



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur

et de la Recherche Scientifique



Université Larbi Tébessi - Tébessa

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département d'Architecture

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de  
master en Architecture

**Option : Architecture et environnement**

**SUR LE THEME :**

**Le capteur a air comme un régulateur thermique dans un bâtiment à  
usage d'habitation**

**Cas d'étude Tébessa (haut plateau)**

Elaboré par :

Grid Ibtissem

Hati Khaoula

Encadre par :

Mr: Ahriz Atef

Année universitaire 2015/2016

**Dédicace :**

*\*Je dédie ce modeste travail,*

*A mes chers parents papa **Tayeb** qui a toujours été mon guide et mon repère et mama **Hourya** pour son amour et ses prière, et qui ont tout fait pour que je réussisse dans ma vie, que dieu me les protège.*

*A mes adoré, mon marié **Haroun**, et un très grand merci aux membres de ma famille pour leur soutien, Leur aide et surtout leur compréhension, sans oublier ma sœur **Ikhlas**.*

**.....GRID IBTISSEM**

*\*\*J'ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail à:*

*Mes chers, parents Messaoud et **Kaltoum** Qui mon toujours soutenu dans mes études.*

*Tous mes frères chacun avec son nom, mon fiancé Hafed*

*Tous mes enseignants chacun avec son nom,*

*Tous les membres de ma famille sans exception chacun avec son nom*

*Tous mes collègues chacun avec son nom et surtout mes amies Ikhlass et Nachoua ,*

*Chaque personne qui m'a aidé*

**.....HATI KHAOULA**

### **Remerciements :**

*Nous remercions dieu tout puissant pour son aide et pour nous avoir donné le courage et la volonté afin d'élaborer ce modeste travail.*

*Nous remercions Monsieur «Ahriz.Atef » d'avoir accepté de nous encadrer, de Monsieur « Fezzai.Soufiane » pour leurs conseils éclairés.*

*et tous les enseignants et les employeurs de département d'architecture de Tébessa.*

*A toutes nos familles et à tous nos amis qui nous ont soutenus tout au long des années de l'étude*

*A tout ce qui ont collaboré et participer de près ou de loin sincèrement à la réalisation.*

*Nous tenons à remercier également les membres de jury qui nous ont fait l'honneur d'assister, de juger et d'évaluer notre travail.*

# Abréviation

---

## Abréviation

- **BP** (British Petroleum) : est une compagnie anglaise de recherche, d'extraction, de raffinage et de vente de pétrole fondée en 1909.
- **AO** (Abonnée Ordinaire).
- **FSM** (Facture Sur Mémoire).
- **MT** (Moyen Tension).
- **ISO** : International Organization for Standardization (L'Organisation internationale de normalisation) est un organisme de normalisation international composé de représentants d'organisations nationales de normalisation de 165 pays. Cette organisation créée en 1947 a pour but de produire des normes internationales dans les domaines industriels et commerciaux appelées normes ISO. Elles sont utiles aux organisations industrielles et économiques de tout type, aux gouvernements, aux instances de réglementation, aux dirigeants de l'économie, aux professionnels de l'évaluation de la conformité, aux fournisseurs et acheteurs de produits et de services, dans les secteurs tant public que privé et, en fin de compte, elles servent les intérêts du public en général lorsque celui-ci agit en qualité de consommateur et utilisateur.
- **PMV** (Predicted Mean Vote), (Vote Moyen Prévisible).
- **PPD** (Percentage of Persons Dissatisfied), (Pourcentage Prévisible D'insatisfaits).
- **RGPT** (la réglementation générale française pour la protection du travail).
- **ASHRAE** (American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers).
- **C.N.R.S** (Le Centre national de la recherche scientifique) plus connu sous le sigle (CNRS), est le plus grand organisme public français de recherche scientifique. Juridiquement, c'est un établissement public à caractère scientifique et technologique (EPST) placé sous la tutelle administrative du ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.
- **CIBSE** The Chartered Institution of Building Services Engineers
- L'architecte **André Ravéreau** : Né en 1919, cumule aujourd'hui une œuvre construite et écrite qui est un manifeste en faveur d'une architecture « cohérente » et « située ». Il s'est beaucoup consacré à l'étude des architectures et cultures méditerranéennes, toujours dans le souci de comparer la pertinence du geste « savant » à celle du savoir-faire « vernaculaire ».



## Abréviation

---

- **L'ADEME** (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie) est un établissement public à caractère industriel et commercial, fondé en 1991 et placé sous la tutelle des ministères de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie et de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche. Sa mission : aider à mettre en œuvre les politiques publiques environnementales et énergétiques.



---

## SOMMAIRE :

### INTRODUCTION

1-Introduction Générale .....	I
2-Problématique.....	II

### Partie 1 : Partie théorique

#### Chapitre 01 : Facteur air Et Confort thermique

1-Introduction.....	1
2-La notion de confort thermique	
2-1 Définitions Générale.....	2
2-2 Définitions des spécialistes.....	2
2-3 les éléments concernés par le confort thermique.....	3
3-Les paramètres du confort thermique	
3-1 Paramètres liés à l'environnement.....	4
3-2 Paramètres liés à l'individu.....	5
3-3 Autres paramètres.....	6
4- les Méthodes d'évaluations du confort thermique	
4-1 : Les indices PMV et PPD .....	6
4-1-1 : Le PMV (Vote Moyen Prévisible) .....	7
4-1-2 : Le PPD (Pourcentage Prévisible D'insatisfaits) .....	7
4-2: Le diagramme psychrométrique.....	8
5- Les échanges thermiques entre l'individu et l'espace.....	10

---

6- Facteur air	
6-1 Notion de base du facteur air	
6-1-1 Définition de l'air .....	12
6-1-2 convections .....	12
6-1-3 Définition du facteur air .....	12
6-2 les paramètres du facteur air	
6-2-1 La température de l'air ambiant .....	12
6-2-2 La vitesse de l'air.....	14
6-2-3 L'humidité relative de l'air .....	14
6-3 les interactions des paramètres sur le confort thermique:	
6-3-1 – Variable humidité .....	14
6-3-2 – Variable température .....	15
6-3-3 Variable vitesse de l'air .....	16
7- Conclusion .....	18

## Chapitre 02 : La maîtrise Du Facteur air

1- Introduction général .....	21
2- Le facteur air comme refroidisseur.....	21
2-1 el malgaf.....	21
2-2 Patio.....	22
2-3 Meshrabya.....	23
3- Le facteur air comme élément du chauffage.....	24
3-1 le mur capteur ou mur trombe.....	24
3-2 Capteur solaire à air.....	24
3-3 Les doubles peaux.....	25
4-Capteur a air (MALGAF) .....	26
4-1 : introduction .....	27

---

4-2 Notion de la base d'Antenne al malgaf .....	28
4-2-1 Définition .....	28
4-2-2 Les avantages d'Antenne al malgaf .....	29
4-2-3 Utilisations de Malagaf anciennes et modernes.....	29
4-2-4 Quelque exemple d'Antenne al malgaf.....	30
4-3 les types d'Antenne al malgaf .....	31
4-3-1 Classification par le nombre d'ouvertures.....	31
4-3-2 Classification selon la forme.....	33
4-4 techniques d'Antenne al malgaf .....	34
4-5 Al malgaf et le confort thermique .....	35
5- Capteur a air (Mur trombe) .....	37
5-1 : introduction .....	38
5-2 Notion de base du Mur Trombe.....	38
5-2-1 Définition .....	38
5-2-2 Principe du mur capteur .....	39
5-2-3 Principe du mur Trombe .....	39
5-2-4 Comparaison .....	40
5-2-5 Les paramètres qui varient les performances énergétiques d'un mur capteur.....	41
5-3 Les types d'un mur capteur .....	41
5-4 techniques de mur capteur .....	41
5-5 Mur capteur (mur trombe) et le confort thermique.....	42
6- Conclusion.....	44
Chapitre 03 : Recherche Antérieure et méthodes du travail	
1- Introduction.....	46
2- Les recherches antérieures.....	46
3- Présentation d'Ecotect	

---

3-1 logiciel utilise pour la simulation numérique Autodesk Ecotect 2011x86 .....	52
3-2 Captures d'écran.....	53
3-3les avantages.....	54
3-4 Les faiblesses.....	54
4- Conclusion.....	54

## Partie II : Partie Pratique

### Chapitre 04 : Présentation Du Cas d'étude

1-Introduction .....	56
2- Situation et caractéristiques de la wilaya de Tébessa.....	56
2-1- La situation Géographique .....	56
2-2- Etude générale de climat.....	57
2-2-1 Les données climatiques.....	57
2-2-2 La rose des vents .....	58
3-Conclusion: .....	58
4- l'échantillon du Cas d'étude .....	59
4-1 : plan de situation.....	59
4-2 : Les plans.....	60
4-3 : La coupe A-A : .....	60
4-4 : Façade Principale .....	61
4-5 : 3D.....	61

### Chapitre 05 : l'application

1. Introduction.....	63
2. Création de model .....	64
3. Les résultats.....	70
4. Conclusion .....	74
Conclusion Général.....	75

---

Bibliographie.....	76
--------------------	----

Liste des tableaux

Liste des figures

List des photos

# ***INTRODUCTION***



### **1-Introduction Générale :**

«Il est possible de construire des bâtiments économes en énergie en conservant le même degré de confort. Pour cela, des solutions simples et éprouvées peuvent, avec un peu d'innovation, être remises au goût de jour ». <sup>[1]</sup>

La consommation d'énergie dans les bâtiments a augmenté ces dernières années avec le Développement de l'économie mondiale et représente 30% de l'énergie totale utilisée. Aujourd'hui, le secteur du bâtiment est responsable du quart des émissions de gaz à effet de serre Peu à peu, la contribution des énergies renouvelables devient indispensable pour atteindre les objectifs de réduction fixés par les différentes autorités.

Durant la dernière décennie, l'augmentation du niveau de vie, le renforcement de l'isolation des bâtiments (Réglementation Thermique), une demande de confort accrue et l'augmentation des températures estivales ont conduit à un fort développement de la climatisation, L'Institut International du Froid à Paris a estimé qu'environ 15% de toute l'électricité produite dans le monde est employée pour la réfrigération et la climatisation. La consommation d'énergie pour les systèmes de climatisation a récemment été estimée à 45% de l'ensemble de l'énergie consommée par les bâtiments résidentiels et tertiaires, Ce développement de la climatisation est responsable d'un pic important de Consommation électrique en été, le système de production et de transport d'électricité se rapprochant parfois de ses limites de capacité 5 Associés aux éventuelles fuites de fluides frigorigènes, ces pics de production électrique induisent une augmentation des émissions de gaz à effet de serre, accentuant le cercle vicieux du changement climatique .

Donc dans notre recherche, nous allons essayer de trouver des solutions afin de Minimiser la consommation d'énergie et assurons un certaine seuil de confort thermique en utilisant l'air comme un facteur principale.

### **2-Problématique :**

Depuis longtemps L'homme cherche à essayer de tirer parti du climat pour assurer le confort et minimiser la consommation d'énergie dans son habitation. Dans l'architecture vernaculaire on utilisant des techniques basé sur les énergies naturelles comme soleil, l'air, la végétation...etc. qui permettent aux bâtiments de répondre aux conditions climatiques.

La consommation de l'énergie est trouvable depuis longtemps ou l'homme a consommé une énergie d'origine naturelle : (l'énergie du soleil, du vent, de la pluie, de la végétation et l'énergie animale,...) jusqu'à la révolution industrielle. C'est durant cette période, marquée par des développements industriels plus énergivores notamment dans le domaine de la production de l'énergie fossile par leur disponibilité et leur bas prix. Mais l'exploitation excessive de ce type d'énergie cause des problèmes qui sont manifestes aujourd'hui comme le danger de pollution qui apparait par l'émission du gaz carbonique dans l'atmosphère produisant le phénomène de l'effet de serre causant le réchauffement climatique ainsi que les déchets nucléaire. Toutes ses conséquences écologiques posent le problème de changement climatique qui est un impact négatif sur la santé de l'homme et l'environnement.

Enfin, l'homme jusqu'à ce jour cherche à augmenter les conditions de vie saine et confortable. Nos climats n'offrent pas de conditions suffisantes pour assurer le confort thermique toute l'année. Donc, il est nécessaire pour l'homme de corriger ses données par le chauffage ou la climatisation des bâtiments.

On trouve par exemple : Aujourd'hui, nous utilisons majoritairement les sources d'énergie non renouvelable, elles fournissent presque 91% de l'énergie primaire utilisée dans le monde, les énergies renouvelables ne constituent que quelques % de nos consommations

(cf. Figure 01, Figure 02).

## Introduction

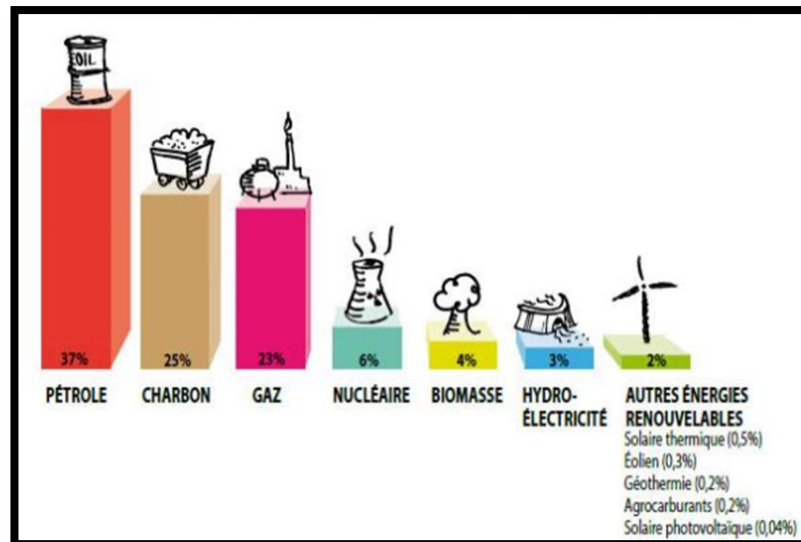


Figure 1 : Sources d'énergie utilisées dans le monde  
Source : (BP (british Petroleum- statistical review of world energy-june 2006).

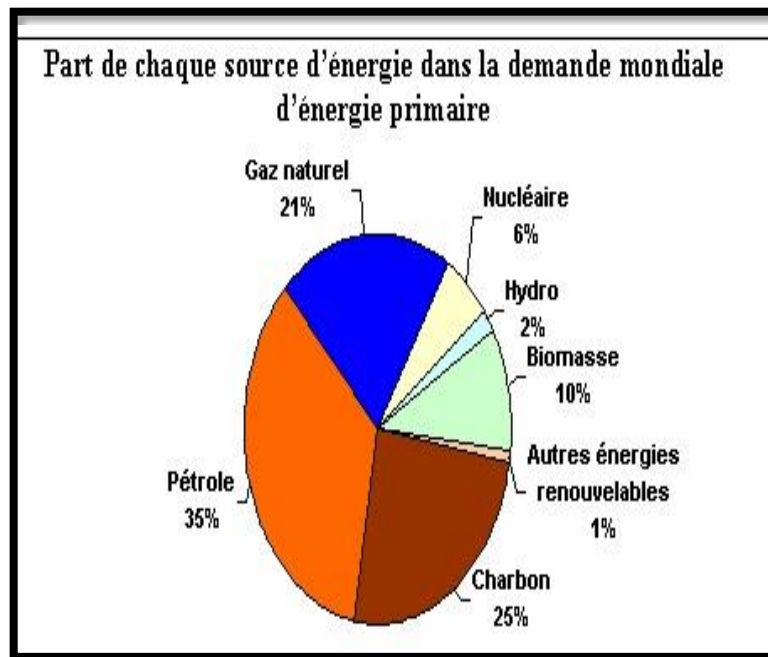
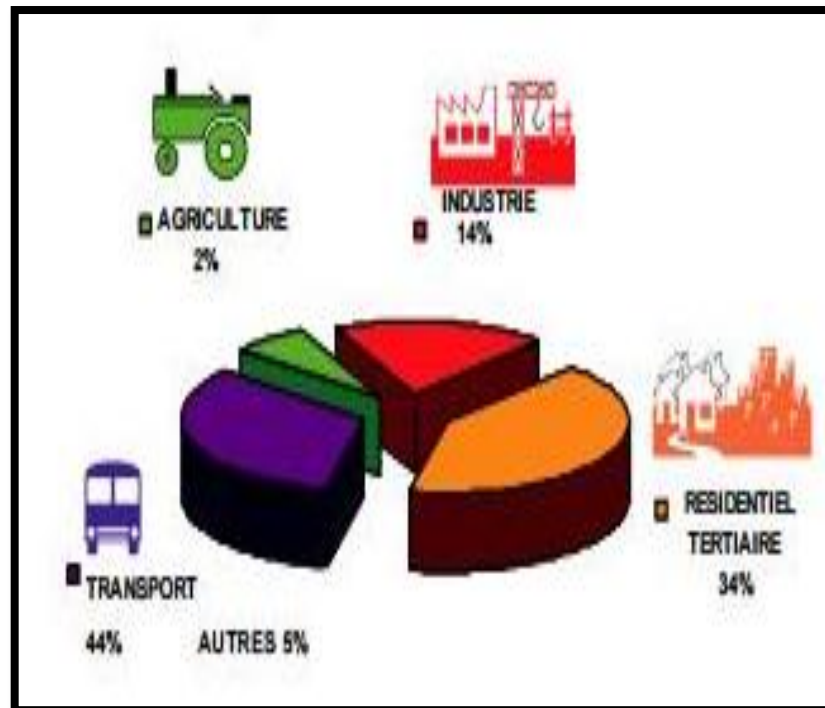


Figure 2: Part de chaque source d'énergie dans la demande mondiale  
Source : Mondiale D'énergie primaire (Source AIE: 2012).

On trouve aussi une grande quantité de consommation d'énergie en Algérie va vers le transport 44% et l'usage domestique 34% Par contre l'agriculture 2% et l'industrie 14% (cf. Figure 03).



**Figure 3: Répartition de la consommation finale par secteur D'activité en Algérie:**

Source : (Ouvrage: consommation d'énergétique Finale de l'Algérie (chiffres clés Année 2012) Ministère de L'énergie et des mines).

On trouve aussi d'après SONEGAS de Tébessa :<sup>[2]</sup>

1\* La consommation d'énergie au niveau d'abonné ordinaire, dans l'année 2004 représente 276315925 KWH, malgré la baisse en 2005 à 160249816KWH, mais il revenue dans la hausse continue pour atteindre a 407661890KWH dans l'année 2015 (cf. : figure 04), Il Ya aussi une fluctuation de la consommation d'énergie par rapport à FSM (les équipement) entre 2004-2011 pour atteindre son apogée en 2015, qui est estimé à 46414228KWH (cf. figure 05), aussi La consommation d'énergie par rapport à la Moyen Tension en constante augmentation de 2004 (107234534 KWH) à 2011(1448241602 KWH), Mais ils ont vu une stagnation depuis 4 ans 2011-2015 Pour atteindre en 2015 (150667836KWH) (cf. figure 06). donc En résulte qu'il Ya une augmentation de consommation d'énergie entre 2004-2015 et surtout au niveau de l'usage domestique (abonné ordinaire) (Cf. formule01) , et tout ça pour créer un milieu ou une ambiance thermique confortable soit ont été ou on hiver.

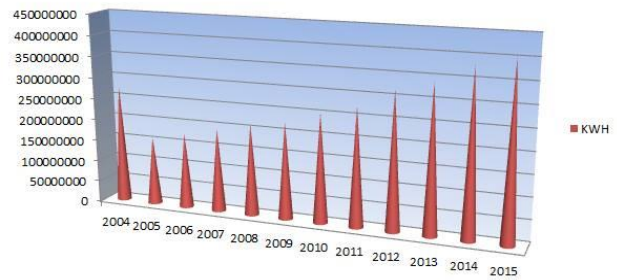
## Introduction

AO 2015 (407661890KWH) > MT 2015 (150667836KWH) > FSM 2015 (46414228KWH)

**Formule 01 : la comparaison de la consommation d'énergie entre (AO, FSM, MT) 2015**  
Source : Auteur 06/05/2016

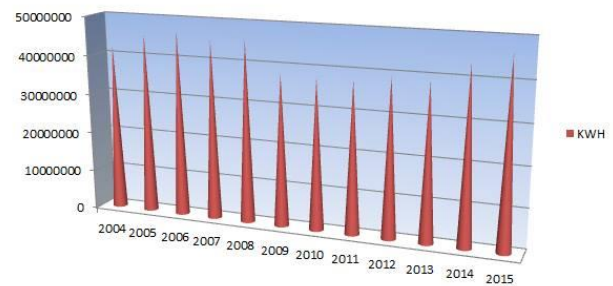
**Figure 04 : Diagramme de la consommation d'énergie d'AO**  
(Source : SONELGAZ -Tébessa 2016-)

**Diagramme de la Consommation d'énergie de AO**



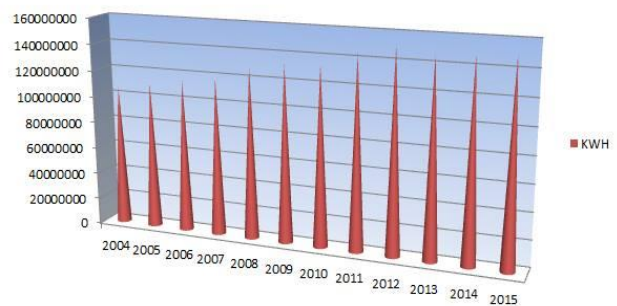
**Figure 05 : Diagramme de la consommation d'énergie de FSM**  
(Source : SONELGAZ -Tébessa 2016-)

**Diagramme De La Consommation D'énergie De FSM**



**Figure 06 : Diagramme de la consommation d'énergie de MT**  
(Source : SONELGAZ -Tébessa 2016-)

**Diagramme De La Consommation D'énergie De MT**



## *Introduction*

---

2\* La wilaya de Tébessa est divisée en deux secteurs selon SONELGAZ (Béb Ziatine, Djorf). Le secteur Djoref consomme plus d'énergie (Gaz 633209805 Tn, électricité 108289753KWh), par contre le secteur Béb ziatine consomme moins d'énergie (Gaz 587558112 Tn, électricité 97118853 KWH). (cf : tableau 01.02)

**Tableau n° 01: La consommation de gaz a Tébessa en 2014**

Source : SONELGAZ tebessa 2014

Secteurs	Sec: Béb ziatine	Sec: Djoref
Energie (Tn)	587 558 112	633 209 805

**Tableau n°02: La consommation d'électricité a Tébessa en 2014**

Source : SONELGAZ Tébessa 2014

Secteurs	Sec: Béb ziatine	Sec: Djoref
Energie (kWh)	97 118 853	108 289 753

Dans le même axe on trouve aussi qu'il existe plusieurs architectures qui assurent un certain seuil de confort Thermique avec moins de consommation énergétique, on utilisant plusieurs techniques et solutions conceptuels tels que:

- \* L'utilisation de l'air
- \* L'utilisation de soleil. . . . Etc.

Nous trouvons aussi que l'utilisation de l'air dans l'habitat a été plus largement utilisé parce que L'air comme agent de transport de calories a un grand avantage par son abondance et sa gratuité, est par l'absence des problèmes de gel et de corrosion ce qui donne au capteur une grande durée de vie est moins de travaux d'entretien.

Après notre étude sur l'importance de la ventilation naturel dans l'habitat on a trouvé que L'air peut être refroidir et chauffé, et nous avons une consommation d'énergie plus élevés et le climat considérable dans notre wilaya climat continental. Les étés chauds et des hivers froids, et nous avons trouvé beaucoup des solutions à l'air pour refroidir et chauffer comme malgaf,

## *Introduction*

---

et le mur trombe qu'ils sont deux techniques qui n'ont pas été utilisées auparavant dans notre wilaya, Nous allons essayer de voir leur expérience et les résultats dans notre climat.

A travers cette recherche, nous allons essayer de répondre aux préoccupations suivantes :

- Comment peut-on minimiser la consommation d'énergie à travers l'exploitation de l'air comme un régulateur thermique ?
- Quelles sont les limites de l'air sur le refroidissement et le réchauffement du microclimat ?
- Quelles techniques d'exploitation de l'air on peut utiliser dans le climat semi-aride à Tébessa (haut plateau) ?

