieur de logement.

La deuxième partie avait pour objectif de démontrer l'importance des stratégies hivernale et estivale écologique afin d'intégrer une construction dans son environnement climatique en assurant l'épanouissement moral et physique de l'individu et les exigences techniques dans cette conception, puis une étude sur l'expérience algérienne dans le domaine écologique et énergétique en commençant par l'état des systèmes constructifs des logements en Algérie, les techniques de construction et les lois réglementaires en Algérie liées à l'écologie.

La dernière partie (les recommandations) tendait à arriver aux objectifs posés au préalable en termes de confort thermique et de le problème d'humidité ambiante. En commençant par une présentation du cas d'étude, une étude climatique et bioclimatique a été effectuée pour faire ressortir les recommandations de conception dans le climat de Tipaza en prenant en considération la meilleure implantation, l'orientation, le système de ventilation et le système de construction recommandé pour assurer la qualité d'air agréable et régler les problèmes d'humidité à Tipaza en hiver comme en été.

Le présent travail est une procédure qui vise à démontrer l'importance de la conception écologique au niveau du confort thermique, plus particulièrement au phénomène de l'humidité qui apparaît dans le logement à la ville de Tipaza.

## **V-2-Les recommandations**

Selon les résultats obtenus lors de notre étude, il s'agit de prendre en considération, lors de la conception écologique, les recommandations suivantes :

### **En hiver :**

Afin d'assurer le confort hivernal, il s'agit d'assurer le maximum d'ensoleillement tout en protégeant l'intérieure des déperditions thermiques. Cela nécessite :

- Une orientation adéquate des ouvertures vers le sud qui est le meilleur pour assurer un ensoleillement passif.
- L'utilisation d'un double vitrage pour éviter les déperditions thermiques.
- L'augmentation de la surface vitrée pour permettre la pénétration des rayons solaires directs.
- L'utilisation d'une grande masse thermique afin de conserver la chaleur absorbée durant une journée ensoleillée pour la restituer une fois les températures baissent.
- Une isolation extérieure des quatre façades sans oublier les deux planchers haut et bas pour mettre en valeur l'inertie thermique.

#### **En été :**

La stratégie du froid en été consisté à éviter la pénétration des rayons solaire au maximum tout en conservant la fraîcheur à l'intérieur. Donc le confort estival nécessite :

- Une protection solaire par une simple avancée de la toiture qui est efficace pour la façade sud avec des protections mobiles des ouvertures.
- L'utilisation d'un toit végétale va protéger le plafond des rayons solaires directs .
- Une ventilation nocturne pour dissiper la chaleur accumulée dans la masse thermique d'enveloppe durant la journée.

Les recommandations présentées au-dessus sont adéquates pour le climat de Tipaza. D'autres climats nécessitent d'autres recommandations de conception.

### **V-3- Les axes de recherche**

Le sujet d'amélioration du confort thermique et le problème d'humidité est très vaste et nécessite plein d'autres recherches afin d'apporter des réponses à des questions actuellement sans réponses. Il s'agit de proposer des axes de recherches futures :

Notre cas d'étude concerne un climat tempéré humide de type méditerranéen. En passant vers d'autres climats, les résultats vont surement être différents. Ce changement va aboutir à d'autres recommandations. L'investigation en simulation thermique de ce mémoire a pris en considération quelques variétés. Le changement des variables va aboutir à des résultats différents. Donc d'autres sujets de recherche vont apparaître.

L'influence des gains internes sur le confort thermique en précisant le rôle des occupants et en intégrant un confort adaptatif dans l'amélioration des ambiances intérieures .

L'effet de choix du type des matériaux de construction et des isolants thermiques sur l'évaluation du confort thermique et l'humidité. L'intégration d'un ou plus des énergies renouvelable avec un système de ventilation peut influencer l'état du confort thermique.

# **BIBLIOGRAPHIE**

## **Livres**

**Alexandroff, G. et J. M.** « Architectures et climats ; Soleil et énergies naturelles dans l'habitat », édition Berger-Levrault, Paris. 1982.