Pour répondre à la problématique posée, nous avons construit les hypothèses suivantes :

- les paramètres de l'air (vitesse, température, humidité) sont une trilogie pour assurer un certain seuil de confort (soit réchauffement, ou refroidissement)
- Capteur à air (malgaf): il sert à refroidir l'air dans le climat semi-aride
- Capteur à air (Mur Trombe): il sert à chauffer l'air dans le climat semi-aride

Afin de confirmer ou infirmer ces hypothèses, nous avons créé un objectif clair comme suit :

Minimiser la consommation d'énergie à travers l'utilisation d'un capteur à air qui améliore la qualité de l'air, on assure un certain seuil de confort thermique.

\* Le mémoire est réparti en quatre chapitres liés en chaîne selon l'objectif principal. Nous avons structuré notre travail selon les étapes suivantes

- Une introduction générale qui comprend l'objet de la recherche, la problématique, la question de départ, l'hypothèse, ainsi que la méthodologie d'approche.
- La partie première est une partie théorique, elle est constituée de 03 chapitres, la première chapitre présente une généralité sur le facteur air et le confort thermique, et la deuxième chapitre détaillée comment maîtriser le facteur d'air, et la troisième chapitre c'est des recherches antérieures et méthode du travail.
- La deuxième partie est une partie pratique elle est divisée en deux chapitres, la première chapitre présente le cas d'étude qui est la ville de Tébessa elle détaille le climat et définit l'échantillon du cas d'étude, et la deuxième chapitre comprend la simulation, l'utilisation d'un logiciel de simulation pour avoir le plus de paramètres et des données, le logiciel utilisé est l'ecotect, l'utilisation du logiciel permettra d'étendre la marge de la recherche et de compléter la première phase.

### ***Référence :***

- <sup>[1]</sup>. *S. Courgey, J. P. Oliva, la conception climatique, Edition. Terre vivante, Paris 2006.*  
*[Certu-juin 2007-page 1], Ministère de l'écologie, du développement et de l'aménagement Durables)*
- <sup>[2]</sup>. *SONELGAZ, La direction de distribution de l'électricité et du gaz de l'Est. [Tébessa].*



*Partie I :*

*Partie*

*Théorique*

***Chapitre 01 :***  
***Facteur air***  
***Et***  
***Confort thermique***

### **1-Introduction:**

La compréhension et l'évaluation du confort dans les espaces extérieurs sont nécessaires, car ce dernier représente un élément majeur dans le développement et la conception des villes. La notion de confort est la combinaison de facteurs physiologiques, psychologiques et psychosensoriels qui varient d'un individu à un autre et qui le conduisent à exprimer le bien être de son état. La zone de confort reste très personnelle puisqu'elle dépend des individus de leur accoutumance et de leur état physiologique, cependant l'influence de des facteurs âge, sexe et appartenance à un groupe ethnique sur la sensation de confort reste faible. <sup>[3]</sup>

Le confort thermique est abordé par sa propre définition et par celle des différents paramètres qui interviennent dans son évaluation à savoir les facteurs liés à l'individu et ceux liés à son environnement.

De nombreux auteurs ont défini et évoqué la question du confort thermique tel que les frères Olgyay, Givoni en Israël et Vogt et Miller Chagas. Bien que la notion de confort thermique présente incontestablement un aspect physique, elle relève aussi de la psychologie et de la sociologie (Cordier et al, 1989), il est en effet le trait d'union entre le monde physique et l'individu, parce que ses lois traduisent les sensations du biologique (le corps) par rapport au non biologique (l'ambiance thermique) (Depecker, 1985). Ce dernier est caractérisé par les paramètres climatiques suivants ; la température d'air, l'humidité de l'air, les précipitations, la pression atmosphérique, le vent, les rayonnements solaire, terrestre et atmosphérique, la pureté de l'air et la nébulosité. La combinaison de ces paramètres climatiques influe sur le confort thermique de l'individu et donc sur l'usage de l'espace.

### **2-La notion de confort thermique :**

#### **2-1 Définition Général :**

Le confort thermique est défini comme « un état de satisfaction du corps vis à vis de l'environnement thermique » il est déterminé par l'équilibre dynamique établi par échange Thermique entre le corps et son environnement. <sup>[4]</sup>

#### **2-2 Définition des spécialistes :**

\*La définition du confort thermique dans les bâtiments est importante non seulement pour la qualité des ambiances intérieures, mais aussi pour la quantité d'énergie à fournir par les équipements d'ambiance. Or l'énergie utilisée pour chauffer, ventiler ou climatiser les bâtiments représentent la majorité de l'énergie consommée par ce secteur, un secteur qui à lui seul, utilise 45 % de la consommation d'énergie finale en France, et est responsable du quart des émissions de CO<sub>2</sub>, principal gaz à effet de serre. <sup>[5]</sup>

Avec les préoccupations grandissantes du développement durable, le secteur du bâtiment doit répondre à deux exigences primordiales : maîtriser les impacts sur l'environnement extérieur, tout en assurant des ambiances intérieures saines et confortables. Ainsi, une vision globale du confort thermique qui tient compte de sa pluridisciplinarité est indispensable. En fait, physiologie, physique, psychologie et sociologie sont tous des domaines qui interviennent, dans une certaine mesure, lors de la définition du confort thermique.

Le confort thermique est souvent défini par la satisfaction exprimée quant à l'ambiance thermique [ISO 7730: 1994]. L'homme étant homéotherme<sup>1</sup>, il doit assurer en continu son équilibre thermique. Pour cela, il dispose d'un système de thermorégulation qui lui permet de régler les échanges de chaleur avec son environnement, en exerçant des réactions conscientes (adaptation comportementale) et inconscientes (vasomotricité, frisson et sudation). Avec un bilan thermique global nul, le corps humain assurera son équilibre thermique. La neutralité thermique résulte d'un équilibre thermique obtenu par peu (ou aucune) de réactions physiologiques. <sup>[6]</sup>

Toutefois, cette neutralité thermique ne correspond pas nécessairement au confort thermique. Au-delà des facteurs physiques et physiologiques qui régissent la sensation thermique, d'autres facteurs d'ordre psychosociologiques influencent le confort thermique. En effet, la satisfaction perçue, par un occupant dans une ambiance donnée, s'exprime en fonction de

l'accord entre les conditions thermiques actuelles dans le bâtiment (satisfaction obtenue) et celles qui correspondent aux attentes de l'occupant (satisfaction anticipée).<sup>[7]</sup>

### **2-3 : les éléments concernés par le confort thermique**

La notion de confort thermique, désigne l'ensemble des multiples interactions entre l'occupant et son environnement ou l'individu est considéré comme un élément du système thermique<sup>[8]</sup>. Pour le définir on lui associe plusieurs paramètres. Notamment<sup>[9]</sup> :

- Le paramètre physique : l'homme est représenté comme une machine thermique et on considère ses interactions avec l'environnement en termes d'échanges de chaleur.
- Le paramètre psychologique : il concerne les sensations de confort éprouvées par l'homme et la qualification des ambiances intérieures.

Une définition satisfaisante du confort thermique doit pouvoir intégrer tous ces paramètres. Mais de nombreuses définitions avancées jusqu'à maintenant ne caractérisent le problème que sous la lumière d'un seul de ces paramètres. Par exemple :

- Aspect physiologique : « les conditions pour lesquelles les mécanismes d'autorégulation du corps sont un niveau d'activité minimum »<sup>[10]</sup>
- Aspect sensoriel : « Etat d'esprit exprimant la satisfaction de son environnement l'individu ne peut pas dire s'il veut avoir plus froid ou plus chaud »<sup>[11]</sup>
- Aspect psychologique et sensoriel : « Sensation de bien-être physique et mental total »<sup>[12]</sup>

En conséquence, le caractère subjectif de la notion de confort thermique est mis en avant par l'ensemble de ces définitions. Selon Hoffmann, J. B<sup>[13]</sup>, la définition la plus classique du confort thermique n'est autre qu'une absence d'inconfort. Pour approfondir cette notion de confort thermique, nous évoquerons dans ce qui suit, les paramètres affectant le confort thermique, l'approche statique du confort à travers les phénomènes de thermorégulation (base physiologique) et d'échange thermiques (base physique) du corps humain avec son environnement extérieur. En dernier lieu. Nous traiterons l'approche adaptative de l'homme avec son environnement.

### 3-Les paramètres du confort thermique:

Le confort thermique dépend de 6 paramètres, il Ya des Paramètres liés à l'environnement (paramètres physiques d'ambiance) ; Paramètres liés à l'individu ; et Autres Paramètres.

#### 3-1 Paramètres liés à l'environnement:

- ✚ La température ambiante de l'air  $T_a$
- ✚ La température des parois  $T_p$

De façon simplifiée, on définit une température de confort ressentie (appelée aussi température résultante sèche) :  $T_{rs} = (T_a + T_p) / 2$  <sup>[14]</sup>

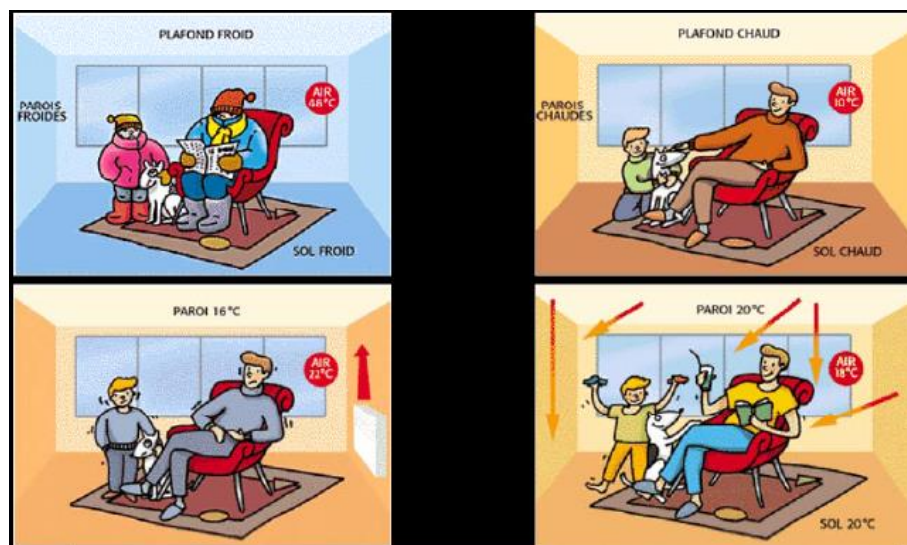


Figure 07 : Expérience réalisé au Massachusetts Institut of technologie.

(Source : [www.promodul.org](http://www.promodul.org))

- ✚ L'humidité relative de l'air (HR) est le rapport exprimé en pourcentage entre la quantité d'eau contenue dans l'air à la température  $T_a$  et la quantité maximale d'eau contenue à la même température.
- ✚ La vitesse de l'air influence les échanges de chaleur par convection. Dans l'habitat, les vitesses de l'air ne dépassent généralement pas 0.2 m/s. <sup>[15]</sup>

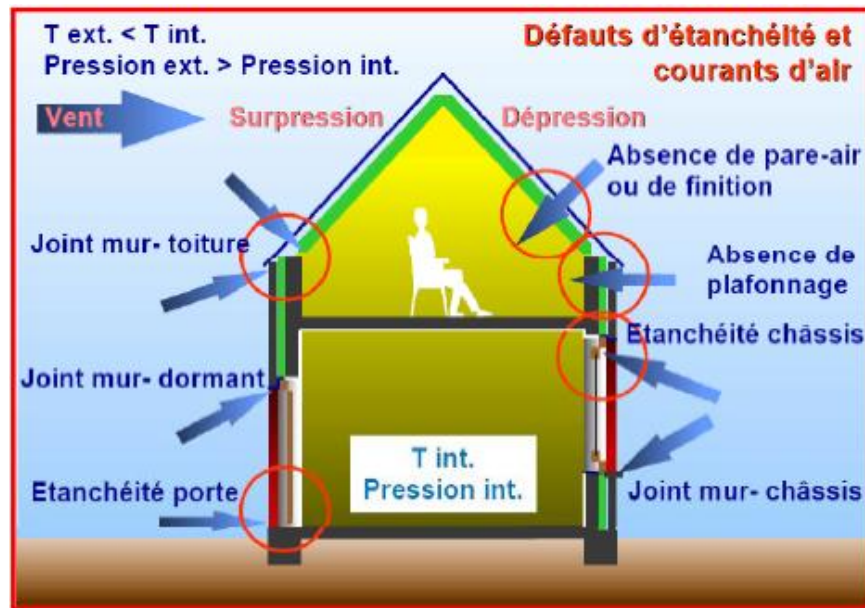


Figure 08 : Défaut d'étanchéité et courants d'air  
Source : (LIEBARD A. & DE HERDE A., 2005)

## 3-2 Paramètres liés à l'individu:

- ✚ Le métabolisme est la production de chaleur interne au corps humain permettant de maintenir celui-ci autour de  $36.7^{\circ}\text{C}$ . un métabolisme de travail correspondant à une activité particulière s'ajoute au métabolisme de base du corps au repos. <sup>[16]</sup>
- ✚ (cf. Figure 09).

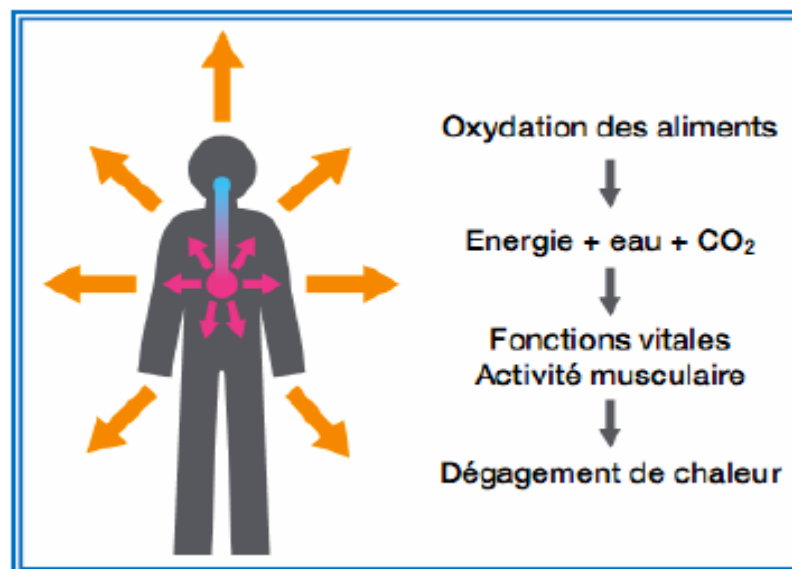


Figure 09 : Le métabolisme humain

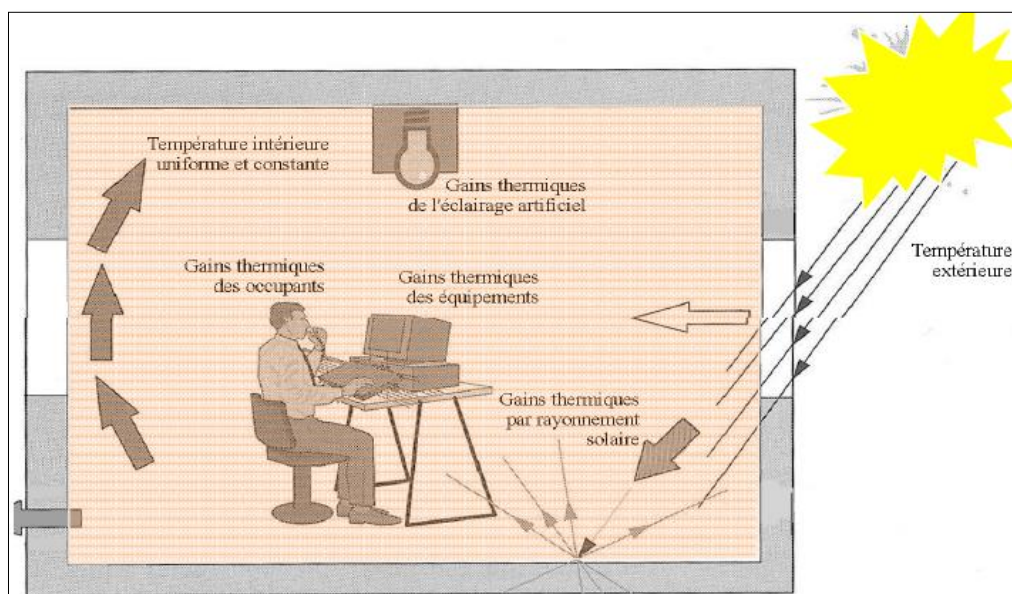
(Source : Mémoire de magister en architecture, M MAZARI Mohammed, Septembre 2012)

- ✚ L'habillement représente une résistance thermique aux échanges de chaleur entre la surface de la peau et l'environnement.

### 3-3 Autres Paramètres:

Les gains internes : Ces gains de chaleur dépendent du type de bâtiment, du nombre des utilisateurs et de son usage.

Ces apports sont variables selon le comportement des occupants, et qu'ils constituent un facteur d'aggravation de l'inconfort chaud. Seuls, une bonne ventilation et un comportement adéquat de l'occupant peuvent réduire ces apports. <sup>[17,18]</sup>



**Figure 10 : Gains thermique internes d'un espace**

(Source : Mémoire de magister en architecture, M MAZARI Mohammed, Septembre 2012)

### 1- les Méthodes d'évaluations du confort thermique :

#### 4-1 : Les indices PMV et PPD :

A partir d'études réalisées en laboratoire sous des conditions stables, c'est-à-dire sans que l'individu ne change ni de vêtements, ni d'activité physique, Fanger a développé les indicateurs de confort thermique ; le PMV (Predicted Mean Vore), (Vote Moyen Prévisible) et le PPD (Percentage of Pesons Dissatisfied), (Pourcentage Prévisible D'insatisfaits).

Le premier prédit la sensation thermique moyenne d'un large groupe d'individus et le second, le pourcentage d'occupants insatisfaits de l'environnement thermique.



## Chapitre 01 : Facteur air Et Confort thermique

### 4-1-1 : Le PMV (Vote Moyen Prévisible) :

Le PMV établi par Fanger permet de mesurer une sensation thermique globale du corps humain à partir du métabolisme et donne la moyenne des votes en référence à une échelle de sensation thermique. Les valeurs de l'indice PMV varient entre -3 et 3 comme l'indique le tableau n°03.

En constatant que les questionnaires utilisés pour évaluer le confort peuvent omettre certaines situations de confort. Fanger a avancé le postulat suivant : « Sont déclarées inconfortables toutes les personnes ayant des sensations supérieures à l'échelle 2 ou inférieures à l'échelle -2 ». Il a ensuite associé le PPD (Pourcentage Prévisible D'insatisfaits) qui exprime le pourcentage des sujets « insatisfaits » de manière générale.

**Tableau n°03 : Correspondances entre PMV et échelle des sensations thermiques**  
(Source : Mémoire de magister en architecture, M MAZARI Mohammed, Septembre 2012)

VALEURS DE L'INDICE PMV	+3	+2	+1	0	-1	-2	-3
SENSATION THERMIQUE	Chaud	Tiède	Légèrement tiède	Neutre	Légèrement Frais	Frais	Froid

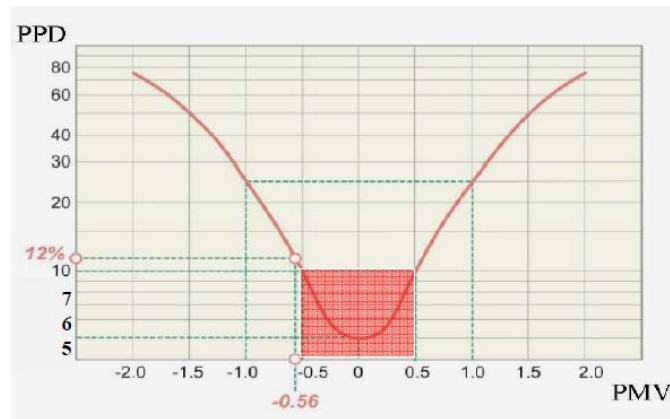
### 4-1-2 : Le PPD (Pourcentage Prévisible D'insatisfaits) :

A cause des différences physiologiques, il s'avère impossible de satisfaire tout le monde en réunissant des conditions 'idéales', et le PPD (Pourcentage prévisible d'insatisfait) exprime sous forme de pourcentage les sujets « insatisfaits », d'une ambiance thermique déterminée.

Par contre, il est possible de créer un environnement dans lequel le pourcentage de personne satisfaites est maximum, qui correspond aux conditions optimales de neutralité thermique du corps humain<sup>[19]</sup>. Il reste néanmoins, en moyenne, 5% d'insatisfaits lorsque le PMV est nul, comme le montre la figure 11 suivant :

La norme ISO 7730<sup>[20]</sup> stipule que pour se situer dans la zone de confort thermique, il faut que :

$$-0.5 < \text{PMV} < 0.5 \text{ soit } \text{PPD} < 10\%$$



**Figure 11 : Correspondances entre PMV et PPD**

(Source : Mémoire de magister en architecture MAZARI Mohammed, Septembre 2012)

### 4-2 : Le diagramme psychrométrique:

Le diagramme psychrométrique (cf. figure 12) est un outil complet car il tient compte des trois paramètres du confort thermique qui sont l'humidité, la température et la vitesse de l'air. Cependant, cet outil reste complexe à maîtriser compte tenu de l'interaction de ces différents paramètres régissant le confort. La figure 13 donne des éléments pour l'utilisation de ce diagramme en montrant, à travers ses différentes zones d'action, les solutions techniques pour amener l'ambiance intérieure des bâtiments dans la zone de confort sans courant d'air (définie en rouge) tout en évitant des systèmes de refroidissement de type climatisation ou pompe à chaleur. On retrouve alors des solutions de rafraîchissement évaporatif direct (ED) et indirect (EI), de sur ventilation nocturne associée à l'inertie (M) et de sur-ventilation diurne (V) pour maintenir le confort d'été. <sup>[21]</sup>

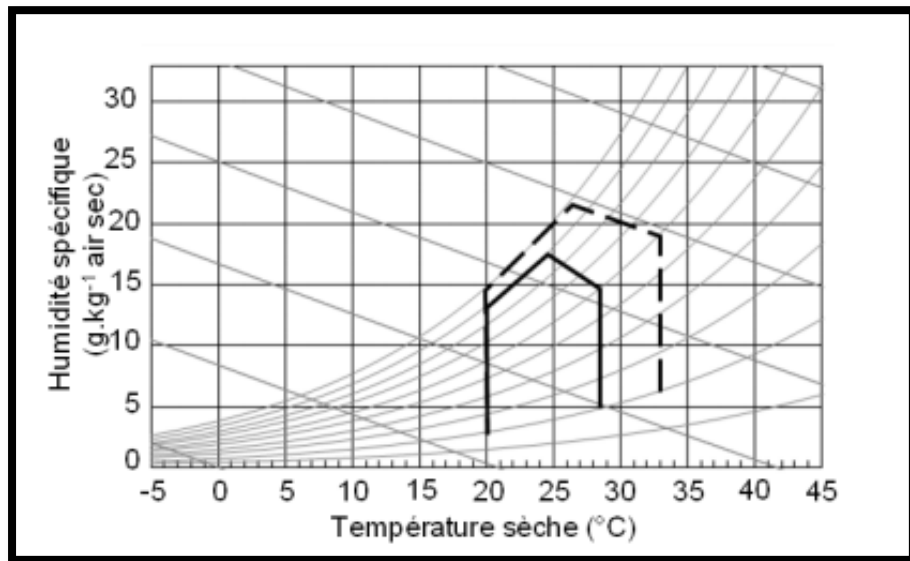


Figure 12 : la Plages de confort suivant la vitesse de l'air à 0 m.s-1(Ligne continue) et 1,5 m.s-1 (tirait) sur le diagramme psychrométrique

Source : D'après (Certivéa, 2012)

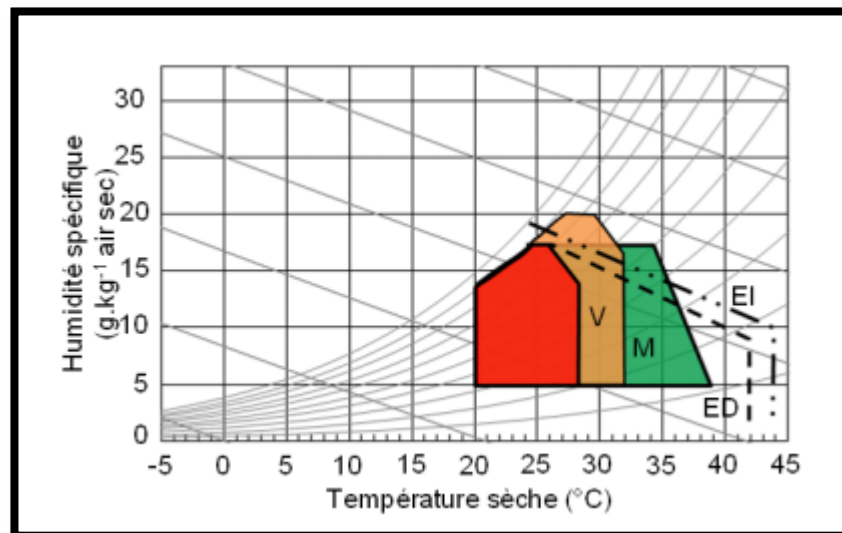


Figure 13 Diagramme psychrométrique

Source : (D'après Givoni, 1992)

limite de la zone de Confort sans courant d'air (rouge), de la zone d'influence de la ventilation Diurne à 2 m.s-1 (V orange) et de ventilation nocturne avec l'inertie Thermique (M vert), de la zone d'influence du rafraîchissement évaporatif Direct (ED tirait) et indirect (EI tirait – doubles points).

### 5- Les échanges thermiques entre l'individu et l'espace:

\*\* Il Ya trois modes de transfert de la chaleur (conduction, convection, rayonnement) (cf. figure 14) dans l'espace :

**Conduction** : Ce mode de transfert de chaleur se retrouve dans tous les composants "solides" d'une transmission, c'est le plus simple. Il correspond au transfert de chaleur dans un solide d'un point chaud vers un point froid.

**Convection** : L'échange thermique par convection a pour origine le mouvement d'un fluide.

**Rayonnement** : Les corps émettent de l'énergie par leur surface, sous forme d'un rayonnement d'ondes électromagnétiques, et ce d'autant plus que leur température est élevée. Inversement, soumis à un rayonnement, ils en absorbent une partie qui se transforme en chaleur.

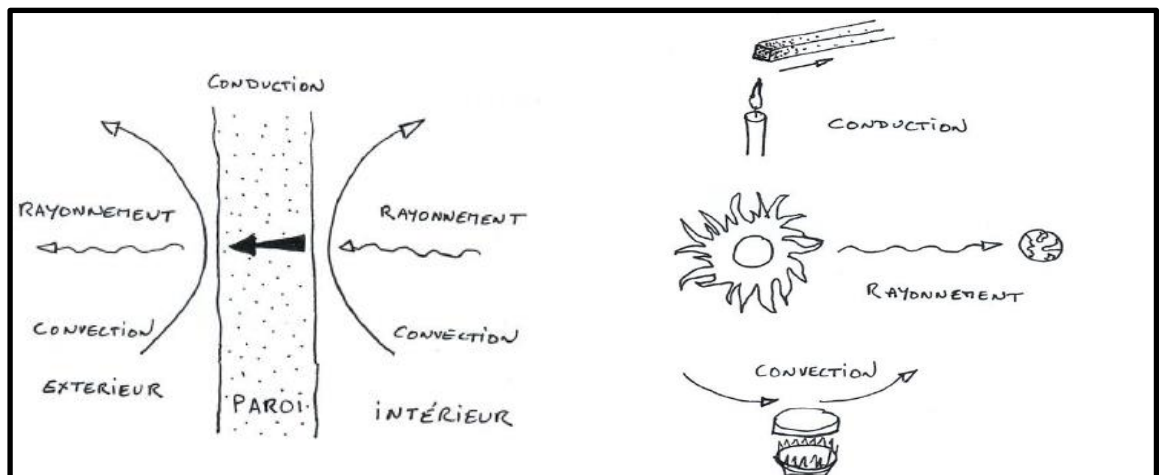


Figure 14: les échanges thermiques

Source : Mémoire de magister en architecture, Zemoura zinedine, 2009

\*\* Environ 60 % des pertes de chaleur du corps humain se font par convection avec l'air ambiant (convection et évaporation par la respiration ou à la Surface de la peau). Les échanges par rayonnement à la surface de la peau représentent jusqu'à 35 % du bilan alors que les pertes par contact (conduction) sont négligeables (< 1 %). Le corps perd également 6 % de sa chaleur à réchauffer la nourriture ingérée. Cette importance de nos échanges par rayonnement explique que nous sommes très sensibles à la température des parois qui nous Environnent (cf. figure 15).



Figure 15: Les pertes thermiques du corps humain dépendent de 6 paramètres physiques  
Source :(ouvrage : traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques-Alain Liébard. André de Herde)

**\*\* En résulte que : Dans les échanges thermiques la convection c'est le mode la plus forte qui concerne le déplacement d'air**

### 6- Facteur Air:

#### 6-1 Notion de base du facteur air:

##### 6-1-1 Définition de l'air :

L'air est le mélange de gaz qui constitue l'atmosphère terrestre, La composition de l'air change avec l'altitude mais au niveau de la surface terrestre il est constitué de (78% de diazote ( N<sub>2</sub> ), 21 % de dioxygène ( O<sub>2</sub> ), 1% d'autre gaz (dioxyde de carbone, argon, néon, krypton).

##### 6-1-2 convection :

L'échange thermique par convection a pour origine le mouvement d'un fluide. En effet Hormis le rayonnement à travers les corps transparents, la conduction est le seul mode De transmission de la chaleur à travers le solide. Pour les fluides, c'est différent:

- le transfert thermique s'effectue par conduction lorsqu'il n'y a pas de mélange de matière, Ou lorsque l'écoulement est laminaire,
- dans un écoulement turbulent en contact avec une paroi solide, il existe le long de La paroi une mince couche de fluide en écoulement visqueux que l'on considère comme Laminaire. L'épaisseur de ce film laminaire dépend des propriétés physiques du fluide et De la nature de l'écoulement,
- dans une direction perpendiculaire à la paroi (donc à la ligne de courant), on admettra Qu'il n'y a aucun mélange de matière et que la chaleur peut se transmettre que par Conduction,
- en dehors de la couche laminaire, la chaleur se transmet par mélange des particules de Fluides, provoquant une égalisation rapide de la température

##### 6-1-3 Définition du facteur air :

Rapport entre le volume d'air mesuré et le volume de mélange d'air/gaz dans la tête de combustion par rapport à la combustion stœchiométrique. <sup>[22]</sup>

#### 6-2 les paramètres du facteur air:

- **6-2-1 La température de l'air ambiant :**

La température de l'air, ou température ambiante (Ta), est un paramètre essentiel du confort thermique. Elle intervient dans l'évaluation du bilan thermique de l'individu au niveau des échanges convectifs, conductifs et respiratoires, dans un local. La température de l'air n'est pas uniforme. Des différences de températures d'air se

## Chapitre 01 : Facteur air Et Confort thermique

présentent également en plan à proximité des surfaces froides et des corps de chauffe.<sup>[23]</sup>

Ainsi par exemple la réglementation générale française pour la protection du travail (RGPT)<sup>[24]</sup> impose des valeurs de référence pour les températures de l'air. Données par le tableau n°04 ci-dessous.<sup>[25]</sup>

Ces températures sont calculées pour une valeur moyenne de surface des parois inférieure de 2°C à la température de l'air, elles sont acceptées dans certains cas comme température de confort dans le cadre d'une politique d'utilisation rationnelle de l'énergie.

**Tableau n°4 : Valeur de référence de température de l'air**

(Source : Mémoire de magister en architecture, M MAZARI Mohammed, Septembre 2012)

Type de local	Température de l'air
Locaux ou des gens habillés normalement sont au repos ou exercent une activité physique très légère. Par exemple : bureaux, salles de cours, salles d'attente, salles de réunion ou de conférence.	21°C
Locaux ou des gens peu ou pas habillés sont au repos ou exercent une activité physique très légère. Par exemple salles d'examens ou soins médicaux, vestiaires.	23 à 25°C
Locaux ou des gens habillés normalement exercent une activité physique très légère. Par exemple ateliers, laboratoires, cuisines.	17°C
Locaux ou des gens peu habillés exercent une grande activité physique Par exemple salles de gymnastique, salle de sport.	17°C
Locaux qui ne servent que de passage pour les gens habillés normalement. Par exemple corridors, cages d'escalier, vestiaires, sanitaire.	17°C
Locaux uniquement gardés à l'abri du gel. Par exemple garages, archives.	5°C

### • 6-2-2 La vitesse de l'air :

La vitesse de l'air joue un grand rôle dans les échanges convectifs et évaporatoires, elle intervient dans la sensation de confort thermique de l'occupant des qu'elle est supérieure à 0.2 m/s<sup>[26]</sup>. Toutefois, à l'intérieur des bâtiments, ces vitesses demeurent limitées, ne dépassant pas généralement cette vitesse, sauf en cas de mauvaise conception du bâtiment ou du système d'aération. Elle peut, en revanche, être tenue pour responsable de l'apparition d'inconfort locaux, liés à la présence de courants d'air froids ou chauds localisés.

- **6-2-3 L'humidité relative de l'air :**

L'humidité relative de l'air influence les échanges évaporatoires cutanés, elle détermine la capacité évaporatoire de l'air et donc l'efficacité de refroidissement de la sueur.

Selon Liébard A, entre 30% et 70% . L'humidité relative influence peu la sensation de confort thermique<sup>[27]</sup>. Une humidité trop forte dérègle la thermorégulation de l'organisme car l'évaporation à la surface de la peau ne se fait plus, ce qui augmente la transpiration<sup>[28]</sup>. le corps est la plupart du temps en situation d'inconfort.

### **6-3 les interactions des paramètres sur le confort thermique:**

Il Ya 3 paramètres de base du facteur air (l'humidité, la température, la vitesse de l'air) ce sont trilogie (soit pour le réchauffement, ou pour le refroidissement) :

#### **6-3-1 – VARIABLE HUMIDITE**

- **L'incidence sur la transpiration**

L'humidité relative ambiante influence la capacité de notre corps à éliminer une chaleur excédentaire.

Ainsi, une température extérieure de 24°C et une humidité relative de 82 % (après une pluie en période de forte chaleur), entraîne une forte impression de moiteur, due à l'impossibilité pour la peau d'évaporer l'eau de transpiration et donc de se rafraîchir.

Par contre, une température de 24°C conjointe à une humidité relative de 18 % (climat estival méditerranéen) permet de refroidir la peau par l'évaporation de l'eau de transpiration. La chaleur nous paraît " très supportable ".

- **L'impact de l'humidité relative dans un bâtiment**

L'humidité a relativement peu d'impact sur la sensation de confort d'un individu dans un bâtiment. Ainsi, un individu peut difficilement ressentir s'il fait 40 % ou 60 % d'humidité relative dans son bureau.

L'inconfort n'apparaît que dans des situations extrêmes :

- soit une humidité relative inférieure à 30 % ;
- soit une humidité relative supérieure à 70 %.

De faibles niveaux d'humidité (en deçà de 30 %) donnent lieu à certains problèmes :

Augmentation de l'électricité statique (petites décharges lors du contact avec des objets métalliques), A noter que la présence de décharges électrostatiques n'est pas forcément imputable à la sécheresse de l'air (un tapis non traité à l'antistatique peut également provoquer ce type de problème), mais l'air sec (peu conducteur) renforce ce phénomène.



## Chapitre 01 : Facteur air Et Confort thermique

De hauts niveaux d'humidité (au-delà 70 % HR) donnent lieu à une croissance microbienne importante et à des condensations sur les surfaces froides :

### 6-3-2 – VARIABLE TEMPERATURE

Pour un confort optimal et pour une température de l'air aux environs de 22°C, on peut dès lors recommander que l'humidité relative soit gardée entre 40 et 65 %.

Plus précisément, on peut définir une plage de confort hygrothermique dans le diagramme suivant (extrait de l'article de R. Fauconnier "L'action de l'humidité de l'air sur la santé dans les bâtiments tertiaires"). (cf. figure 16)

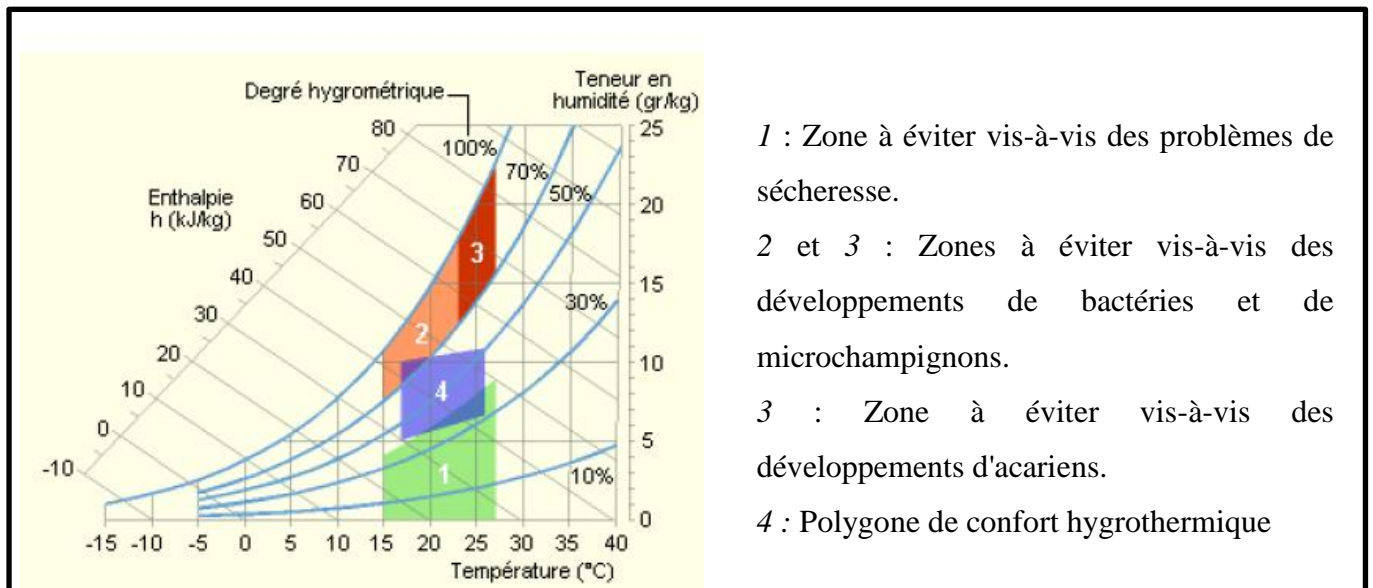


Figure 16 : température-humidité

Source : ASHRAE Handbook. (1997). ASHRAE Handbook of Fundamentals. Chapter 8 : Thermal comfort. ASHRAE Atlanta.

### 6-3-3 VARIABLE VITESSE DE L'AIR

La vitesse de l'air (et plus précisément la vitesse relative de l'air par rapport à l'individu) est un paramètre à prendre en considération car elle influence les échanges de chaleur par convection et augmente l'évaporation à la surface de la peau.

A l'intérieur des bâtiments, on considère généralement que l'impact sur le confort des occupants est négligeable tant que la vitesse de l'air ne dépasse pas 0,2 m/s.

A titre de comparaison : se promener à la vitesse de 1 km/h produit sur le corps un déplacement de l'air de 0,3 m/s.

Le mouvement de l'air abaisse la température du corps, facteur recherché en été mais pouvant être gênant en hiver (courants d'air).

## Chapitre 01 : Facteur air Et Confort thermique

**Condition hivernales :** De façon plus précise :

**Tableau n°05 : vitesse résidentielles**

Source : ASHRAE Handbook. (1997). ASHRAE Handbook of Fundamentals. Chapter 8 : Thermal comfort. ASHRAE Atlanta.

<i>Vitesses résiduelles</i>	<i>Réactions</i>	<i>Situation</i>
0 à 0,08 m/s	Plaintes quant à la stagnation de l'air	Aucune
0,13 m/s	Situation idéale	Installation de grand confort
0,13 à 0,25 m/s	Situation agréable mais à la limite du confort pour les personnes assises en permanence	Installation de confort
0,33 m/s	Inconfortable, les papiers légers bougent sur les bureaux	Grandes surfaces et magasins
0,38 m/s	Limite supérieure pour les personnes se déplaçant lentement	Grandes surfaces et magasins
0,38 à 0,5 m/s	Sensation de déplacement d'air important	Installations industrielles et usines où l'ouvrier est en mouvement

La fourniture d'air frais pour la ventilation d'un local n'entraîne en principe qu'un mouvement très faible de l'air.

### **Conditions estivales**

Pour les températures de locaux comprises entre 21 et 24°C, un déplacement d'air à la vitesse de 0,5 à 1 m/s donne une sensation rafraîchissante confortable à des personnes assises n'ayant que de faibles activités. Mais lorsqu'on fournit un travail musculaire dans des endroits chauds, des vitesses d'air de 1,25 à 2,5 m/s sont nécessaires pour apporter un soulagement. On produit parfois des vitesses plus élevées lorsque des hommes sont soumis pour de courtes périodes à une chaleur rayonnante intense. Ce mouvement d'air sera obtenu à l'aide de ventilateurs.

L'effet rafraîchissant est ressenti peut être exprimé en fonction de la diminution de la température de l'air qui donnerait le même effet rafraîchissant en air calme.

Voici les valeurs extraites du "Guide pratique de ventilation - Woods", valable pour des conditions moyennes d'humidité et d'habillement :

## Chapitre 01 : Facteur air Et Confort thermique

---

Tableau 6: vitesse de l'air

Source : ASHRAE Handbook. (1997). ASHRAE Handbook of Fundamentals. Chapter 8 : Thermal comfort. ASHRAE Atlanta.

Vitesse de l'air [m/s]	Refroidissement équivalent [°C]
0,1	0
0,3	1
0,7	2
1,0	3
1,6	4
2,2	5
3,0	6
4,5	7
6,5	8

L'importance du mouvement d'air nécessaire pour obtenir un effet rafraîchissant peut être évaluée dans une certaine mesure par l'expérience personnelle des vitesses extérieures de l'air. La sensation de fraîcheur produite par un vent léger soufflant par une fenêtre par une chaude journée est familière à chacun. La vitesse généralement désignée par "brise légère" est de l'ordre de 2,5 m/s.

### **7- Conclusion :**

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

Les facteurs du confort thermique caractérisés par 3 paramètres : Paramètres liés à L'environnement paramètres physiques d'ambiance (La température de l'air, la température Radiante, la vitesse de l'air et l'humidité relative) ; Paramètres liés à l'individu (L'activité physique et L'habillement) ; Autres influences(Les gains internes, degré d'occupation des locaux, Ambiances, Etc...)

Et nous avons pris en compte le facteur d'air qui consiste par 3 paramètres (la vitesse de l'air, La température de l'air, l'humidité de l'air), Et aussi, nous avons parlé de les effets du facteur Air sur le confort thermique

Donc Quelle est la technique utilisée pour maitrise le facteur d'air dans le bâtiment pour Assurer certain seuil du confort thermique?

### Référence :

<sup>[3]</sup> (Pénicaud, 1978)

<sup>[4]</sup> (alain liébard, andré de herde, traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique)

<sup>[5]</sup> ADEME. (1999). *Les Chiffres Clés du Bâtiment: Données et Références*. Ademe.

<sup>[6]</sup> BRUANT Marc. (1997). *Développement et paramétrage de contrôleurs flous multicritères du confort d'ambiance*. Thèse de doctorat : INSA de Lyon. Lyon.

<sup>[7]</sup> BRAGER Gail S., de DEAR Richard J. (1998). *Thermal adaptation in the built environment : a littérature review*. *Energy and Buildings* 27

<sup>[8]</sup> Cantin, R. et al. « Complexité du confort thermique dans les bâtiments » in actes du 6<sup>ème</sup> congrès européen de science des systèmes, tenu à paris du 19 au 22 septembre 2005

<sup>[9]</sup> K.Parson. ' Human thermal environnents'. London : 2<sup>nd</sup> édition, 2003 cite in thellier, F. « Modélisation du comportement thermique de l'homme et de son habitat, une approche de l'étude du confort », étude réalisé a l'université Paul Sabatier de Toulouse, France 1989. Page 163

<sup>[10]</sup> Givoni B. « l'homme, l'architecture et le climat » Editions du Moniteur, France.1978.p39

<sup>[11]</sup> ISO 7730. « Ambiances thermiques modérées- Détermination des indices PMV et PPD et spécification des conditions de confort » AFNOR, Paris, 1994

<sup>[12]</sup> l'europe Passive Solar Handbook

<sup>[13]</sup> Hoffman J.B. « ambiances climatisées et confort thermique » les actes du C.O.S.T.I.C .110

<sup>[14]</sup> Mémoire de magister en architecture, Zemoura zinedine, 2009

<sup>[15]</sup> Liébard, A. et De Herde, A.(Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique). P.30a

<sup>[16]</sup> Mémoire de magister en architecture, M MAZARI Mohammed, Septembre 2012

<sup>[17,18]</sup> Mémoire de magister en architecture, M MAZARI Mohammed, Septembre 2012. Mémoire de magister en architecture, Zemoura zinedine, 2009

<sup>[19]</sup> Justin, K, « Ventilation des logements et critères d'évaluation de la qualité des ambiances intérieures », thèse de doctorat, CSTB, p33

## Chapitre 01 : Facteur air Et Confort thermique

---

<sup>[20]</sup> *Institut Bruxellois pour la gestion de l'environnement « Redéfinir la notion de confort thermique », in guide pratique pour la construction et la rénovation durables de petits bâtiments, n° css13 ; Belgique.2007*

<sup>[21]</sup> *Thèse, Fabien ROUAULT le 10 avril 2014*

<sup>[22]</sup> *AEM (Association of équipement Manufacturers), Mars 2016*

<sup>[23]</sup> *NEUF : « Climat intérieur/confort, santé, confort visuel » Revue européenne d'architecture N°77, novembre- décembre 1978. P12*

<sup>[24]</sup> *Bodart M «Création d'un outil d'aide au choix optimisé du vitrage du bâtiment, selon des critères physique et économiques et écologique, pour un meilleur confort visuel et thermique », thèse de doctorat, Université catholique de Louvain, Faculté des sciences appliquées Unité d'architecture-Belgique 2002.p.110*

<sup>[25]</sup> *RGPT. (la réglementation générale française pour la protection du travail) cite in. Bodart .2002 Op.cite p.110*

<sup>[26]</sup> *Liébard, A. et De Herde, A. « Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques » Ed. Le Mobiteur. Paris 2005 p. 30a*

<sup>[27]</sup> *Liébard, A. et De Herde, A. (2005). p 29a*

<sup>[28]</sup> *Salmon.T et Bedel,S., « la maison des -méga- watts, le guide malin de l'énergie chez soi ». ed. Terre vivant. Mens 2004. P. 25*

***Chapitre 02 :***

***La maitrise***

***Du***

***Facteur air***

### **1- Introduction général :**

Il est dans l'étude de l'architecture ancienne de nos ancêtres trouvent leur ont donné une importance au bien-être et la conservation de l'environnement et aussi la situation économique et étaient des maisons et ou la construction enquêter sur les concepts des principes de l'architecture durable, mais avec les progrès de temps et avec la révolution industrielle et le développement des usines et de l'utilisation des capacités non-renouvelables dans les bâtiments le début des matériaux de construction et même l'accès aux moyens utilisés dans des situations permanentes de chauffe et refroidisseurs électriques et de l'eau relié ... et d'autres, ce qui est ce que nous avons fait à l'heure actuelle gaffeur dans les problèmes naturels et environnementaux et économiques par conséquent, nous devons prendre les principes de nos ancêtres et atteint dans l'architecture moderne.