**Jean Luis izard, Alain Guyot** « Archi bio. » copyright parenthèses édition 1979 .

**Belakhowsky.S,** Chauffage & Climatisation, Technique & Vulgarisation, Paris, 1980

**Bernstein, D. Chamietier, J. P. et Vidal, T.** « Anatomie de l'enveloppe des bâtiments, constructions et enveloppes lourdes », Edition le moniteur, Paris. 1997.

**Buland, F.** « Concevoir une maison bioclimatique », édition Source d'or, Clermont-Ferrand. 2010.

**Chelghoum, Z.** « Notion de confort et données de base pour un habitat intégré au climat », imprimerie université Mentouri Constantine. 2006 - 2007.

**Cabirol, T. et Roux, D.** « Chauffage de l'habitat et énergie solaire ; 2. Chauffage solaire de l'habitat », édition Edisud. Aix-en-Provence. 1984.

**CNERIB,** document technique règlementaire (DTR C3-2), « Règlementation thermique des bâtiments d'habitation ; règle de calcul des déperditions calorifiques », Alger. 1998.

**CNERIB,** document technique règlementaire (DTR C3-4), « Règle de calcul des apports calorifiques des bâtiments », fascicule 2, Alger. 2005.

**Courgey, S. et Oliva, J-P.** « La conception bioclimatique des maisons confortables et économes », Edition Terre vivante, Paris. 2006 - 2007.

**CRAU (Centre de recherche en architecture et en urbanisme el Harrache)** en collaboration avec **l'université des nations unis UNU,** « Village solaire intégré », édition OPU, Alger. 1983.

**De Haut, P.** « Chauffage, isolation, et ventilation écologique », édition Eyrolle, Paris. 2011.

**Dumitriu – Valger, E.** «Isolation thermique des constructions en Algérie», Entreprise national du livre (ENAL), Alger. 1986.

**Dutreix, A.** « Bioclimatisme et performances énergétiques des bâtiments », Edition Eyrolles environnement, Paris. 2010.

**Bruno Peuportier** « Eco-conception des batiments, batir en réservant l'environnement » préface de Françoise Hélène Jourda, Paris 2003.

**Fernandez, P. et Lavigne, P.** « Concevoir des bâtiments bioclimatiques, Fondement et méthodes », Edition le moniteur, Paris. 2009.

**Gallauziaux, T. et Fedullo D.** « Le grand livre d'isolation », Edition Eyrolles, Paris. 2010.

**Garnier, A.** « Le bâtiment à énergie positive ; comment maîtriser l'énergie dans l'habitat », édition Eyrolle, Paris.

**Givoni, B.** « L'homme, l'architecture et le climat », Edition le moniteur, Paris. 1978.

**Gonzalo, R. et al** « Architecture et efficacité énergétique ; principes de conception et de construction », Edition Boston, Berlin. 2006.

**Guerriat, A.** « Maison passives ; principes et réalisations », édition L'inédite, Paris. 2008.

**Guindani, S. et Doepper, U.** « Architecture vernaculaire ; territoire, habitat et actives productives », Editions Presses polytechniques et universitaires Romandes, Lausanne. 1990.

**Hegger, M. Tomas, S. Fuchs, M. et Zeumer, M.** « Construction et énergie », Editions Presses polytechniques et universitaires Romandes, Lausanne. 2011.

**Herzog, B.** « Le puits canadien », Edition Eyrolles environnement, Paris. 2010.

**Izard, J. L.** « Architecture d'été ; construire pour le confort d'été », édition Edisud. Aix-en-Provence 2008.

**Le Goaring, P.** « L'isolation bio de la maison ancienne, chantiers et pratiques C », Edition Eyrolles, Paris. 2009.

**Liébard, A. et De Herde, A.** « Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique ; concevoir, édifier et aménager avec le développement durable », Edition le moniteur, Paris. 2005.

**Mazria, E.** « Le guide de la maison solaire », Edition Parenthèse, France. 2005.

**Molle, D. et Patry, P.** « Rt 2012 et Rt existant, réglementation thermique et efficacité énergétique », Edition Eyrolles environnement, Paris. 2011.