### **2-Le facteur air comme un refroidisseur :**

\*\*On utilise l'air dans l'architecture comme refroidisseur avec plusieurs procédés comme : malgaf, Patio, Mashrabiya .....etc.

#### **2-1 malgaf :**

- L'utilisation de malgaf à ventiler et refroidir les maisons invention imposé par la nécessité pour les architectes d'adapter les bâtiments, et d'atténuer l'impact de la chaleur dure de la nature dans les habitants des régions islamiques et arabes, ne connaît pas une date précise ou le premier à travailler, mais si levé époque abbasside, même cette méthode est répandue dans la construction de façon spectaculaire, tous les hôpitaux ont été équipés de malgaf aérobie ainsi que la plupart des maisons.
- malgaf est une solution naturelle au problème du climat dans des environnements chauds et le principe de son travail, en fait, est en tirant l'air froid des couches supérieures de l'air à l'intérieur du bâtiment, directement ou à travers les sentiers sur le sol pour produire un échange de chaleur et l'air perd sa température avec un sol froid est relativement température.<sup>[1]</sup>



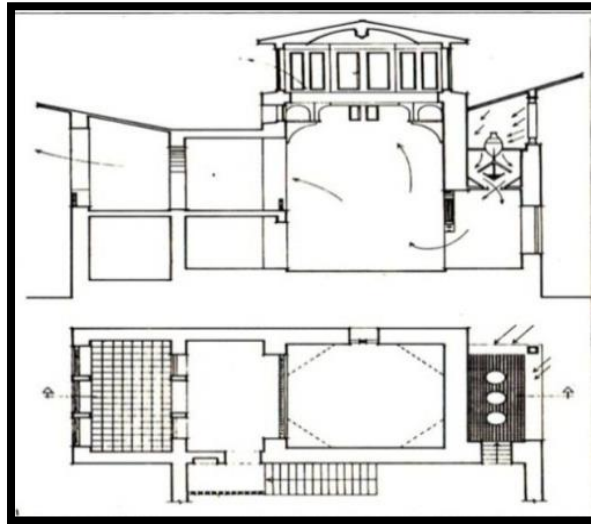


Figure 17 : la fonction de malgaf

Source : lettre de Majester (solaire d'architecture négative sous les tropiques) par Abbas Elzaafarani 2004

### 2-2 : Patio :

Est un vide qui fermé ou semi-fermé, dont les murs continus ou Semi-continu à quatre coté dans le cas de quadrilatérale ou plus dans le cas de nervures multiforme et donnant sur la cour intérieure du bâtiment et d'autres éléments ouvert air-top externe et peut être trouvé dans une maison plus d'une cour communiquent entre eux à travers les couloirs ou par une Chambres.

Ce sont les caractéristiques les plus importantes de la cour qu'il contribue à assurer la ventilation et l'éclairage naturel les espaces nécessaires. <sup>[2]</sup> (cf. ; Figure 18)

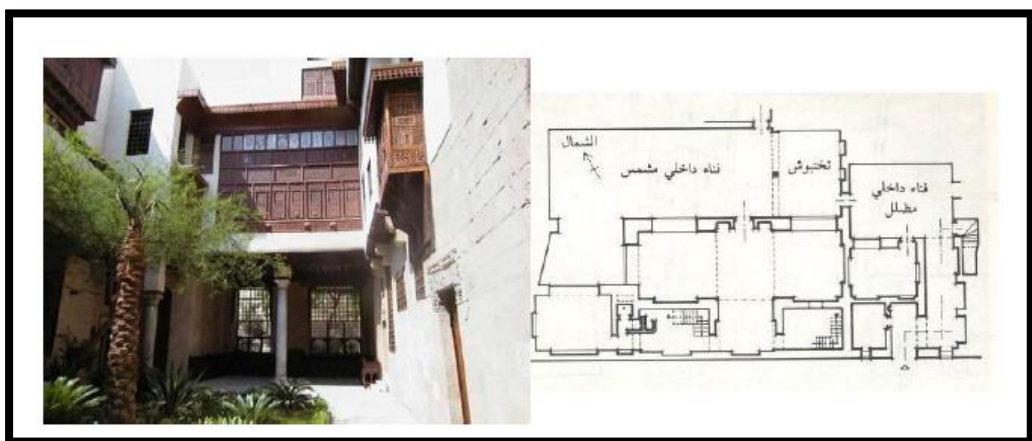


Figure 18 : plan maison en Egypte avec deux patios intérieurs

Source : lettre de Majester (solaire d'architecture négative sous les tropiques) par Abbas Elzaafarani 2004

### 2-3 : Mashrabiya:

• est un mot dérivé du mot arabe Mashrabiya : un tamis d'ouvertures d'un treillis en bois  
Section circulaire détaillant distances spécifiques et régulier ornementer précis et extrêmement complexe Pour la baie cinq fonctions:

1. Réglez le passage de la lumière.
2. Réglez le flux d'air.
3. Réduire le courant de la température de l'air.
4. Augmenter le pourcentage de l'humidité de l'air.
5. Assurer l'intimité.

Il se compose mashrabiya typique de deux parties:

- Création d'une partie inférieure de la boucle avec des barres étroites Procès-verbal.
- Création d'une partie supérieure de la boucle d'une large tige Une forme cylindrique en Bois.<sup>[3]</sup> (cf. ; Figure 19)



**Figure 19 : Mashrabiya dans une maison traditionnelle**

Source : lettre de Majester (solaire d'architecture négative sous les tropiques) par Abbas Elzaafarani 2004

### 3-Le facteur air comme un élément du chauffage :

On utilise l'air dans l'architecture comme chauffage avec plusieurs procédés comme le mur trombe, capteur solaire à air, les doubles peaux .....etc.

#### 3-1 : Le mur Capteur ou mur Trombe

Un mur capteur est un mur lourd, placé généralement en façade sud, en quelques centimètres Derrière un vitrage performant. La paroi extérieure du mur considéré comme un capteur solaire, l'énergie captée par le vitrage transmis et absorbée par la masse du mur, la chaleur ne parvient à la surface interne qu'après un certain temps de déphasage et avec un certain amortissement. Ce déphasage dépend de l'épaisseur du mur et de la nature des matériaux. [4, 5, 6,7]

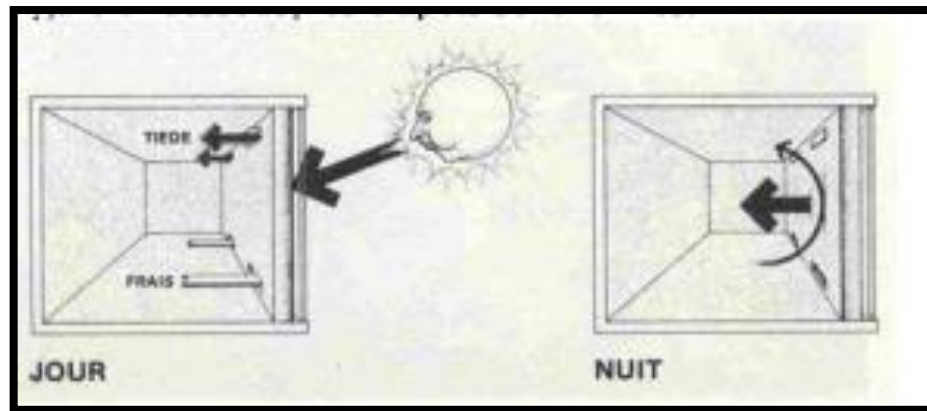


Figure 20 : Fonctionnement d'un mur Trombe à recyclage  
Source : (Mazria 1981)

#### 3-2 : Les capteurs solaires à air :

Puisé à l'extérieur, l'air réchauffé au cours de son passage dans le capteur .puis pulsé par un ventilateur dans des gaines .il transporte la chaleur vers le stock ( généralement un lit de galets ),l'air est ensuite diffusé dans le bâtiment puis extrait et rejeté vers l'extérieur .le système est composé de panneaux solaires , d'un ventilateur , du circuit , et d'un lieu de stockage thermique .le fluide caloporteur est constitué par de l'air [8] (cf. Figure 21.22)



Figure 21 : Maison individuelles utilisé  
Les capteurs solaires à air

Source :(ouvrage : traité d'architecture et  
d'urbanisme bioclimatiques-Alain liébard.  
André de herde).

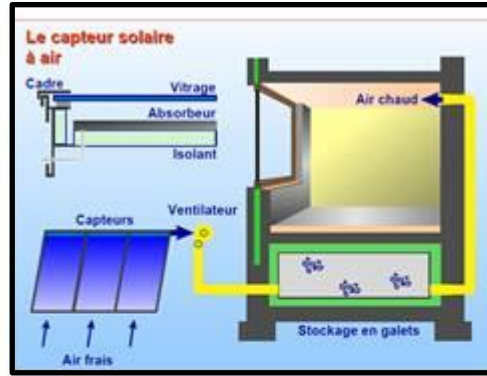


Figure22: Coupe d'un capteur-plan et Principe  
de fonctionnement d'un capteur a air.

Source :(ouvrage : traité d'architecture et  
d'urbanisme bioclimatiques-Alain liébard.  
André de herde).

### 3-3 : Les doubles peaux :

C'est un système d'accumulation de la chaleur. Il constitue de deux parties principales:

- \* Une paroi extérieure totalement vitrée: permet de capter le rayonnement solaire.
- \* Une paroi intérieure plus massive qui est composée de parois vitrées et de parois opaques  
Joue un rôle d'accumulateur de la chaleur. <sup>[9,10]</sup> (cf., figure 23.24).



Figure 23 : double peau, Farnborough, Angleterre

Source :(ouvrage : traité d'architecture et  
D'urbanisme d'architecture bioclimatiques  
-Alain liébard. André de herde)

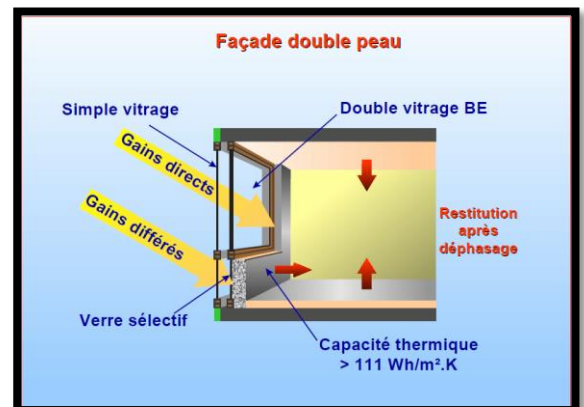


Figure 24 : façade double peau

Source :(ouvrage: traité d'architecture et  
d'urbanisme d'architecture bioclimatiques  
Alain liébard. André de herde)

#### **4-Capteur a air (MALGAF) :**

Comme il est mentionné ci-dessus, il existe plusieurs techniques pour refroidissement, mais notre étude est basée sur el malgaf parce que Cela n'a pas été utilisé ou testé auparavant dans notre climat.

برهان الدين القيراطي وهو شاعر من عصر المماليك إلى الملاقف (البادهنج) قائلا

يا طيب نفحة البادهنج لم تزل بهوائه لنفوسنا صافيا

مفرس يجذب الريح من آفاقها فكانه للريح مغناطي

وقال في البادهنج شهاب الدين بن أبي حجلة

وبادهنج تراه كغصن فان ترنج

يهتز عند العطايا لأنه يستريح

### 4-1 : introduction :

Malgaf utiliser dans les maisons ancienne avec une idée simple pour leurs systèmes de refroidissement et de ventilation pour les bâtiments naturellement, et en comptant sur des ingrédients locaux de la région et considère cette méthode invention imposé par les gens de l'architecte nécessité d'atténuer l'impact de la nature rude désert dans la plupart des zones arabes.

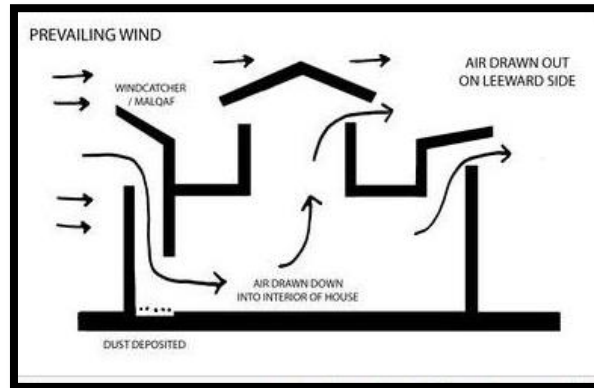


Figure 25 : utilisateur d'antenne almalkaf dans un bâtiment persan /traditionnel  
Source : [www.marefa.org/index.php/malgaf](http://www.marefa.org/index.php/malgaf)

Badnj utilisé dans l'Egypte ancienne, comme en témoigne le dessin dans le cimetière de l'époque pharaonique XIXe dynastie, vers 1300 avant JC, représente un logement au-dessus de la surface Milan deux formes. Certains l'innovation attribué badnj aux Arabes, il a été baptisé dans un trou au sommet de la paroi de la tente elle de malkaf (Windcatcher) en fauteuil roulant pour la climatisation du désert, et il était badnj répandue dans les bâtiments époque abbasside, il a été mentionné badnj quand Ibn Battuta, dans le livre des Mille et Une Nuits.



Figure 26 : anbar avec des dômes doubles et capteurs de vent dans la ville De Naen du désert central, près de Yazd, Iran  
(Source : [www.marefa.org/index.php/malgaf](http://www.marefa.org/index.php/malgaf))



Badnj utilisation ne se limite pas à l'architecture traditionnelle arabe, y compris l'Est, mais peut également être utilisé dans l'architecture moderne. Des tentatives ont été faites dans ce domaine, y compris la recherche à l'Université de l'Arizona aux États-Unis en 1985 pour le développement de badnj traditionnelle deviennent admissibles à pompe pneumatique pour accroître son efficacité, ainsi que Oum Al Qura en Arabie Saoudite et l'Université des sciences techniques au Ghana. Il peut également être utilisé badnj dans les écoles, terrains de jeux et les marchés couverts. badnj a donné le caractère unique des maisons du Golfe et de l'Irak, car, selon compte Padang à la Chambre est conçue en fonction de la nature de la zone.

Malgaf est considéré comme l'une des inventions importantes qui ont facilité la vie au Moyen Age et ouvert la voie à l'invention de la climatisation moderne

### 4-2 Notion de base d'Antenne malgaf :

#### 4-2-1 Définition :

Badnj mot composé de deux sections: «Bad» (air signifiant) et «Ng» (ce qui signifie la buse). Offset badnj en arabe «malgaf» (qui fonctionne sur l'air et capter et changer sa direction).

Synonymes malgaf est: Badhng البادهنج et Alrgel الرجيل et Barjeel البارجيل et Alborgel البورجيل et Alkstill الكشتيل.

Malgaf connu comme suit: « malgaf une tour a sorties d'air à son air de pointe pour tirer froid vers le bas et puis pénètre horizontalement à compartiments Intérieur de maison, le mouvement de l'air extérieur est la pointe de la tour crée une différence de pression permet d'aspirer de l'air à l'intérieur, et est allé ouvertures au sommet malgaf sous le vent de l'air pour casser passant au-dessus prévaut le bâtiment, qui pourrait être le plus froid et le poussa dans le bâtiment, et en dépit des différences de la forme extérieur pour malgaf et la diversité des conceptions, mais l'objectif principal de ce qui est resté constant. Il se redresse et en tirant de l'air extérieur pour réduire la chaleur à travers la Chambre »<sup>[11.12]</sup>



Figure 27 : Bâtiment fournisseur avec malgaf voies respiratoires à Dubaï.  
(Source : <http://mashinalibya.blogspot.com/p/blog-page.html>)

### 4-2-2 Les avantages d'Antenne al malgaf :

Antenne malgaf et les nombreux avantages, parmi lesquels, les points suivants:

- \* Antenne malgaf contribue à fournir une ventilation naturelle et il capture le vent préférés et faites couler à travers les espaces intérieurs en dehors de la direction générale du bâtiment et de sa relation à la direction du vent.
- \* Aide antenne malgaf pour ramasser la libre de l'air frais de la poussière et autre impureté des couches supérieures de l'espace, tandis que la ventilation naturelle par la fenêtre pourrait conduire à l'entrée de poussière et de sable et répandit qui est habituellement étalé près de la surface du sol, en particulier dans les régions tropicales.
- \* Antenne malgaf contribue à minimiser les inconvénients et le bruit de l'extérieur et qui peut accompagner la ventilation naturelle à travers la fenêtre.
- \* Lorsque la vitesse de l'air près de la surface de la terre, l'antenne Almalgaf et en raison de la hauteur dans l'espace fournit. <sup>[13]</sup>

### 4-2-3 Utilisations de Malgaf anciennes et modernes:

**Énumérer quelques-unes des caractéristiques de l'ancien mlagaf:**

- \* l'ampleur malgaf
- \* utilisation des zones naturelles de la température de l'air modifiée.
- \* la fabrication de matériaux, traditionnels et locaux malgaf.
- \* remplir des ouvertures dans l'hiver, l'air si froid et pour empêcher la pluie d'entrer.



### Utilisations modernes de malgaf:

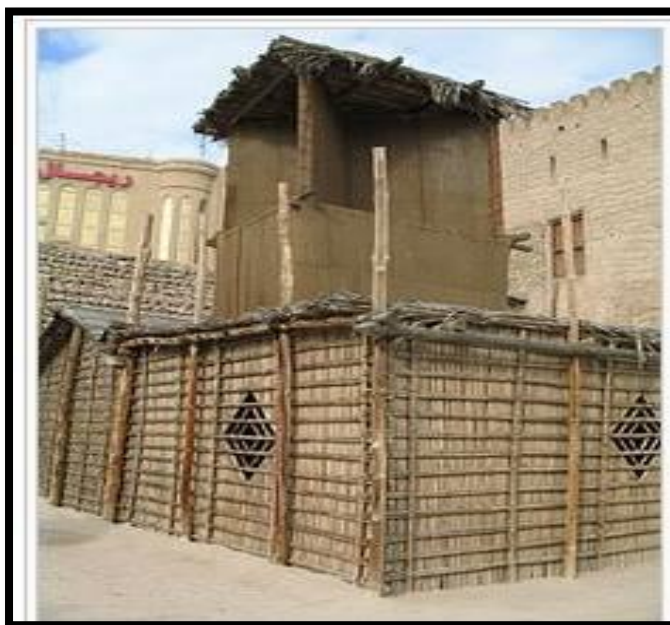
- \*contrôler de manière significative la taille malgaf
- \*l'utilisation de matériaux modernes dans la fabrication malgaf, en particulier avec l'émergence de verre et de fer.
- \* l'utilisation de machines et d'équipements industriels pour modifier le degré de chaleur malgaf.
- \* utilisé en hiver comme en été.

### 4-2-4 Quelques exemples d'Antenne malgaf:

Il a été l'utilisation de l'antenne malgaf dans de nombreux bâtiments modernes, par exemple

Les tentatives de chef Hassan Fathy dans l'utilisation de l'antenne malgaf pour ventiler les villas résidentielles en Arabie Saoudite.

L'antenne malgaf pour projeter les fêtes de village du Nil à Louxor est un bon exemple de la façon d'utiliser aérobie malgaf pour ventiler les grands bâtiments afin de changer la direction du mouvement de l'air à l'intérieur du bâtiment pour devenir la direction extérieure opposée , et peut si nécessaire afin que l'air sort pour les spectateurs de leur part et non par derrière .



**Figure 28 : Antenne malgaf –Dubai-**  
(Source : [www.marefa.org/index.php/malgaf](http://www.marefa.org/index.php/malgaf))

### 4-3 les types d'Antenne malgaf :

malgaf classé selon le premier par le nombre d'ouvertures et la seconde en fonction de la forme.

#### 4-3-1 Classification par le nombre d'ouvertures:

Baragil classés selon le nombre d'ouvertures de plusieurs types que nous pouvons mettre chaque classe par le nombre d'ouvertures situées en lui, mais deux d'entre eux célèbre: lui, mais deux d'entre eux célèbre. <sup>[14]</sup>

#### \*Un emplacement:

Et l'utilisation de ce type lorsque le vent est tendance et de l'information particulièrement indésirable peuvent être identifiés et donc tirer malgaf la direction opposée que le vent vient (cf. Figure 29).

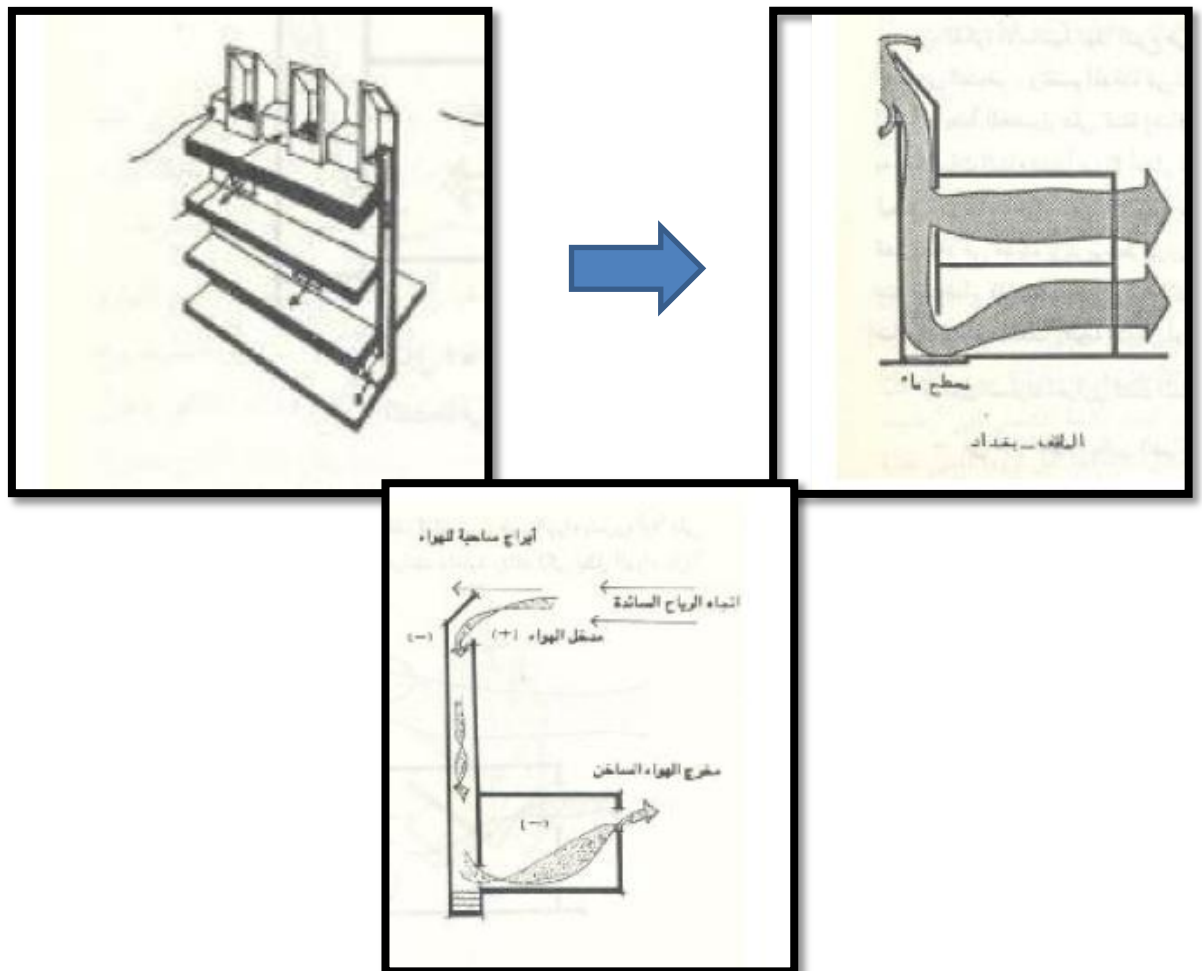


Figure 29: un emplacement d'antenne al malgaf

Source : lettre de Majester (solaire d'architecture négative sous les tropiques) par Abbas El zaafarani 2004

### \*Multi-ouvertures:

Nous utilisons ce type quand ils sont la direction du vent différent et ne peuvent pas être identifiés et ces fentes malgaf être adressées dans plusieurs directions afin que capter le maximum des vents et cela est aussi ce qui nous fait trouver une nouvelle classification et suit. <sup>[15]</sup> (Cf. figure 30)

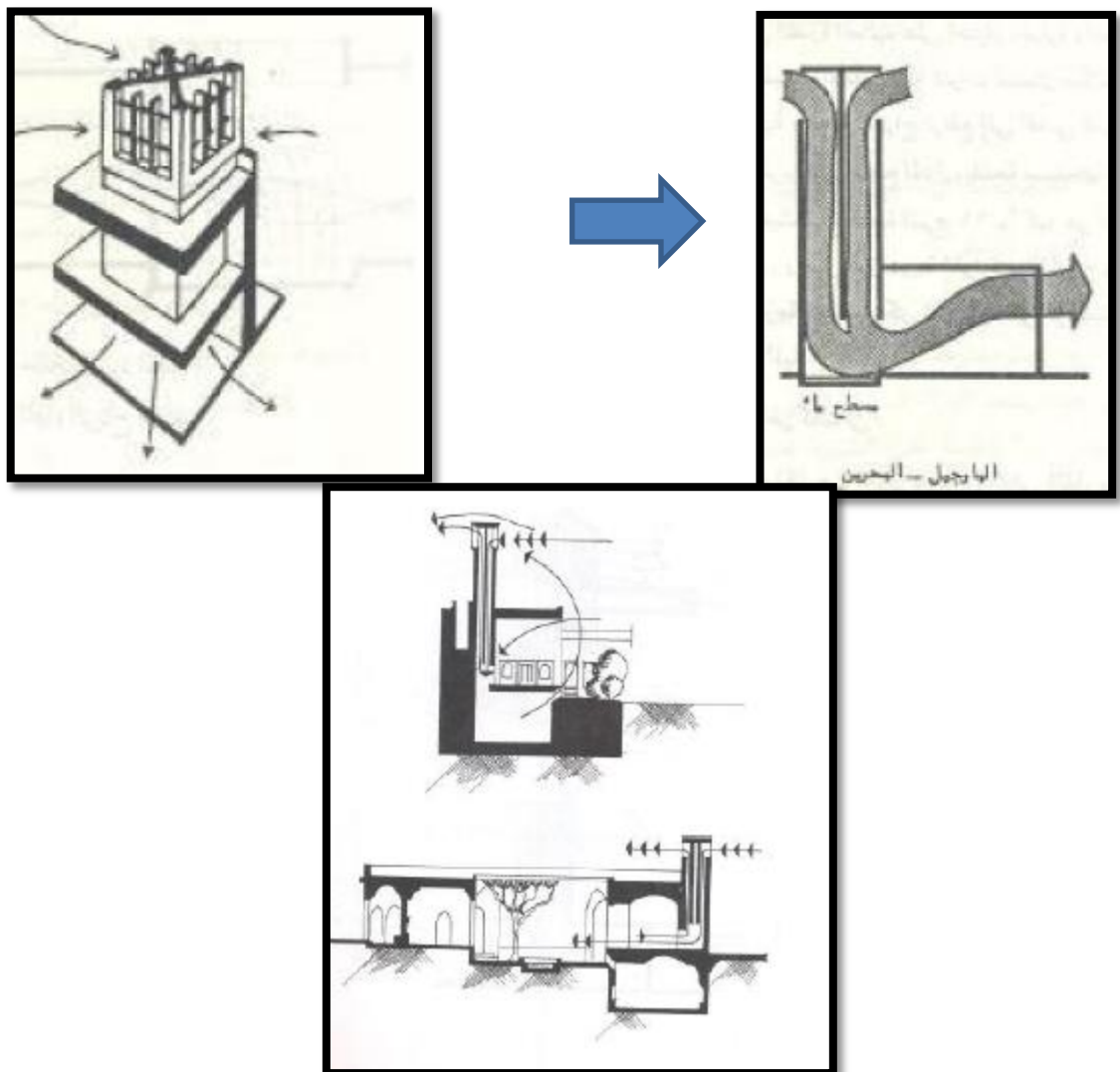


Figure 30 : Multi-ouvertures d'antenne al malgaf

Source : lettre de Majester (solaire d'architecture négative sous les tropiques) par Abbas El zaafarani 2004

### 4-3-2 Classification selon la forme:

Malgaf classé selon la forme en deux types que nous trouvons :

#### **\*parallélépipède:**

Ce type est utilisé dans le cas de savoir si les directions du vent et des informations spécifiques avec précision que nous pouvons contrôler la direction malgaf selon la direction du vent indésirable. <sup>[16]</sup>

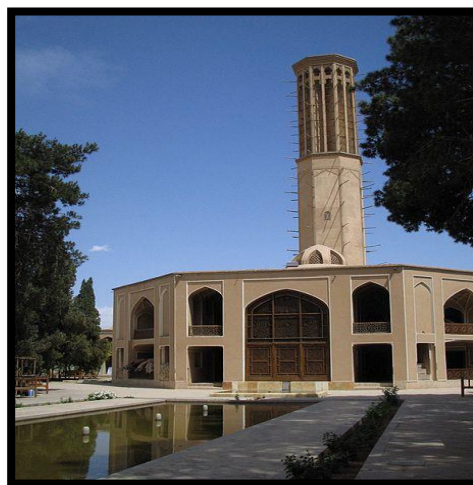


**Figure 31 : parallélépipède d'antenne al malgaf**  
Source : [www.marefa.org/index.php/malgaf](http://www.marefa.org/index.php/malgaf)

#### **\*cylindrique:**

Comme ce type sera bien placé dans le cas si le vent est direction spécifique et afin de fournir plusieurs façons de capter l'air

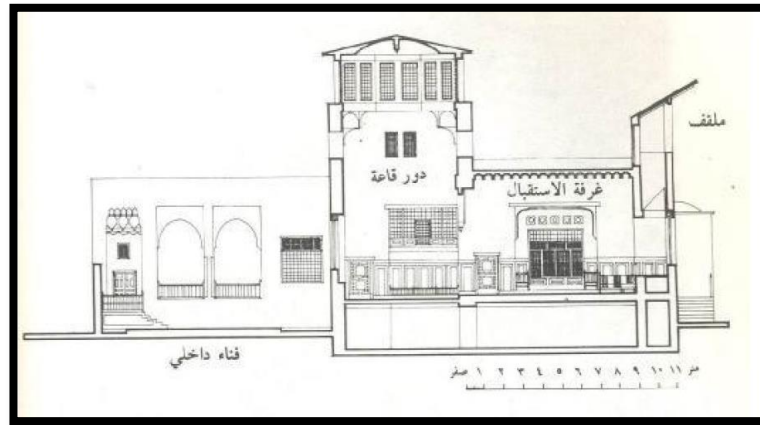
Le cylindrique est la meilleure forme de lui fournir cette propriété nombre cylindrique de points inachevés nous utilisons ce que nous avons les rapprocher des directions de vent à peu près, il est direction spécifique. <sup>[17]</sup>



**Figure 32 : cylindrique d'antenne al malgaf**  
Source : [www.marefa.org/index.php/malgaf](http://www.marefa.org/index.php/malgaf)

### 4-4 techniques d'Antenne malgaf :

Soyez badnj cubique ou parallélépipédique ou cylindrique. Et aller sur la hauteur de 8mètres de surface pour la construction d'un étage et 15 mètres pour la construction de 02 étages. Construit badnj matériaux traditionnels (briques ; pierres), soutient par des éléments appropriée pour la résistance à des facteurs externes et le vent. Les pierres enveloppant isolant les récifs de gravier.



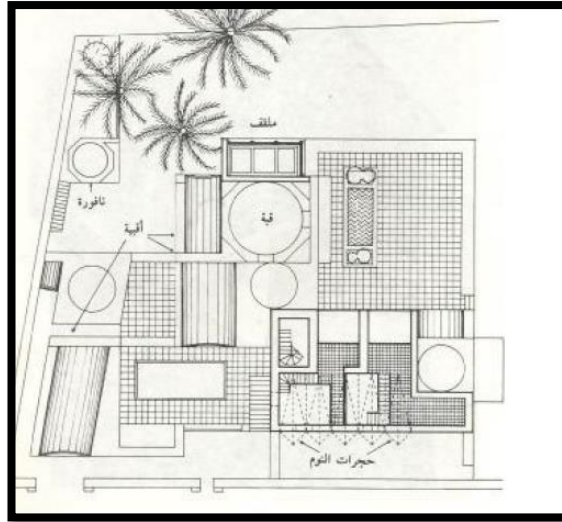
**Figure 33 : la conception montre les aspects entiers d'un système qui contient el malgaf**

Source : lettre de Majester (solaire d'architecture négative sous les tropiques) par Abbas El zaafarani 2004

Si les tours badnj aérobieuse tout formatés l'air pour casser de la tour sur le toit se compose de buse ouverte supérieure sur les 04 côtés et un canal à citerne d'air et une fente dans la pièce à une hauteur de 02 mètres du sol.

Ce type de badnj capte l'air des 04 directions. Si le camion-citerne contenait canal à l'air sur le mur des 02 voies entre d'abord l'air froid dans la pièce, et hors de deuxième air chaud d'eux. Et il contrôle la quantité de grille d'évacuation de l'air à médiation.

Badnj «mlagaf» mural doit être sous la forme d'un Fonds de section rectangulaire, qui est ouverte à la direction de l'air dans la partie supérieure, puis le support de canal dans le mur de la salle, mettre fin à la fente de canal dans le mur intérieur de la pièce. Et cette fente est rectangulaire en apparence, jusqu'à 1,50 m et une largeur de 0,60 m et la profondeur est de 0,50 m.



**Figure 34 : plan d'une maison d'el malgaf**

Source : lettre de Majester (solaire d'architecture négative sous les tropiques) par Abbas El zaafarani 2004

processus de construction badnj Tour commence après l'achèvement de la construction de la maison et de laisser la fente spécialement pour lui dans le plafond et cette fente soit carré ne dépasse pas,  $2 \times 2$  m , puis placé sur l'ouverture 02 colonnes comme base pour la construction et construit la tour au-dessus des pierres de trou tampon tels que pierres récifs, plus le bâtiment murs de soutènement et des ponts en bois avec l'autre, même si la hauteur de deux mètres Rapport brochettes en métal de base placées pour renforcer la structure, et ces barres portant des embellissements décoratifs reliefs ainsi. Il existe différentes formes de dessins pour les tours, se lève, l'air événements voies. <sup>[18]</sup>

### **4-5 Malgaf et le confort thermique:**

Certains malgaf aérobie roulé sur le réseau pour purifier l'air de la poussière et les impuretés et les insectes, d'autres fournissent les quantités de charbon brûlé dans le but d'absorber les odeurs de l'air. Sous les tropiques, qui se caractérise par la sécheresse doivent bénéficier du processus d'évaporation de l'eau pour réduire la température de l'air circulant à travers l'allée perpendiculaire antenne. Dans ce cas, mettre un pot d'argile avec de l'eau dans les voies respiratoires et quand passages d'air sec et touche la surface du pot Les évaporation de l'eau et les chutes de température de l'air et l'humidité est élevée et d'améliorer ainsi l'atmosphère de vide interne. Afin de tirer le meilleur parti de la ventilation naturelle par voie aérienne malgaf nécessaire d'étudier le mouvement du vent et de connaître la direction et les caractéristiques.



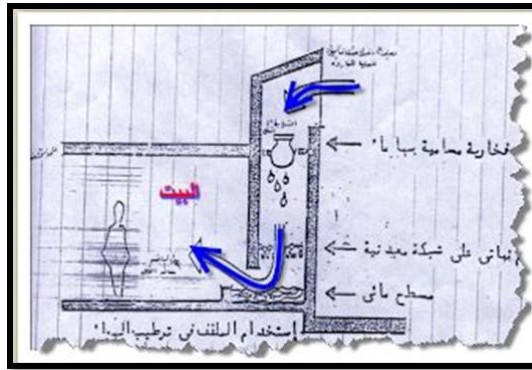


Figure 35: L'utilisation d'Almagaf dans l'humidifiée d'air

Source <http://mashinalibya.blogspot.com/p/blog-page.html>

Génie architectural malgaf a trouvé un écho à l'époque actuelle, il a été l'utilisation de l'antenne malgaf dans de nombreux bâtiments contemporains, et la plupart des universités et centres de recherche ont pris le principe de fonctionnement malgaf et a commencé à mener des études et des recherches pour développer Il a été développé air malgaf composée de tours de boue dimensions et hauteurs costume l'espace à refroidir. Taille malgaf dépend de la température de l'air extérieur plus la température à malgaf basse entrée était grande section transversale horizontale, mais si la température est plus élevée que le maximum de confort sur les océans de la planète devient nécessaire de minimiser la surface de la section horizontale du Refroidissement de l'air d'admission malgaf (Windcatcher) utilisant des matériaux humides ou des feuilles humides de charbon de bois placé entre deux plaques de serrage en métal peuvent également guider l'air circulant au-dessus de la source d'eau pour augmenter le degré d'humidité. <sup>[19]</sup>

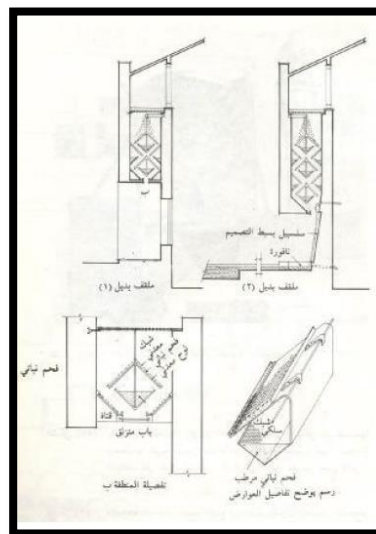


Figure 36: l'idée du travail de malgaf

Source : lettre de Majester (solaires d'architecture négative sous les tropiques) par Abbas El zaafarani 2004.

## **5-Capteur a air (Mur trombe) :**

Comme il est mentionné ci-dessus, il existe plusieurs techniques pour échauffements, mais notre étude est basée sur le mur trombe parce que Cela n'a pas été utilisé ou testé auparavant dans notre climat.



### 5-1 : introduction :

L'utilisation de l'énergie solaire dans le domaine de l'habitat pour réduire sa consommation énergétique a fait l'objet de plusieurs études. Une technique de chauffage se basant sur un système de captation solaire, de stockage et de restitution de la chaleur a été développée au C.N.R.S Centre national de recherche scientifique (France) par le Professeur Trombe.

### 5-2 Notion de base du Mur Trombe :

#### 5-2-1 Définition :

Le mur Trombe est un système simple et intéressant de captage de l'énergie solaire. Il est constitué d'un mur vertical en maçonnerie lourde orienté vers le sud et muni de deux orifice permettant la circulation de l'air entre le local et la serre formée par la surface réceptrice du mur et le vitrage qui le précède. Le mur capteur transmet l'énergie solaire captée par deux moyens, une partie est transmise par conduction à travers le mur qui la restitue à l'intérieur du local par convection, alors que la deuxième partie se transmet par circulation naturelle de l'air chaud se trouvant dans la cheminée Solaire à travers les orifices.

Dès la conception, il est nécessaire de penser aux possibles problèmes de surchauffe. En été, le rayonnement solaire est moins incident sur des surfaces verticales qu'en hiver. Mais il est tout de même important, dans la mesure du possible, d'intégrer dès la conception, dans le projet architectural, des avancées à l'aide de balcons, de pergolas, qui permettent l'ensoleillement direct en hiver et le limitent en été. Des solutions plus anecdotiques et moins esthétiques sont de protéger le vitrage à l'aide d'une bâche, d'un lait de chaux ou de Canisses.<sup>[20]</sup>

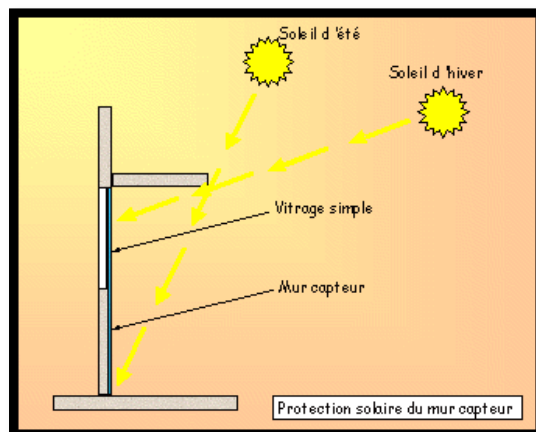


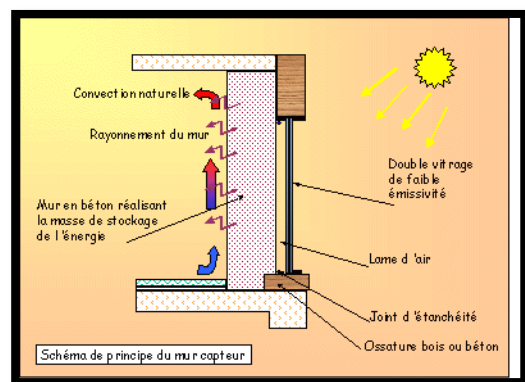
Figure 37: protection solaire du mur capteur

Source : <http://www2.ademe.fr/servlet/KBaseShow?sort=-1&cid=96&m=3&catid=15040>

### 5-2-2 Principe du mur capteur :

Le rayonnement solaire est valorisé par effet de serre, en disposant un vitrage devant un mur en béton. L'énergie solaire est transmise par conduction à travers le mur puis par rayonnement à l'air de la pièce. Cette transmission se fait avec un déphasage pouvant atteindre 11 heures si l'épaisseur de béton est de 40 cm. Ce déphasage permet de chauffer la pièce au moment où il n'y a plus de soleil. En raison des pertes, le mur capteur ne restitue pas la nuit toute l'énergie reçue durant la journée. Afin de limiter ces pertes, il faut prévoir une isolation nocturne ou mettre en œuvre un double vitrage. Pour favoriser l'absorption de la chaleur, on applique une peinture sombre sur la surface extérieure du mur, marron par exemple. <sup>[21]</sup>

**Figure 38: schéma de principe du mur capteur**  
Source : <http://www2.ademe.fr/servlet/KBaseShow?sort=-1&cid=96&m=3&catid=15040>

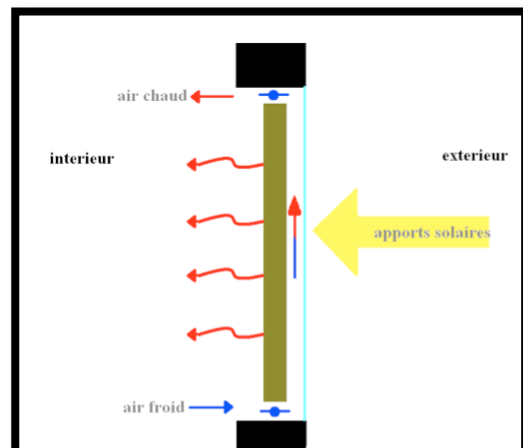


### 5-2-3 Principe du mur Trombe :

Il s'agit d'un vitrage suivi d'une lame d'air et d'un mur en béton. Des ouvertures hautes et basses sont réalisées dans le mur afin de créer une circulation d'air par thermosiphon entre la lame d'air et l'air du local à chauffer. L'air chauffé dans la lame d'air pénètre par les ouvertures supérieures dans la pièce. Il se refroidit au contact de l'air du local et, une fois rafraîchi, revient par les ouvertures inférieures dans la lame d'air. En l'absence de rayonnement solaire, le flux convectif s'inverse pouvant provoquer un refroidissement accéléré de la pièce. Pour éviter cela, il est alors nécessaire de disposer des clapets à fermeture manuelle ou automatique. <sup>[22]</sup>

**Figure 39 : schéma de principe du mur capteur**

Source: <http://www.eco-sud.com/wp-content/uploads/2011/04/Mur-trombe-mur-capteur>



## Chapitre 02 : La maîtrise Du Facteur air

### 5-2-4 Comparaison :

Tableau n°07 : Comparaison entre le mur capteur et le mur trombe

Source : Source : <http://www2.ademe.fr/servlet/KBaseShow?sort=-1&cid=96&m=3&catid=15040>

	Le mur capteur	Le mur Trombe
Transfert thermique	Transmission de la chaleur avec un déphasage fonction de l'épaisseur du mur.	Transmission directe : environ un tiers de l'énergie totalement restituée. Restitution du reste de l'énergie déphasée
Valorisation des apports	Valorisation des apports directs, s'il est associé à un vitrage simple (mur capteur en allège et vitrage au-dessus)	Valorisation des apports directs et des apports déphasés.
Coût	Comparable à celui d'un mur classique.	Coût plus élevé. Pas de fabricants de systèmes : les ouvertures doivent être faites sur mesure par le menuisier sur chaque chantier. Mise en oeuvre plus compliquée et plus chère.
Maintenance	Quasi inexistante	Gestion quotidienne des clapets. Possibilité d'ouverture et de fermeture automatique.

Suite à cette comparaison, le mur capteur apparaît comme étant le procédé ayant le meilleur rapport qualité prix.

Bien dimensionné dans un projet d'architecture bioclimatique, en allège, le mur capteur associe à un vitrage couvre tous les Besoins d'une pièce, pour une journée de chauffe si celle-ci Est ensoleillée. Le vitrage valorise les apports directs, le mur capteur restitue avec un déphasage l'énergie stockée Pendant la journée. Un appoint est cependant nécessaire si la journée est nuageuse ou si les pièces Sont orientées au nord. <sup>[23]</sup>

### 5-2-5 Les paramètres qui varient les performances énergétiques d'un mur capteur :

- ▶ Son orientation et son dimensionnement : l'orientation préconisée pour un mur capteur est le Sud (+ ou - 30°) puisqu'il s'agit, comme dans le cas d'une serre, de capter un maximum de rayonnement solaire en hiver. Le dimensionnement du mur capteur est à mettre en relation avec le dimensionnement des surfaces vitrées. [24]
- ▶ Sa typologie et son fonctionnement. [25]
- ▶ Les caractéristiques de ses matériaux constitutifs : du matériau assurant l'inertie (la masse), et du matériau assurant le captage solaire (le vitrage). [26]

### 5-3 Les types d'un mur capteur :

Il existe plusieurs types de murs capteurs : le mur trombe, le mur capteur maçonné, le mur capteur à isolation transparente, le mur capteur double-peau. [27]

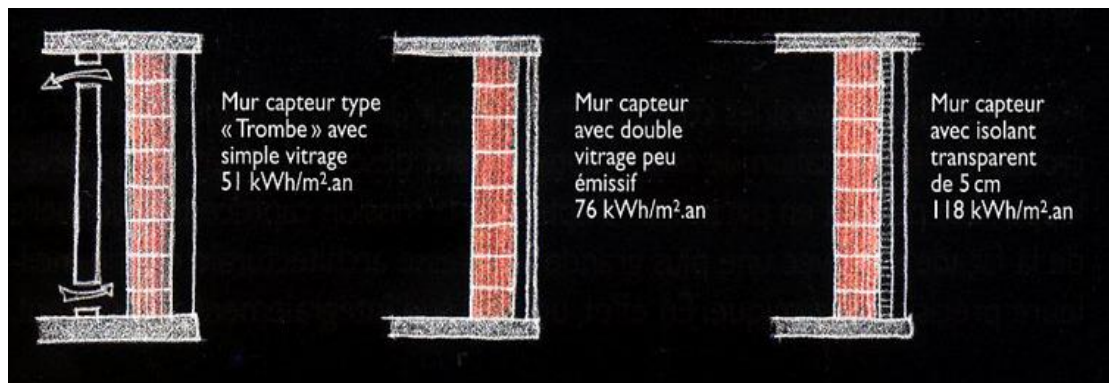


Figure 40 : les types de murs capteurs

Source : La conception bioclimatique, Jean-Pierre Oliva

### 5-4 techniques de mur capteur :

Des règles de dimensionnement sont fournies dans la littérature, [28] Elles sont résumées ci-dessous :

- Pour une pièce de hauteur normale, il faut prévoir une surface de mur capteur égale à 10% de Sa surface habitable. Ainsi, on réalise, sur un bilan annuel, environ 30 % d'économie d'énergie. Par Temps ensoleillé, cette surface de mur capteur sera suffisante pour couvrir la totalité des besoins de Chauffage. L'épaisseur du mur de béton et le temps d'ensoleillement conditionnent la bonne \*efficacité du mur. Le mur doit fournir l'inertie et la masse suffisante pour couvrir les besoins. La surface du système dépend de la typologie du bâtiment et de la zone climatique.