**Oliva, J-P.** « L'isolation écologique, conception, matériaux et mise en oeuvre », Edition Terre vivante, Paris. 2007.

**Roulet, A. C.** « Eco-confort pour une maison saine et à basse consommation d'énergie », presses polytechniques et universitaires romandes, Suisse, 2004.

**Roulet, A. C.** « Santé et qualité de l'environnement intérieur dans les bâtiments ». Presses polytechniques et universitaires romandes. Suisse .2004.

**Watson, D. et Camous, R.** « L'habitat bioclimatique de la conception à la construction », édition l'Etincelle. 1983.

### **Thèses et mémoires :**

**Barroso-Krause, C.** « La climatisation naturelle, modélisation des objets architecturaux, aide à la conception en climat tropical », thèse du doctorat, l'école des mines, Paris. 1995.

**Bellara, S.** « Impact de l'orientation sur le confort thermique intérieur dans l'habitation collective ; cas de la nouvelle ville Ali Mendjeli Constantine. », mémoire du magister, université Mentouri, Constantine. 2004- 2005.

**Benhalilou, K.** « Impact de la végétation grimpante sur le confort hygrothermique estival du bâtiment ; cas du climat semi-aride », mémoire du magister, université Mentouri, Constantine. 2008.

**Benhouhou, M.** « L'impact des matériaux sur le confort thermique dans les zones semi-arides ; cas d'étude, la ville de Djelfa », mémoire du magister, l'EPAU, Alger. 2012.

**Benlatreche T.** « Effets thermo-radiatifs et caractérisation microclimatique des cours intérieures dans les édifices publics », mémoire du magister, université Mentouri, Constantine. 2006.

**Bessalchi, S.** « Evaluation de la consommation énergétique et du confort dans les salles des classes préparatoires à l'EPAU », mémoire du master, l'EPAU, Alger. 2013.

**Bouamama, W.** « Au sujet de la politique d'efficacité énergétique en Algérie : Approche systémique pour un développement durable ; cas de programme Eco-Bat », mémoire du magister, département de génie civil, université d'Abou Bakr Belkaid Telemcen. 2013.

**Chabane, L.** « Contribution méthodologique à la définition d'une procédure d'Audit énergétique dans l'habitat en Algérie », mémoire du magister, l'EPAU, Alger. 2010.

**Chafi, F. Z.** « développement d'un modèle zonale pour la simulation thermo-aérolique des bâtiments multizones, Ecole des technologies supérieure, Université du Québec. 2010.

**Gallissot**, « Modéliser le concept du confort dans l'habitat intelligent », l'université de grenoble, France. 2012.

**Gacem, M.** « Comparaison entre l'isolation thermique extérieure et intérieure d'une pièce d'un habitat situé dans le site de Ghardaia », mémoire de magister, Université Abou-Bakr Belkaid, Tlemcen. 2010-2011.

**Hamouda, A.** « étude de la performance thermique et la consommation énergétique d'un bâtiment préfabriqué à Biskra », mémoire du magister, université du Biskra. 1996.

**Harraoubia, I.** « La qualité du logement social en Algérie, regard sur les ouvrages du gros oeuvres », mémoire du master, école nationale supérieure d'architecture, Marseille. 2011.

**Khelifi, L.** « Contribution méthodologique à la conception bioclimatique en architecture », mémoire du magister, l'EPAU, Alger. 2006.

**Mazari, M.** « Etude et évaluation du confort thermique des bâtiments à caractère public, cas du département d'architecture de Tamda (Tizi-Ouzou) », Université Tizi-Ouzou. 2012.

**Medjelekh, D.** « Impact de l'inertie thermique sur le confort hygrothermique et la consommation énergétique du bâtiment ; cas de l'habitation de l'époque coloniale à Guelma », mémoire du magister, université Mentouri, Constantine. 2006.

**Moujalled, B.** « Modélisation dynamique du confort thermique », thèse du doctorat, l'institut des sciences appliquées de Lyon, France. 2007.

**Semahi, S.** « Contribution méthodologique à la conception des logements à haute performance énergétique (HPE) en Algérie ; développement d'un approche de conception dans les zones arides et semi-arides », mémoire du magister, l'EPAU, Alger. 2013.

**Thiers, S.** « Bilans énergétiques et environnementaux de bâtiment à énergie positive », thèse du doctorat, l'école des mines, Paris. 2008.