- L'épaisseur du mur : elle dépend de la capacité thermique (quantité de chaleur nécessaire pour Elever de 1°C la température de 1m<sup>3</sup> du matériau) et de la diffusivité thermique du matériau. Plus la capacité thermique est élevée, plus le matériau stocke de la chaleur (comme des galets chauffés par le soleil, qui diffusent une fois la nuit tombée). En général, les matériaux les plus denses offrent une plus grande capacité thermique, alors que les isolants ont souvent une capacité Thermique faible : l'essentiel est alors de trouver le bon compromis entre pouvoir isolant et inertie. Plus la diffusivité n'est faible, plus le front de chaleur mettra du temps à traverser l'épaisseur du matériau. Physiquement, la diffusivité thermique est la capacité d'un matériau à imposer sa température au milieu extérieur. Par exemple, lorsque l'on marche sur du sable chaud, on ressent Une sensation de brûlure. Cela s'explique par le fait que le sable a une plus grande diffusivité que le Pied ; le sable impose donc sa température à notre corps, de manière plus importante que notre corps impose sa température au sable. L'intervalle optimum, qui dépend du matériau, est compris entre 10 et 30 cm. Si le mur est trop épais, de l'ordre de 40 cm, il risque de ne pas pouvoir se chauffer suffisamment durant une journée d'hiver ensoleillée ou l'on peut compter sur environ 5h d'ensoleillement efficace. Si le mur est trop fin, les déperditions sont trop importantes et ne peuvent être couvertes par le mur.
- La rugosité de la surface : la capacité d'absorption de la surface exposée au soleil peut être améliorée en augmentant la rugosité

### **5-5 Mur capteur (mur trombe) et le confort thermique:**

Le mur Trombe est avant tout un système de chauffage ou de climatisation solaire par circulation d'air.

Le principe de fonctionnement est simple. Il repose d'une part sur l'effet de serre (capteur vitré), et d'autre part sur le thermosiphon ou la thermo-circulation (l'air chaud monte).

### **Fonctionnement hiver**

Le capteur vitré, ouvert en bas chauffe l'air extérieur. L'air se réchauffe alors par effet de serre. L'air chaud, plus « léger » car moins dense, monte, ce qui provoque l'aspiration de l'air frais. La sortie, en haut du capteur, est opposée à une entrée (de préférence basse) dans la maison, apportant ainsi de l'air chaud et nouveau avec peu de déperdition. La circulation de l'air se fait naturellement sans mécanique, mais une ventilation mécanique contrôlée (VMC) permettra d'extraire les airs viciés des pièces d'eau (toilettes, salle de bains, cuisine).

### **Fonctionnement été**

L'entrée en bas du capteur est reliée à une prise d'air haute dans la maison. La sortie en haut du capteur est alors directement évacuée à l'extérieur. L'apport calorifique dans le capteur sert de thermosiphon en forçant les évacuations d'air chaud de la maison et, de ce fait, favorise les entrées d'air frais. L'entrée d'air frais pourrait également se faire avec un puits canadien, il n'y aurait alors pas besoin de ventilateur, l'air frais serait aspiré proportionnellement au chauffage du capteur Trombe.

### **6- Conclusion :**

On utilise l'air dans l'architecture comme refroidisseur et chauffage avec plusieurs techniques telles que malgaf comme refroidisseur et mur capteur (mur trombe) pour la chauffe.

Après les études précédant en résulte que :

- Malgaf est une solution naturelle au problème du climat dans des environnements chauds et le principe de son travail, en fait, est en tirant l'air froid des couches supérieures de l'air à l'intérieur du bâtiment, directement ou à travers les sentiers vers le bas à la terre se produit un échange de chaleur et l'air perd sa température avec une température du sol relativement froides.
- Le mur Trombe est avant tout un système de chauffage ou de rafraîchissement solaire, il faut absolument que le capteur soit isolé de la maison (pour éviter la surchauffe en été), et la déperdition la nuit. Son fonctionnement est principalement diurne, il s'utilisera donc bien pour les établissements ne fonctionnant pas la nuit (écoles, bureaux). Le nom de « mur » tient du fait que les capteurs sont placés de façon verticale contre le mur le plus ensoleillé (Nord dans l'hémisphère sud par exemple). Ses principaux avantages, sont de prendre peu de place, et de ne comporter aucune mécanique. Une double conduite d'air sera par contre nécessaire, avec un système de vanne ou clapet, pour passer en mode rafraîchissement ou chauffage.

Ce type de capteur pourrait être utilisé avec une VMC double flux par exemple, ou combiné à un autre système avec masse thermique, pour une utilisation nocturne.

## Chapitre 02 : La maîtrise Du Facteur air

---

### Référence :

<sup>[1]</sup> [info@cpas-egypt.com](mailto:info@cpas-egypt.com)

<sup>[2] [3]</sup> *lettre de Majester (solaire d'architecture négative sous les tropiques) par Abbas El zaafarani*

<sup>[4]</sup> - Alain Liébard et André De Herde, [Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques, page 72a]. observ,ER 2005.

<sup>[5]</sup> Agence Méditerranéenne de l'Environnement (AME) et l'Ordre des Architectes du Languedoc-

Roussillon, *Architecture solaire et conception climatique du bâtiment, réalisé par. p:09,10*

<sup>[6]</sup> David Funk, *L'énergie solaire : circonstances et conditions d'exploitation au Québec, Centre*

*universitaire de formation en environnement, Université de Sherbrooke, Québec,(Canada, janvier 2010). p: 15,16.*

<sup>[7]</sup> <http://www.connaissancesdesenergies.org/fiche-pedagogique/solaire-thermique>.

<sup>[8]</sup> Alain Liébard et André De Herde, [Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques, page 73a].

observ,ER 2005.

<sup>[9]</sup> Alain Liébard et André De Herde, [Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques, page 71a]. observ,ER 2005.

<sup>[10]</sup> Talal SALEM, *Intégration des composants solaires thermiques actifs dans la structure bâtie, Thèse doctorat, L'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, Année 2007.p:81, 82.*

<sup>[11]</sup> <http://bookoflife01.blogspot.com/2015/06/badange.html>

<sup>[12]</sup> *mémoire de majester présenté par Hassas Ep. KHALEF Naima*

<sup>[13.14.15.16.17]</sup> Traduction ( <http://www.startimes.com/?t=10501083>)

<sup>[18.19]</sup> <http://mashinalibya.blogspot.com/p/blog-page.html>

<sup>[20,21,22,23]</sup> <http://www2.ademe.fr/servlet/KBaseShow?sort=-1&cid=96&m=3&catid=15040>

<sup>[24.25.26.27]</sup> <http://miaep.cerma.archi.fr/spip.php?artic>

<sup>[28]</sup> (citons (ADEME, 2007), (Courgey et al, 2006), (Mazria, 1979), (IEA, 1989))



***Chapitre 03 :***  
***Recherche antérieur***  
***Et Méthodes***  
***Du travail***

### **1-Introduction :**

Les chercheurs on utilise plusieurs méthodes et solution pour évaluer le confort on prenant en compte les paramètres de température, humidité et vitesse de l'air.

### **2-Les recherches antérieures**

\* Tel que mentionné par Ravéreau (2007), si l'architecture du nord doit être au maximum étanche à l'air et ouvert au soleil, l'architecture du sud doit être, au contraire, perméable à l'air et fermée au soleil. Plus on se dirige vers le nord, plus les saisons froides sont longues, plus on ouvre le bâti vers le soleil et la lumière tout en restant à l'intérieur. Au final, on reconstitue une atmosphère complètement contrôlée, on vit dans un véritable scaphandre. Au contraire, plus on descend vers le sud, plus on doit chercher les bienfaits climatiques à l'extérieur, s'il n'est pas trop pollué, d'où le prolongement des espaces fermés par des espaces ouverts, couverts ou non.

Les techniques passives, qui sont directement soumises aux variations du climat, peuvent induire des ambiances intérieures inconfortables et non contrôlées, alors que les systèmes actifs permettent un contrôle de l'ambiance qui peut être ajusté en tout temps (Alexandroff et Alexandroff, 1982). Les techniques passives reposent essentiellement sur l'intégration du bâtiment à son milieu environnemental et passe par la suite à une architecture qui intègre les nouvelles technologies liées à la production, à la transformation et à la distribution des énergies permettant de tirer une grande partie ou la totalité de son chauffage à partir du soleil.

L'importance de la prise en compte des particularités du site dans la qualité du confort interne d'un projet a un effet déterminant dans sa capacité à approcher le confort naturellement à moindre coût (Fernandez and Lavigne, 2009). De plus, l'orientation est fondamentale et doit être choisie en fonction des informations climatiques régionales (Bernard, 2004).

Le climat Magrébin est tel qu'il suscite des besoins de chauffage l'hiver et de refroidissement l'été avec des températures de conception de chauffage près du point de congélation et des températures estivales de 35°C. La modération même du climat permet de satisfaire la quasi-totalité des besoins de manière naturelle, particulièrement dans le secteur résidentiel (Aghrab, 2000).

De nouveaux outils de modélisation voient le jour dans les cabinets d'architecture qui Permettent d'évaluer les impacts des conditions bioclimatiques sur le confort et la consommation énergétique des bâtiments résidentiels. Ces logiciels permettent de

### ***Chapitre 03 : Recherche antérieure et Méthodes Du travail***

---

programmer les futurs composants de base d'un logement (matériaux, vitrage, revêtements...) et d'en esquisser un plan en 3D, prenant en compte le terrain local (lieu, orientation). Par exemple, l'outil de simulation conçu il y a dix ans environ à l'école des mines permet d'évaluer, avant même la construction, les consommations d'énergie et les températures obtenues dans un logement en tenant compte de son architecture et de son emplacement (Valin, Hancock et Testard-Vaillant, 2007).

Cependant, l'enceinte habitable dépend du climat et des matériaux de construction. La qualité du bâtiment construit est aussi influencée par le choix du concepteur. Il arrive souvent qu'un concepteur propose un plan de masse qui se trouve répété à travers les cités algériennes sans considération par rapport à l'impact de l'implantation, de l'orientation et de l'apport d'air frais requis sur le maintien d'ambiances thermiques confortables. Tel que mentionné par Givoni (1978), le choix d'une orientation est soumis à de nombreuses considérations, cependant la position de la façade par rapport au soleil et au vent affecte l'ambiance intérieur. Confronté à ce problème, l'occupant aura recours à des moyens mécaniques résultants en des consommations énergétiques exagérées.

\* Durant cinq décennies de recherche et d'investigations dans le domaine du confort thermique de la naissance de cette science par Fanger dans les années 70 passant par les pères fondateurs et les leaders tel que Olgyay, Givoni et Szokolay ; les chercheurs ont utilisé plusieurs méthodes pour évaluer ce confort en prenant en compte ces paramètres : température, humidité et l'air.

\*Parmi les méthodes c'est : **maquette** tel que le travail de S. Bougoul, S. Zeroual, T. Boulard et F. Azil. <sup>[1]</sup>, **statistique** tel que le travail de Mohamed Abd el Baki Ibrahim et Chaima Jad Hassanin. <sup>[2]</sup>, et étude numérique par modèles RANS de jets d'orifice croix coalescents par Aliou DIA Le 20 mars 2012. <sup>[3]</sup>

*Il Ya aussi* les abacs et les chartes, étude expérimentale, les mesures sur site etc. Mais les nouveaux et la dernière méthode c'est la simulation telle que l'ecotect, Fluent et Saturne, Transys.... Etc

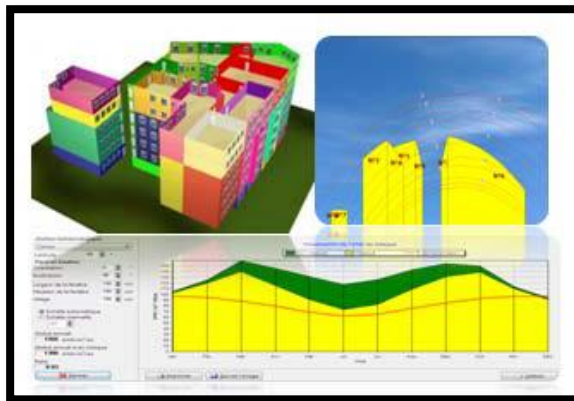
**TRNSYS**



**Figure41 : outils de simulation TRNSYS**

Source : <http://www.ai-environnement.fr/uploads/tinyFiles/32/Outils>.

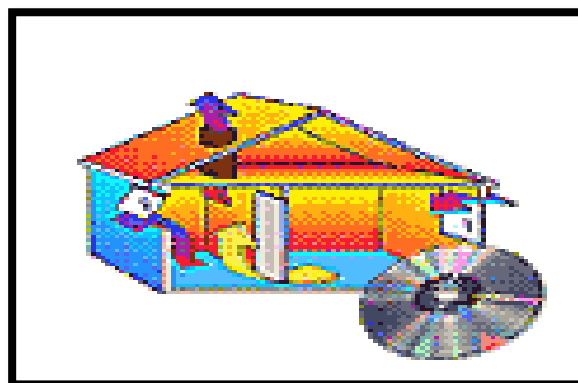
**COMFIE-PLÉIADES**



**Figure42 : outil de simulation COMFIE-PLÉIADES**

Source : <http://www.ai-environnement.fr/uploads/tinyFiles/32/Outils>.

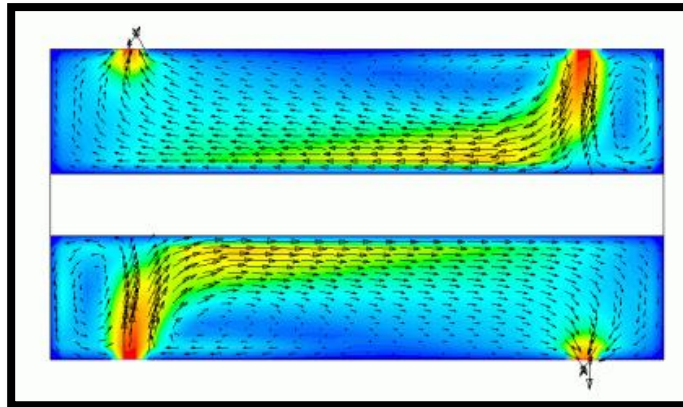
**COMIS**



**Figure43 : outil de simulation COMIS**

Source : <http://www.ai-environnement.fr/uploads/tinyFiles/32/Outils>.

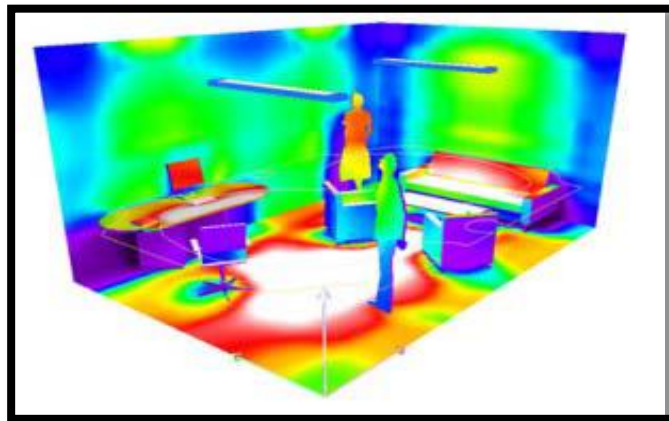
**FLUENT**



**Figure 44: outil de simulation FLUENT**

Source : <http://www.ai-environnement.fr/uploads/tinyFiles/32/Outils>.

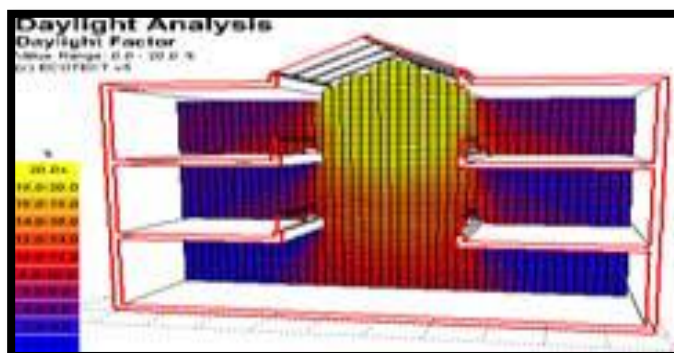
**DIALUX**



**Figure 45: outil de simulation DIALUX**

Source : <http://www.ai-environnement.fr/uploads/tinyFiles/32/Outils>.

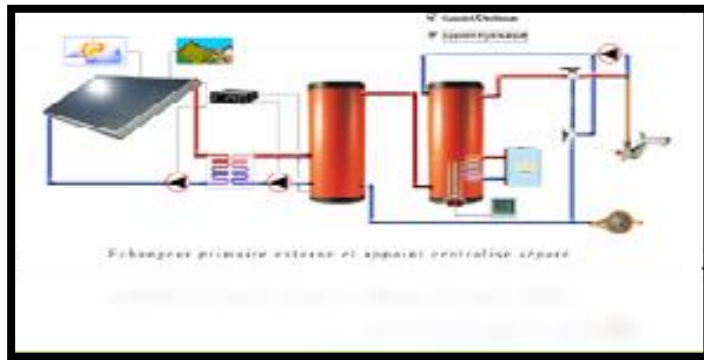
**ECOTECH**



**Figure 46: outil de simulation ECOTECH**

Source : <http://www.ai-environnement.fr/uploads/tinyFiles/32/Outils>

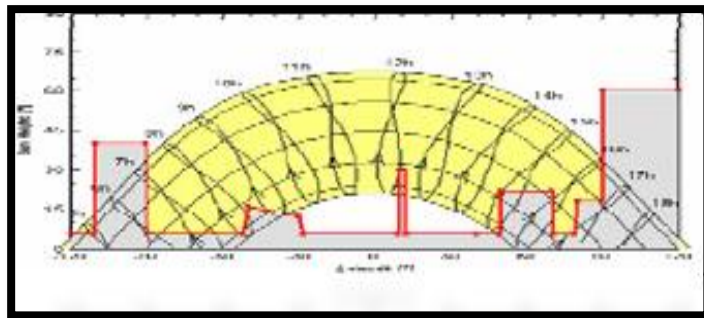
**SIMSOL**



**Figure 47: outil de simulation SIMSOL**

Source : <http://www.ai-environnement.fr/uploads/tinyFiles/32/Outils>.

**PVSYST**



**Figure 48: outil de simulation PVSYST**

Source : <http://www.ai-environnement.fr/uploads/tinyFiles/32/Outils>.

**CLIMAWIN 2005**



**Figure 49: outil de simulation CLIMAWIN**

Source : <http://www.ai-environnement.fr/uploads/tinyFiles/32/Outils>.

Parmi les travaux qui ont été utilisés la simulation :

- Méthode expérimentale, par le logiciel Fluent d'Amraoui MohammedAmine 2011/2012. <sup>[4]</sup>
- Etude Expérimentale par F. Mokhtari et D. Semmar (1999). <sup>[5]</sup>
- Étude expérimentale, par la simulation Présenté par A. Ahmed-Zaïd. <sup>[6]</sup>
- Simulation avec givrage par Clement Hochart Février 2007 <sup>[7]</sup>
- Simulation sous TRNSYS16.1 par Présenté par : Mr : Karbouche Azouz juin 2012 <sup>[8]</sup>
- Simulations avec CODYRUN Par Harry Boyer, Franck Lucas, Fr\_eric Miranville, Alain Bastide, Dominique Morau <sup>[9]</sup>

..... Mais nous utilisons L'écotect parce qu'est une méthode de simulation objective et fiable pour un minimum d'erreurs et aussi travail selon notre étude.

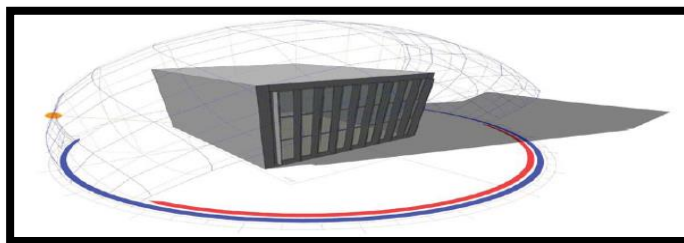
Tels que le travail de :

- Simulation numérique sous ecotect analysis 2011 présente par Hassas Ep.Khalef Naima 30-06-2012. <sup>[10]</sup>
- Simulation présente par YUDI NUGRAHA BAHAR 15 avril 2014 <sup>[11]</sup>
- Simulation présente par Raphaël BARRY 11/12/10 <sup>[12]</sup>
- Simulation présente par Diego I. Ibarra, Christoph F. Reinhart 2009 <sup>[13]</sup>

### **3-Présentation d'ecotect:**

#### **3-1 logiciel utilise pour la simulation numérique Autodesk Ecotect 2011x86**

Ecotect est un outil d'analyse de conception conçu par le Dr Andrew Marsh, les caractéristiques, la conception d'ombrage, éclairage, acoustique et fonctions d'analyse du vent ainsi que thermique. Il utilise CIBSE (Chartered Institution of Building Services Engineers) Admittance méthode pour calculer les charges de chauffage et de refroidissement pour un certain nombre de zones dans un modèle. Ces facteurs de charge sont des gains directs et indirects solaires, les gains internes, les gains interzonaux, flux de chaleur interzonal et les charges pull-bas en raison de l'utilisation intermittente. Il peut afficher des températures horaires internes et des pannes de charge ainsi que les distributions annuelles de température et les effets de la masse thermique.



Logiciel de simulation complet qui associe un modelleur 3D avec des analyses solaires, thermiques, acoustiques et de coût. ECOTEECT est un outil d'analyse simple et qui donne des résultats très visuels. ECOTEECT a été conçu avec comme principe que la conception environnementale la plus efficace est à valider pendant les étapes conceptuelles du design. Le logiciel répond à ceci en fournissant la rétroaction visuelle et analytique, guidant progressivement le processus de conception en attendant que les informations plus détaillées soient disponibles. Ses sorties étendus rendent également la validation finale de conception beaucoup plus simple en se connectant par interface à Radiance, EnergyPlus et à beaucoup d'autres outils plus spécialisés.

ECOTEECT est bon pour enseigner au débutant les concepts importants nécessaires pour la conception efficace de bâtiment. <sup>[14]</sup>



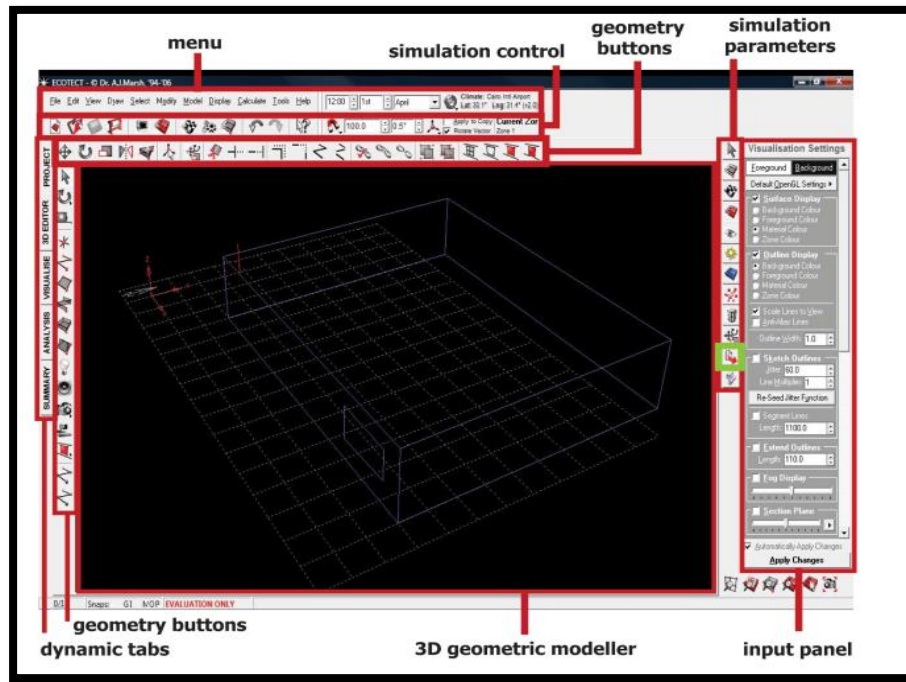


Figure 50 : l'écran de l'ecotect

Source : Ecotect 2011

### 3-2 Captures d'écran :

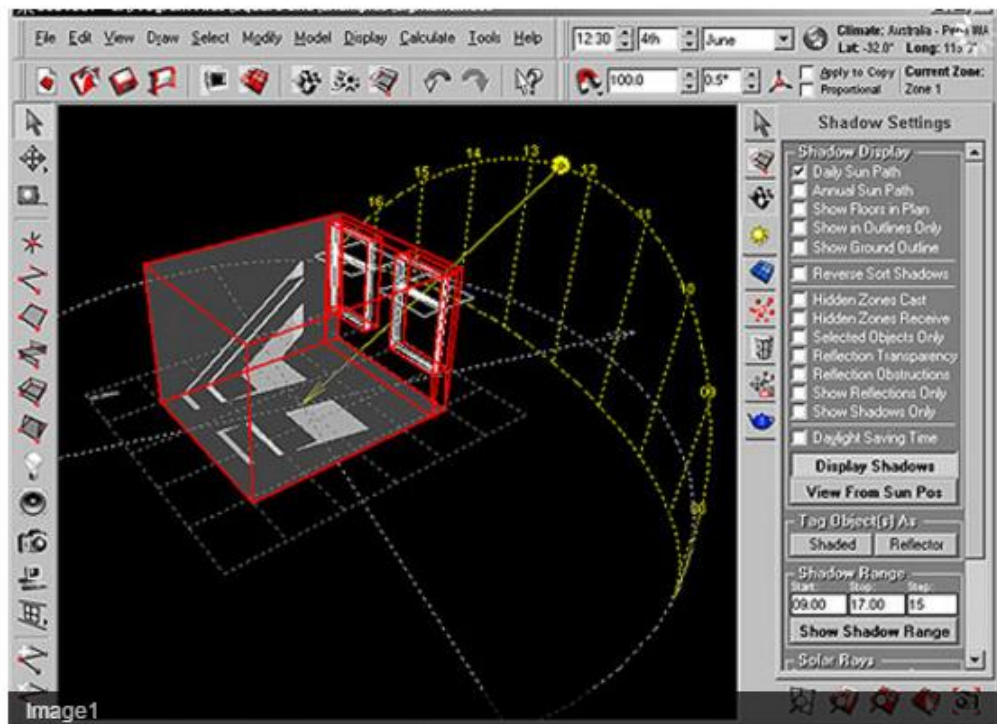


Figure51 : capture écran d'ecotect

Source : BER(Ingénierie de l'Efficacité Energétique et des Energies Renouvelables)

### **3-3 les avantages :**

- Prise en main assez rapide
- Résultats très visuels (parfaits pour communiquer avec des architectes)
- Bon outil pour la phase esquisse et pour bien orienter la conception
- Nombreuses sorties vers des logiciels plus performants. <sup>[15]</sup>

### **3-4 Les faiblesses :**

- CIBSE Admittance Méthode
- Pas de calcul d'équilibre thermique (radiation et convection à chaque pas de temps)
- Pas de ventilation naturelle ni de multizones
- Très faibles possibilités en chauffage, ventilation et air conditionné. <sup>[16]</sup>

## **4- Conclusions**

Depuis de nombreuses années les enseignants de l'architecture et conception de l'environnement ont été à la recherche de simple, et des mécanismes intuitifs pour permettre aux étudiants de évaluer et évaluer leurs conceptions. Ecotect fournit un simple à utiliser et mécanisme approprié pour ça. Avec l'intégration appropriée dans les cours Ecotect peut se révéler un avantage potentiel pour améliorer la compréhension des élèves des concepts qui restent souvent dans le domaine de la théorie de la salle de conférence de sorte qu'ils peut être appliquée à des travaux de conception de l'étudiant dans son ensemble.

### Référence :

- <sup>[1]</sup> (Simulation numérique du mouvement d'air et de la variation de température dans des serres chauffées)
- <sup>[2]</sup> (Simulation des performances du bâtiment en utilisant la ventilation naturelle dans un style contemporain)
- <sup>[3]</sup> THESE (Simulation de jets d'air lobés pour l'optimisation des Unités Terminales de Diffusion d'Air)
- <sup>[4]</sup> (<http://dspace.univ-tlemcen.dz/bitstream/112/1977/1/Amraoui-Mohammed-Aminepdf.pdf> date : 08 /05/2016). Mémoire de majester (Etude numérique d'un capteur solaire plan à air Influence de la forme de la rugosité)
- <sup>[5]</sup> Etude Expérimentale d'un Capteur Solaire à Air
- <sup>[6]</sup> ([http://www.cder.dz/download/Art4-2\\_1.pdf](http://www.cder.dz/download/Art4-2_1.pdf))
- <sup>[7]</sup> thèse (Simulation en soufflerie du givrage d'un profil de pale d'éolienne)
- <sup>[8]</sup> Mémoire (Architecture et efficacité énergétique des panneaux solaires )
- <sup>[9]</sup> thèse (Simulations de dispositifs du type Mur Trombe avec CODYRUN)
- <sup>[10]</sup> Mémoire de magister (étude de patrimoine architectural de la période ottomane : entre valeurs et confort)
- <sup>[11]</sup> Thèse de doctorat (Représentation of Thermal Building Simulation in Virtual Reality for Sustainable Building)
- <sup>[12]</sup> Majester Thesis Report (Sustainable Building Design with Autodesk Ecotect)
- <sup>[13]</sup> Majester Thesis Report (DAYLIGHT FACTOR SIMULATIONS – HOW CLOSE DO SIMULATION BEGINNERS 'REALLY' GET?) [dibarra@gsd.harvard.edu](mailto:dibarra@gsd.harvard.edu), [reinhardt@gsd.harvard.edu](mailto:reinhardt@gsd.harvard.edu)
- <sup>[14, 15,16]</sup> I3ER Ingénierie de l'Efficacité Energétique et des Energies Renouvelables

*Partie II :*

*Partie*

*Pratique*

***Chapitre 04 :***  
***Présentation***  
  
***du***  
  
***cas d'étude***

### 1-Introduction :

Tébessa fait partie des hauts plateaux. Elle occupe une situation géographique et Stratégique qui constitue une zone de transit entre le nord et le sud de la région est du pays. Le climat de cette région est plus variable au niveau des quatre saisons, elle caractérise par son Aspect froid en hiver et chaud en été. Elle appartient au domaine bioclimatique semi-aride Doux. A la faiblesse des précipitations en outre très irrégulières, s'ajoute une répartition Saisonnière très variable caractérisée parfois par de violentes averses.

### 2- Situation et caractéristiques de la wilaya de Tébessa :

#### 2-1- La situation Géographique :

Tébessa occupe une position stratégique à l'extrême Est de l'Algérie, c'est une ville carrefour à la frontière du désert et de la Tunisie, aboutissement de voies de circulation Importantes et constitue un point de transit entre l'intérieur et l'extérieur du pays d'une part et Entre le Tell et le Sahara d'autre part.

Tébessa couvre une aire de 13878 kilomètres carrés et se rattache naturellement d'une Manière générale à la zone des Hauts plateaux et partiellement à l'immense étendue steppique Du pays. <sup>[1]</sup>



Figure 52 : situation de l'Algérie

Source : Mr. Gherzouli lazher, 2007, p37



Figure 53 : situation de Tébessa

Source : Mr. Gherzouli lazher, 2007, p38

Figure 54 : situation de Tébessa a la région

Source : Mr. Gherzouli lazher , 2007



## *Chapitre 04 : Présentation du cas d'étude*

### 2-2- Etude générale de climat

Cette région étant une zone de transition météorologique est considérée comme une zone agro-pastorale avec une présence d'un nombre important de phénomènes (gelée, grele Crue, vent violent).

La Wilaya de Tébessa se distingue par quatre (04) étages bioclimatiques.

\* Le Sub- humide (400 à 500 mm/an) très peu étendu il couvre que quelques Ilots limités aux Sommets de quelques reliefs (Djebel-Serdies et Djebel-Bouroumane)

\* Le Semi-aride (300 à 400 mm/an) représenté par les sous étages frais et Frois couvre toute La partie Nord de la Wilaya.

\* Le Sub-Aride (200 à 300 mm/an) couvre les plateaux steppiques de Oum-Ali – Saf-Saf-El-Ouesra – Thlidjene et Bir El-Ater.

\* L'Aride ou saharien doux (-200 mm/an), commence et s'étend au-delà de L'Atlas saharien et Couvre les plateaux de Negrine et Ferkane. <sup>[2]</sup>

#### 2-2-1 Les données climatiques : <sup>[3]</sup>

**Tableau n°8: Les données climatiques de la wilaya de Tébessa pendant 2013-2014**

Source : Station Météorologique de l'aérodrome de Tébessa (2014)

Annee 2014	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Précipitation	47	57.2	39.2	24.6	27.8	2.1	3.5	35.5	41	51.9	13	2.6
Moy T°	5.9	4.1	10.5	14.4	19.3	27.1	28.8	29	22.7	19.5	14	8.5
T° Max	17	16.4	23.8	31	34	41	43.5	42.1	35.6	33	24	24.6
T° Min	-6	-4	-0.2	-0.7	5.3	11.2	12	14.5	9.5	3	-0.6	-2.5
Humidité	81.4	82	74.8	64	60.8	46.5	44.7	38.4	56.9	83.3	71	73.1
Vent Max	340/300	300/26	20/26	140/25	26/37	230/21	80/30	20/26	20/24	300/26	140/2	300/23
Vent Moy	3.4	3.8	3.5	4.4	3.3	3.3	3.4	2.7	3	2.9	3	3.4
Humidité Max	76	73	67	62	61	50	45	47	61	66	70	78
Humidité Min	61	56	51	48	44	39	35	38	47	53	58	60



### 2-2-2 La rose des vents :

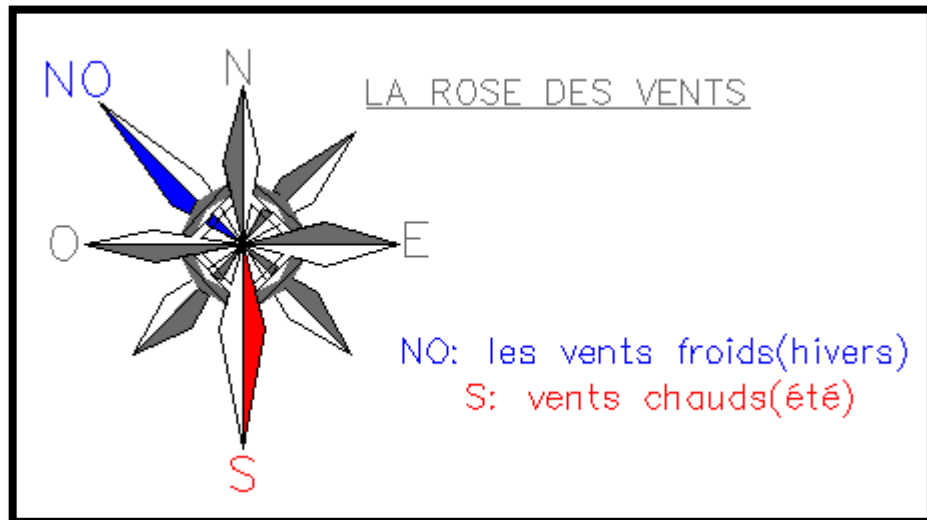


Figure 55 : la rose des vents

Source : Station Météorologique de l'aérodrome de Tébessa (2014)

Les vents sont caractérisés par leur vitesse et leur intensité. Les vents prédominants sont de direction ouest-nord-ouest au mois de Novembre et la distribution du champ de direction du vent est saisonnière hiver-été. En hiver, les vents du NW sont souvent secs et froids ; en été les vents du sud sont fréquents et peuvent être chauds et secs, d'où l'augmentation de l'évaporation et une sécheresse fait augmenter le déficit d'écoulement.

Les vents dominants sont ceux du Nord-Ouest, puis à une intensité moindre viennent ceux de l'Ouest et du Sud-Ouest.

Le Sirocco souffle durant la période Juillet Aout et où le degré hygrométrique de l'air est très bas et la température est parfois supérieure à 40°C.

### 3-Conclusion:

Après cette étude détaillée sur la ville de Tébessa, ses caractéristiques et son climat Nous sommes résultantes :

- En ce qui concerne la température :

\* Le mois le plus chaud est « Juillet » et le mois le plus froid est « Janvier ».

- Concernant l'humidité :

\*Le mois le plus humide est « Décembre » et le mois le mois humide est « Juillet ».

- Concernant la Précipitation:

\* Le mois le plus pluvieux est « Février » et le mois le moins pluvieux « Juin ».



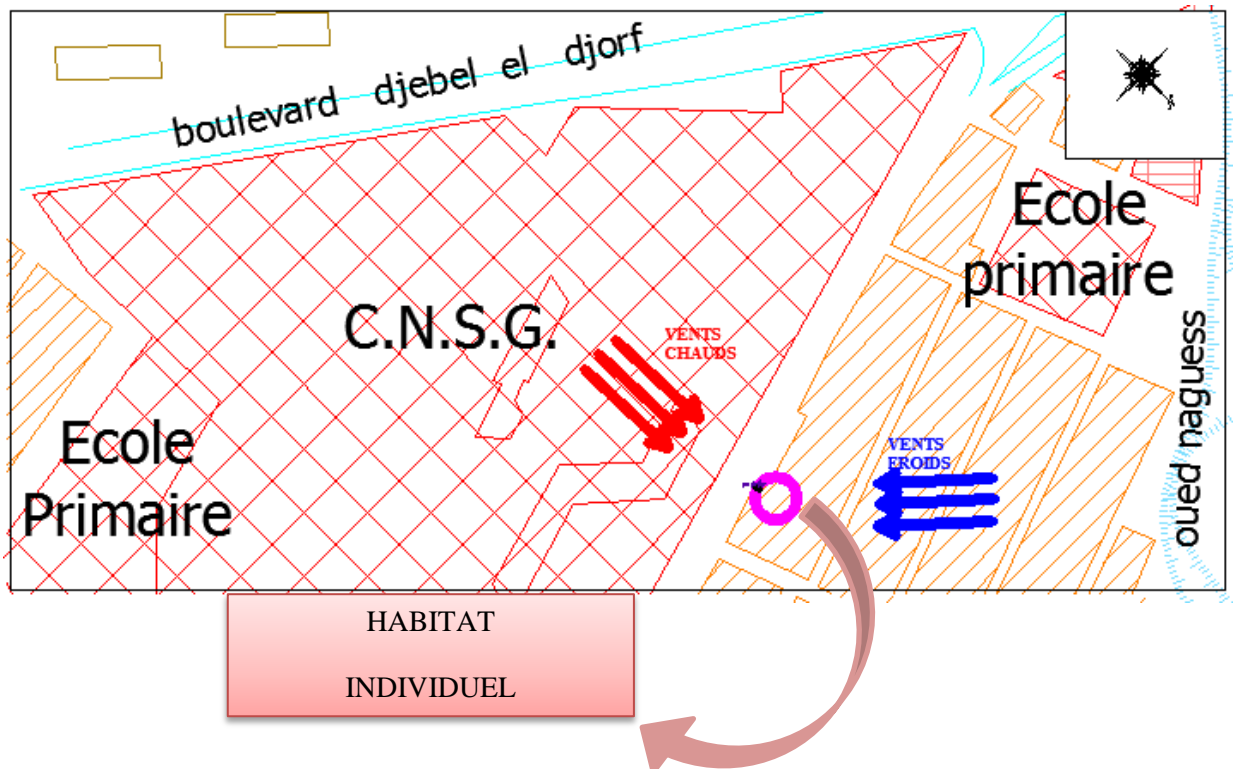
#### 4- l'échantillon du Cas d'étude

Habitat individuel (Quartier el Djorf 21/39). Surface bâties :148.20 m<sup>2</sup>



**Photo 01 : l'échantillon du cas d'étude**  
Source : l'auteur 15-04-2016

#### 4-1 : plan de situation



**Figure 56 : Plan Situation**  
Source : Carte Tébéssa 2012

### 4-2 : Les plans



Figure 57 : Plan RDC+ Etage + TERRASSE +TOITURE

Source : l'auteur (relevé)

### 4-3 : La coupe A-A :

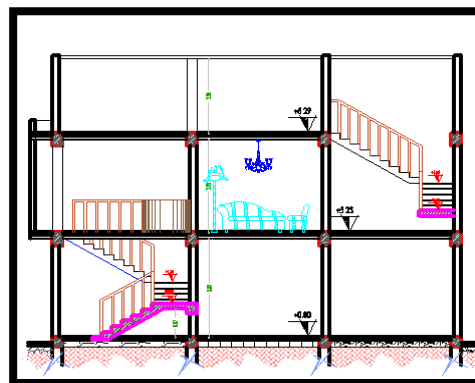


Figure 58 : Coupe A-A

Source : l'auteur

### 4-4 : Façade Principale :



Figure 59 : Façade Principale  
Source : l'auteur

### 4-5 : 3D



Figure 60: 3D d'échantillon d'étude  
Source : l'auteur

## *Chapitre 04 : Présentation du cas d'étude*

---

### *Référence :*

*[1]- Mr .Gherzouli Lazhar, Mémoire Renouveaulement du centre ancien de la ville de Tébessa, 2007, page 36.*

*[2]-l'Agence Nationale de Développement de l'Investissement (ANDI)-2013*

*[3] Station Météorologique de l'aérodrome de Tébessa (2014)*

*Chapitre 05 :*  
*Application*

### 1-Introduction :

La figure 61 représente le plan de RDC de notre échantillon d'étude avec les mêmes conditions climatique ; Mais à chaque fois on ajoute un outil technique (malgaf, mur trombe)

- Relevé cas d'étude
- L'échantillon avec d'antenne malgaf
- L'échantillon avec mur capteur

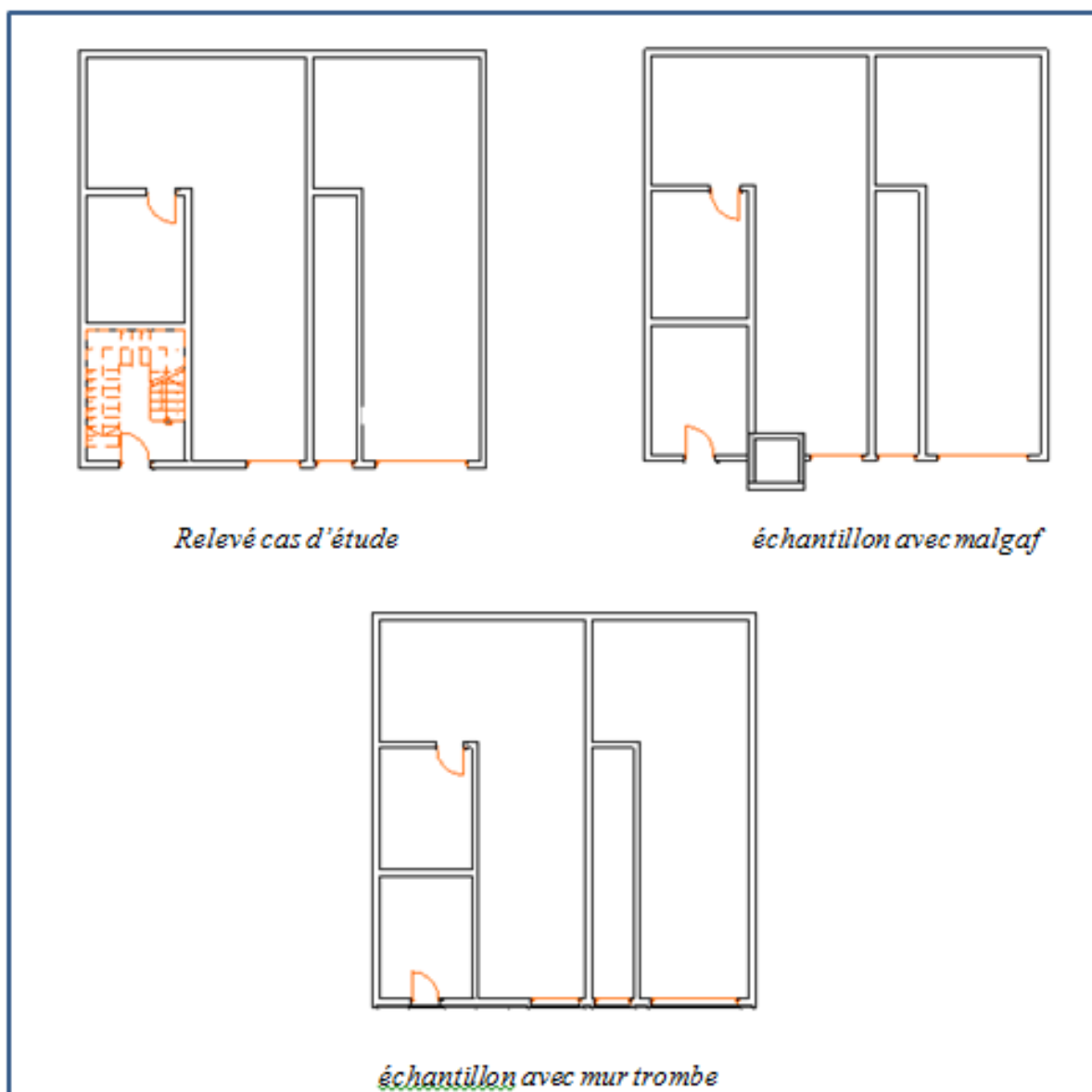


Figure 61 : Les échantillons de notre étude

Source auteurs (01 /05/2016)

## 2- Création de model

- ❖ logiciel utilise pour la simulation numérique Autodesk Ecotect 2011x86.
- ❖ **Modeling en 3D** : On a modelé les 04 variantes d'échantillon avec l'logiciel d'ArchiCAD-64 19 et exportés sous l'extension .DXF

Le premier échantillon : Relevé cas d'étude pour le mois plus chauds (juillet)

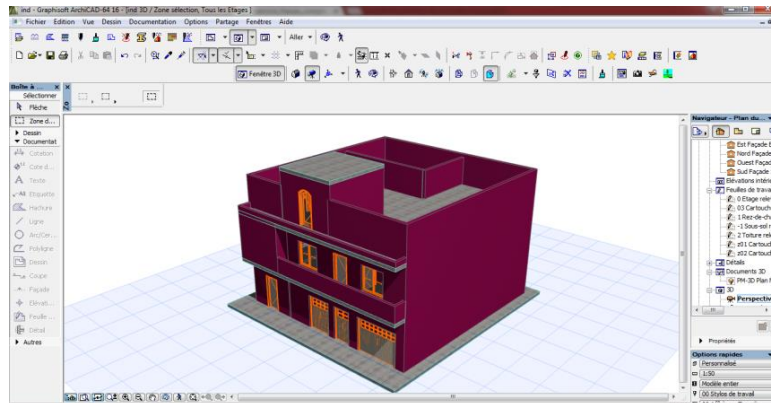


Figure 62 : représentation en 3D (cas d'étude)

Source Auteur 05 /05/2016

Le deuxième échantillon: Relevé cas d'étude pour le mois plus froids (janvier)

La troisième échantillon : l'échantillon avec d'antenne malgaf type d'un emplacement (longueur 1.5m ; largeur 1.5m, hauteur 15 m) orienté au sud, utilisé système humidification et construire par le brique , une seul ouverture vers l'extérieur( Longueur 1.3m ; largeur 1.5m ; hauteur 11 m) et une ouverture vers l'intérieur dans chaque étage( largeur 1.3 ; largeur 0.2m ; hauteur 0.1m) ; bassin d'eau au-dessous s d'antenne malgaf longueur 1.2m largeur 1.2 m profondeur 0.6 m )

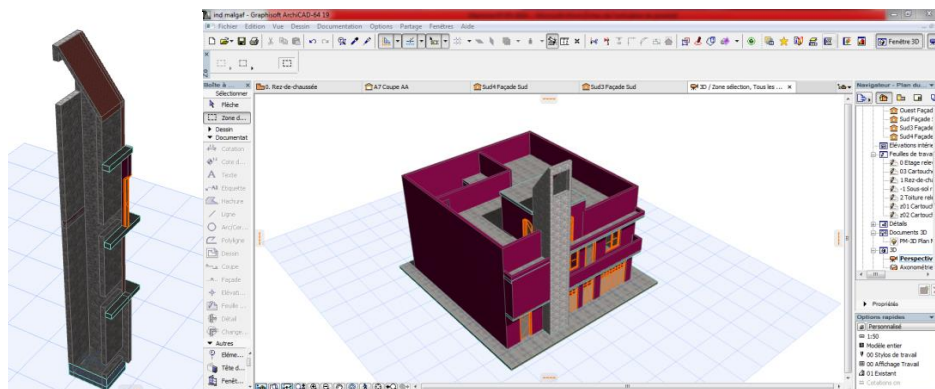


Figure 63: représentation de l'échantillon en 3D avec antenne malgaf

Source : Auteur 05 /05/2016



## Chapitre 05 : Application

Le quatrième échantillon : l'échantillon avec technique de mur capteur (mur trombe), vitrage simple à la façade de chaque étage.