### **Articles publiés, cours et documents techniques**

**ADEME et Grenelle environnement**, « Objectif 2020 : bâtiment à énergie positive ». 2009.

**ANRH**, « les données météorologiques mensuelles et journalière de la ville de Blida », Soumaa, Blida.

**APRUE et MEM**, « Consommation énergétique finale de l'Algérie », APRUE, Alger, 2014.

**Avems**, « Guide de la ventilation naturelle et hybride, conception, dimensionnement, mise en oeuvre et maintenance » . 2010.

**Belakehal, A.** « confort et maîtrise des ambiances », département d'architecture de l'université de Biskra, 2012. Disponible sur [www.univ-biskra.dz](http://www.univ-biskra.dz) .

**Belmaaziz, M.** « Le confort thermique et stratégie thermiques des êtres humains », 2011-2012.

**Benoudjfer, et al** « Etude comparative relative à l'efficacité énergétique de deux appartements situés à Bechar, Algérie », revue des énergies renouvelables, volume 15, N° 1, Alger. 2012.

**Boucheneb Dj.** « Programme de l'efficacité énergétique en Algérie », 7ème salon international des énergies renouvelable, des énergies conventionnelles de l'efficacité énergétique, de l'électrotechnique, de l'automatisation et de l'éclairage, Alger. 2013.

**Bouzeriba, M.** « Economie d'énergie des programmes arrivées à maturité », la lettre des APRUE N°14/ Avril 2009, Bulletin des énergies renouvelables semestriel N° 15 – 16, Alger. 2009.

- Cantin R. et al**, « Complexité du confort thermique dans les bâtiments », 6<sup>ème</sup> congrès Européen de science des systèmes Paris. 2005
- Charbonneau, J-Y.** « Confort thermique à l'intérieur d'un établissement », CSST. 2004.
- Chenak, A.** « Efficacité énergétique dans le bâtiment ; projet pilote Med-Enec », revue des énergies renouvelables, Bulletin semestriel N° 15 – 16, Alger. 2009.
- Dali, K.** « Mécanisme de financement de la maîtrise de l'énergie en Algérie », Tunis. 2012.
- Derradji, L. et al** « Etude de l'efficacité énergétique d'une maison économique en Algérie », 2<sup>ème</sup> congrès de l'association marocaine de thermique, Casablanca. 2012.
- Derradji, L. et al** « Etude expérimentale du comportement thermique d'une maison prototype en Algérie », congrès français de thermique, Bordeaux. 2012.
- Derradji, L. et al** « Etude expérimentale du comportement thermique d'une maison rurale à faible consommation d'énergie », 15<sup>ème</sup> journées internationales de thermique, Tlemcen. 2011.
- Deval, J-C.** « Le confort thermique en climat tempéré », revue phys. Appl N° 19, laboratoire d'Eco thermique solaire CNRS, France. 1984.
- Djeradi, M. A.** « Architecture ksourienne (Algérie) entre signe et signifiant », l'architecture vernaculaire Tome 36-37. 2012.
- Fragos, M. et Trouillez** « Le guide de l'isolation ; Mieux comprendre pour bien choisir », Edition Comprendre choisir.com, Paris. 2012. Téléchargeable du site [www.comprendrechoisir.com](http://www.comprendrechoisir.com) consulté le 13. 05. 2014
- Hamel, K.** « Confort thermique », cours en ligne, département d'architecture de l'université de Biskra. 2012. Consulté du site [www.univ-biskra.dz](http://www.univ-biskra.dz) en juin 2014.
- Heintz, J.** « Les puits canadiens / provençaux », Veilleur banne cedex, France. 2008 du site [www.cetiat.fr](http://www.cetiat.fr) .
- Insaad, K.** « renforcement des capacités dans le domaine de l'efficacité énergétique du bâtiment », N° 21, Alger. 2011.
- Journal Officiel de République Algérienne démocratique et populaire du 28 juillet 1999, « Loi n°99-09 relative à la maîtrise de l'énergie ».
- Journal Officiel de République Algérienne démocratique et populaire du 30 Avril 2000, « Décret exécutif n°2000-90 du 24 Avril 2000 portant règlementation thermique dans les bâtiments neufs ».
- Maouj, Y.** « La recherche & le développement dans le domaine de l'efficacité énergétique ; état des lieux et perspectives dans le bâtiment en Algérie », CNERIB.
- Mazouz, S.** « Confort thermique », 1<sup>ère</sup> année poste-graduation cour, département d'architecture de l'université de Biskra.
- Mazouz, S.** « Confort thermique et construction en climat chaud », Laboratoire de conception et de modélisation des formes architecturales et urbaines (LACOMFA), département d'architecture de l'université de Biskra. 2012.
- MEM et APRUE**, « Recueil de textes législatifs et réglementaires sur la maîtrise de l'énergie », 2010.
- MEM**, « Bilan énergétique national de l'année 2013 », téléchargé du site [www.mem.org.dz](http://www.mem.org.dz) 2014 consulté le 3. 3. 2015.
- Meritet, S.** « l'état énergétique du monde », Pour la science, dossier n° 69. 2010.

**Ministère de l'énergie et des mines (MEM)**, « Programme des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique ». 2011.

**Mulé, M.** « Ventilation naturelle dans l'habitat », l'école nationale supérieure d'architecture de Lyon. 2011.

**OPGI Blida**, « Avant projet 80/ 600 logements à haute performance énergétique à Ain Romana, Blida », par cabinet d'architecture DAR, Rekia Zouhir.

**Potin, A. et al**, « Le chauffage solaire passif comme stratégie bioclimatique », GRAP, Ecole d'architecture, Université Laval, Esquisse, Le bulletin d'information de l'ordre des architectes du Québec, volume 15, numéro 1, 2004.

**Raoust, M. et al**, « Ventilation naturelle et ventilation mécanique dans les bâtiments à hautes qualités environnementales », guide ICEB- ARENE, Institut pour la conception environnementale du bâti.

**Revue des Energies Renouvelables Vol. 11 N°2 (2008) 307 – 315** Architecture et confort thermique dans les zones arides Application au cas de la ville de Béchar A. Mokhtari, K. Brahimi et R. Benziada

**Semmar, D. et al**, « Simulation d'un plancher chauffant solaire d'un habitat », 16ème journées internationales de thermiques, Marrakech. 2013.

**Teller, J.** « Notions de confort thermique », université de Liège, de site [www.lema.ulg.ac.be](http://www.lema.ulg.ac.be).

**Vitte, T. et al**, « Etude d'un bâtiment basse énergie ; développement et application du principe du rafraîchissement solaire », institut national des sciences appliquées de Lyon (INSA),

### **Sites Internet :**

**Latta J.K et Beach R.K**, *Diffusion de la vapeur et condensation*, <http://www.irc.com>, 2006.

[dpa-distribution.fr](http://dpa-distribution.fr)

[fr.wikipedia.org](http://fr.wikipedia.org)

[fr.solarpedia.net](http://fr.solarpedia.net)

**Grenelle environnement**, « les certifications et les labels énergétiques », [www.developpement-durable.gouv.fr](http://www.developpement-durable.gouv.fr).

[isolation.maison-materiaux.com/](http://isolation.maison-materiaux.com/)

[infos.trouver-un-logement-neuf.com](http://infos.trouver-un-logement-neuf.com)

Le Guay M. sur le site [edu.scol.education.fr](http://edu.scol.education.fr)

« 404 pages pour tout faire », guide des matériaux, disponible sur le site [www.toutfaire.com](http://www.toutfaire.com).2012.

[www.aprue.org.dz](http://www.aprue.org.dz) consulté le 23. 02. 2015.

[www.asso-iceb.org](http://www.asso-iceb.org)

[www.iso-exterieure.fr/](http://www.iso-exterieure.fr/)

[www.leblogdubatiment.com](http://www.leblogdubatiment.com)

[www.mcr06.com](http://www.mcr06.com)

[www.protection-securite-alarme.com/](http://www.protection-securite-alarme.com/)

[www.symbiose-nature-bois.fr/](http://www.symbiose-nature-bois.fr/)

# **ANNEXE**

VUE D'ENSEMBLE