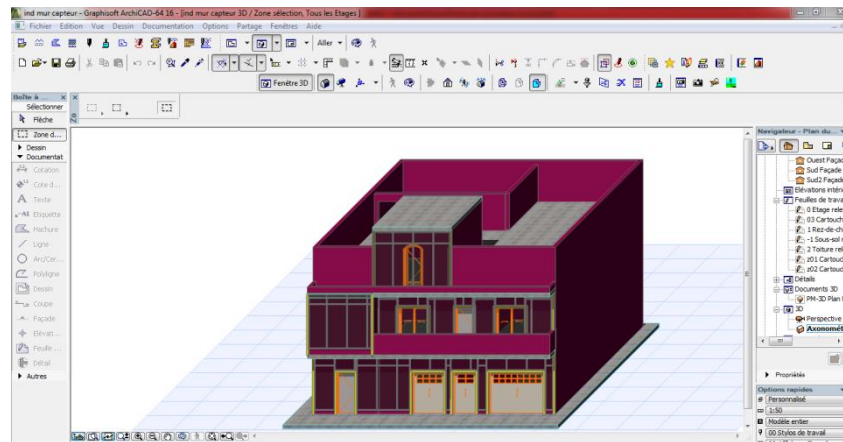


Figure 64 : représentation de l'échantillon en 3D avec mur trombe

Source Auteur 05 /05/2016

### ❖ insertions des données générales :

Insertion des données générales de projet: Situation, altitude, le nord, Nom et type de projet...

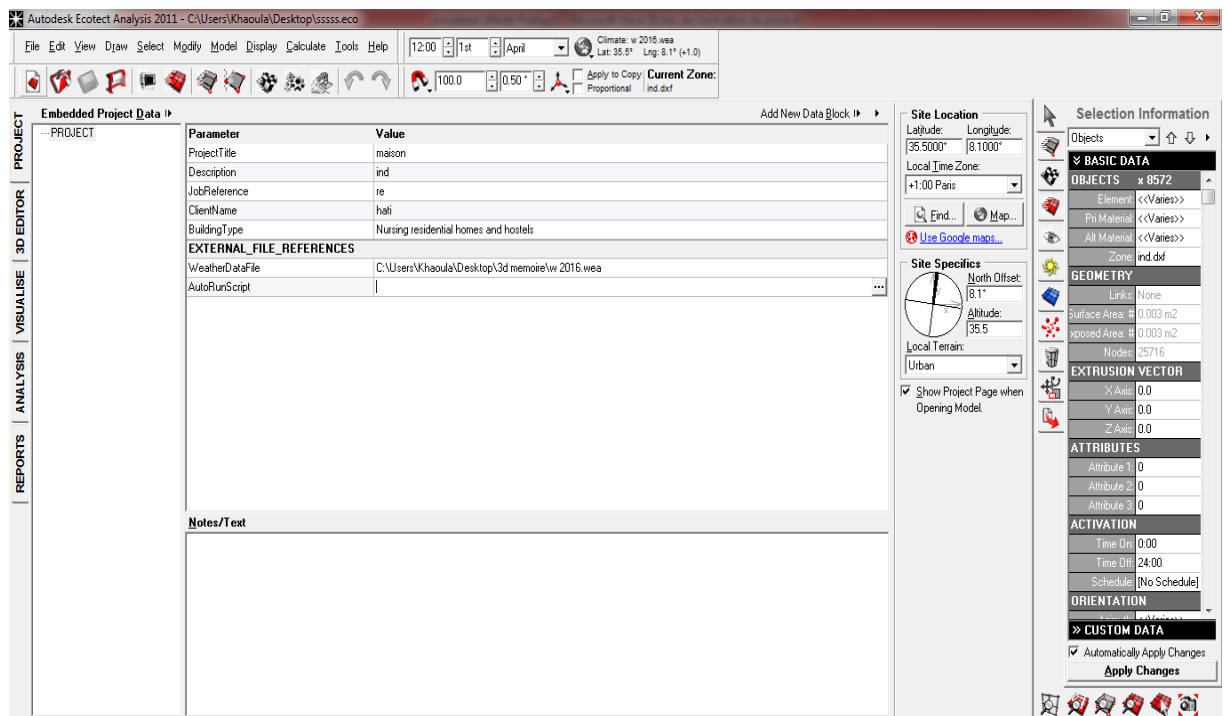


Figure 65 : insertion des données générales dans l'ECOTECT (Project)

Source : Auteur 07 /05/2016



## Chapitre 05 : Application

### ❖ insertions des données climatiques :

Insertion des données climatiques : Température, précipitation, vents ...

On insère les données climatiques dans l'outil Weather tool d'Ecotect puis on les convertit a un fichier dont l'extension wea.

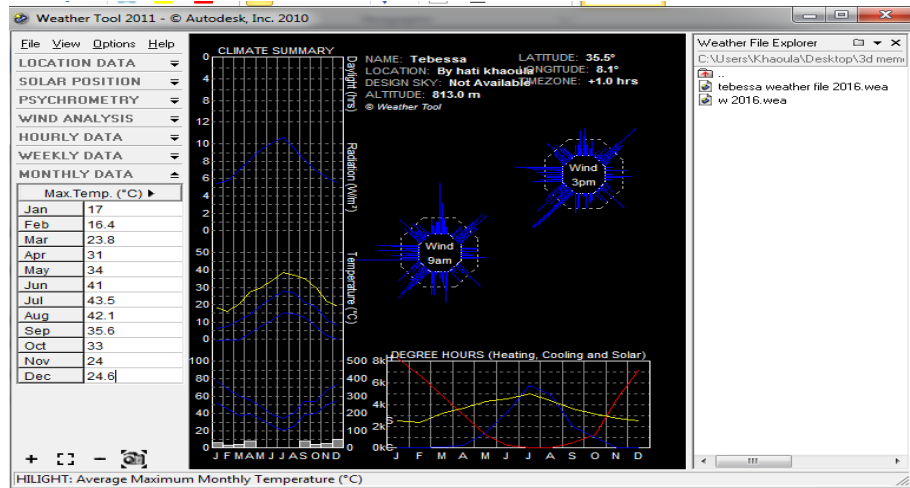


Figure 66 : insertion des données climatiques dans l'ECOTECT (Monthly Data)

Source : Auteur 07 /05/2016

### ❖ Importation du fichier TEBESSA.wea a ECOTECT

on a choisi le moins plus chauds (juillet) pour technique malgaf et le moins plus froids (janvier) a la technique de mur trombe ,dans l'outils de position de soleil ( solar position )

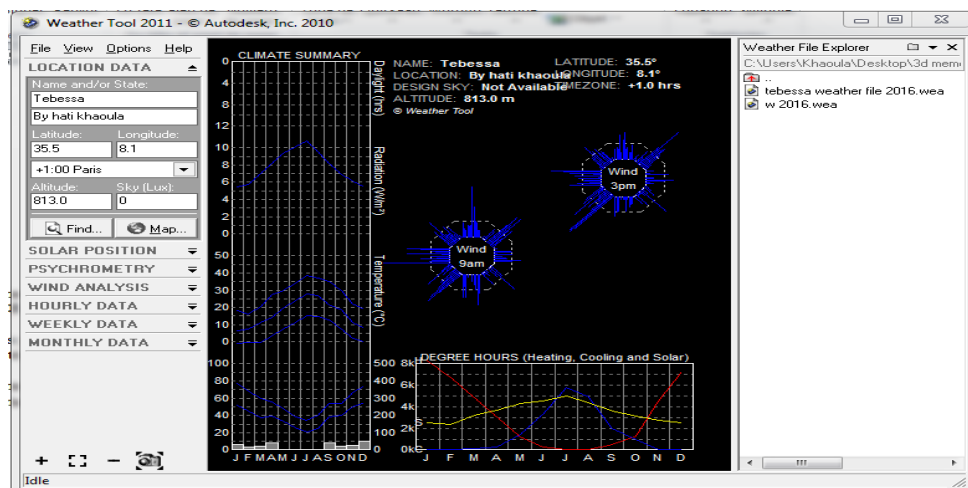


Figure 67: insertion des données climatiques dans l'ECOTECT (Location Data)

Source : Auteur 07 /05/2016

# Chapitre 05 : Application

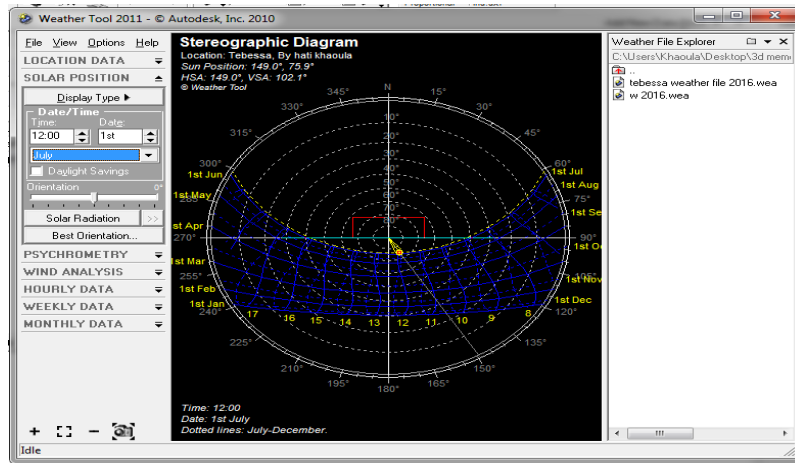


Figure 68 : insertion des données climatiques dans l'ECOTECT (Solar Position)

Source : Auteur 07 /05/2016

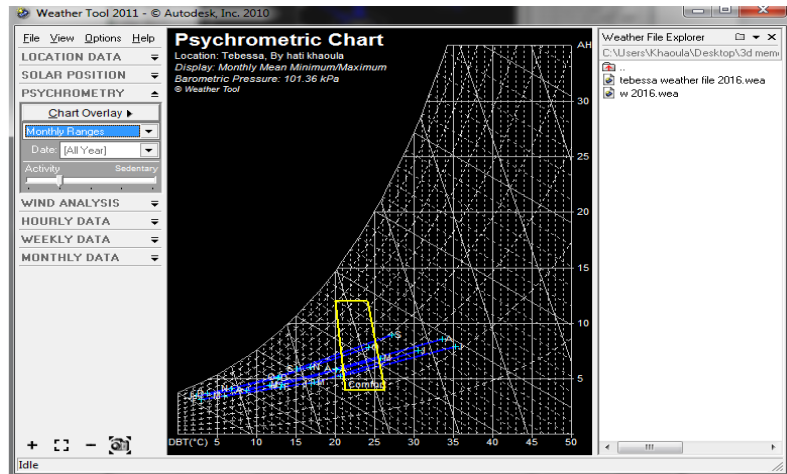


Figure 69 : insertion des données climatiques dans l'ECOTECT(Psychrometry)

Source : Auteur 07 /05/2016

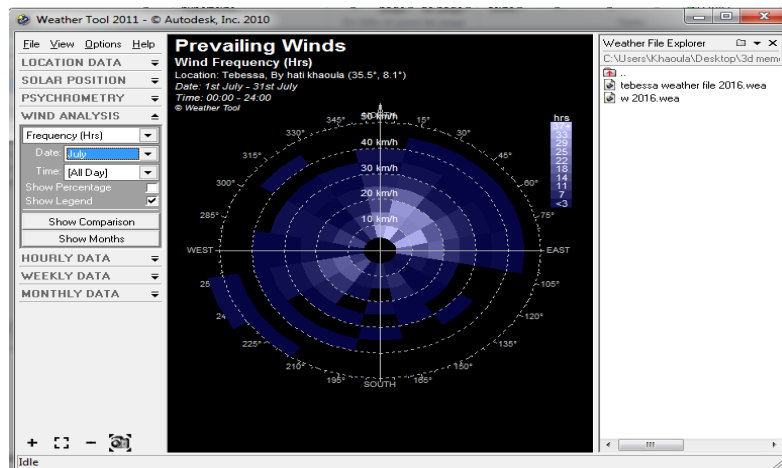


Figure 70 : insertion des données climatiques dans l'ECOTECT (Wind Analysis)

Source : Auteur 07 /05/2016

# Chapitre 05 : Application

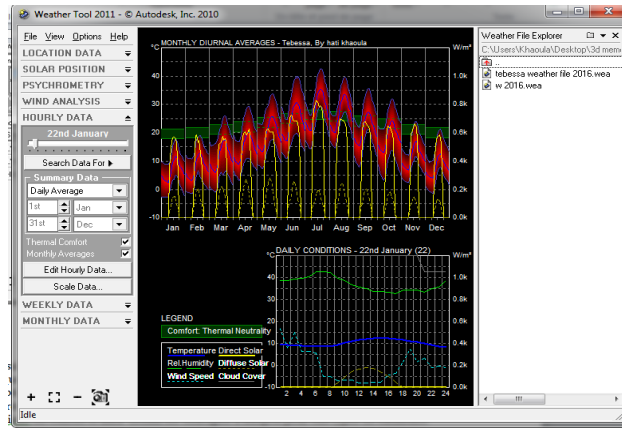


Figure71 : insertion des données climatiques dans l'ECOTECT (Hourly Data)

Source : Auteur 07 /05/2016

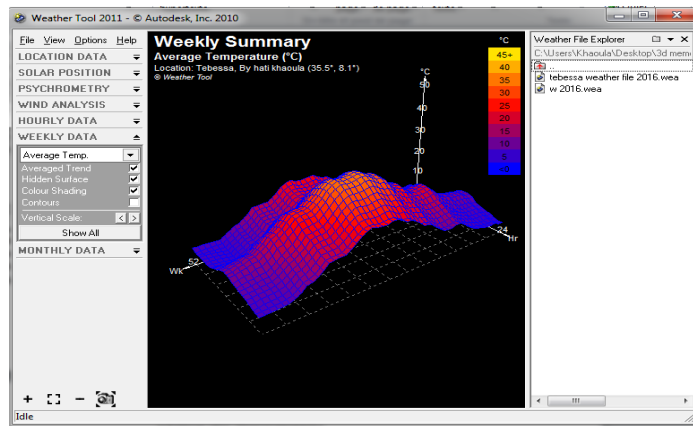


Figure 72 : insertion des données climatiques dans l'ECOTECT (Weekly Data)

Source : Auteur 07 /05/2016

## ❖ importation de modèle et l'opération d'intervention :

Importation des modèles 3D des variantes déjà exportés sous l'extension .DXF

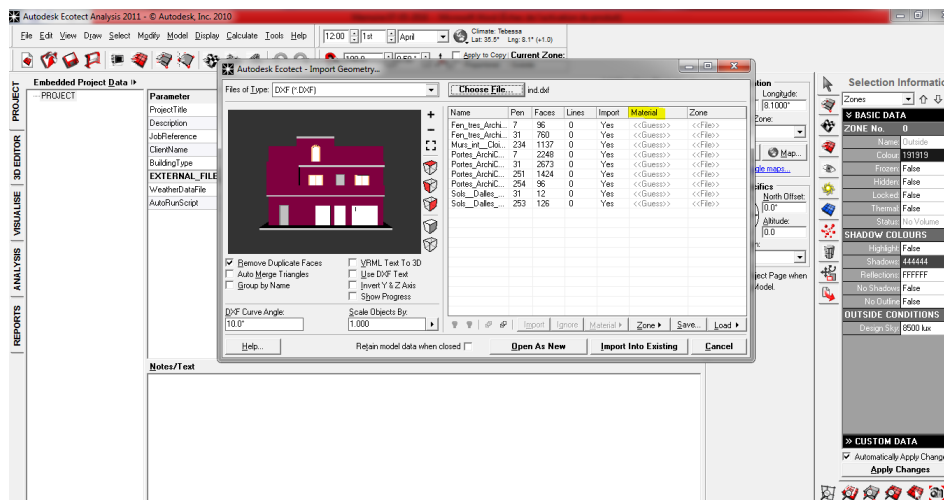


Figure 73 : Importation des modèles 3D dans l'ECOTECT:

Source : Auteur 07 /05/2016

## Chapitre 05 : Application

Puis la définition des différents matériaux des modèles 3D : toiture, Murs, fenêtres, portes ...

Dans le menu latéral on choisit 3D editor (cf. figure 74)

Puis Analyses Grid, on a inséré une Grille d'analyse puis exécution de l'outil Thermal analyse

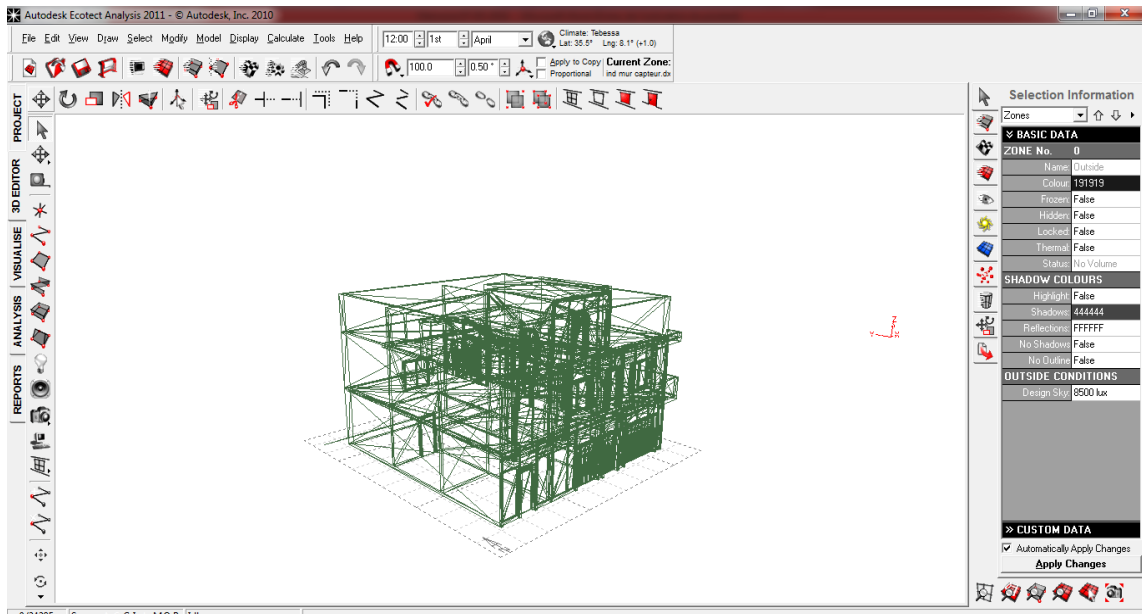


Figure 74: représentation de modèle 3D de cas d'étude dans l'ECOTECT.

Source : Auteur 07 /05/2016

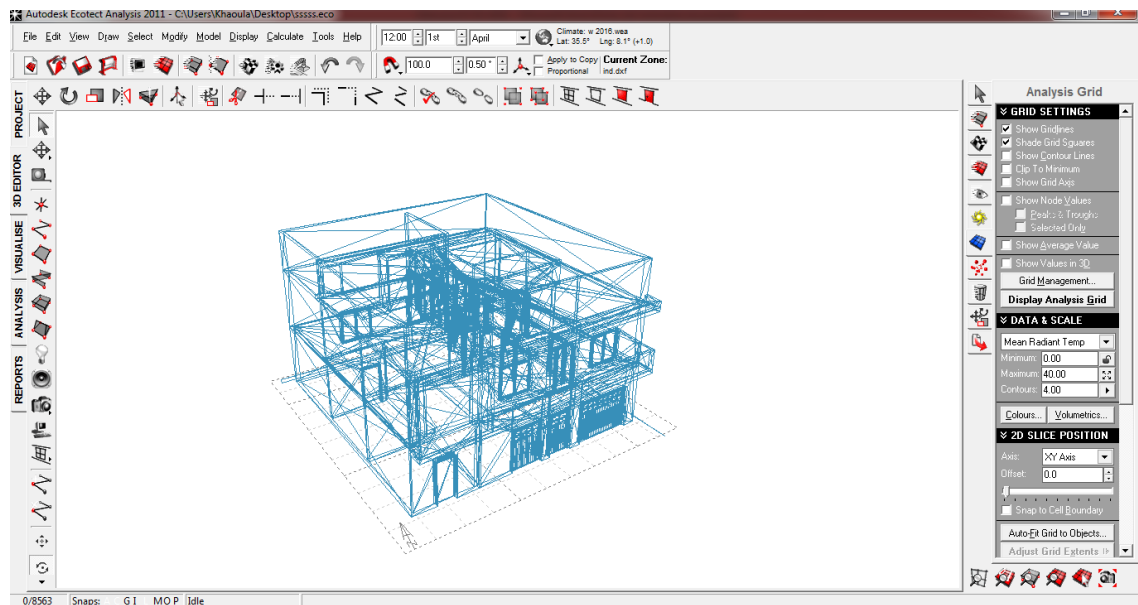


Figure 75: représentation de modèle 3D de l'échantillon avec mur trombe dans l'ECOTECT:

Source Auteur 07 /05/2016

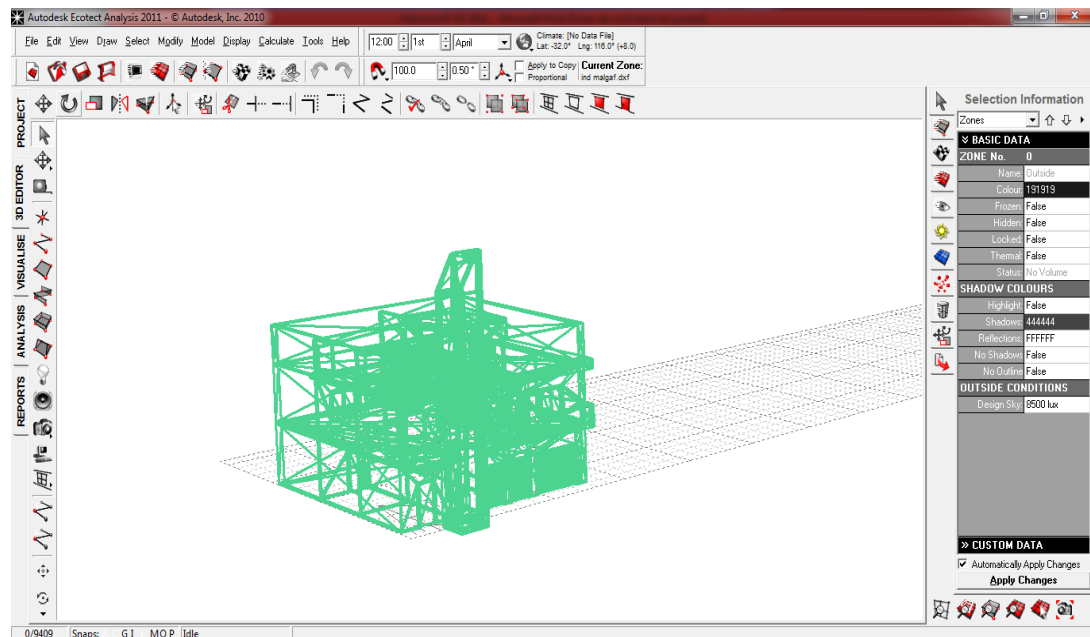


Figure 76: représentation de modèle 3D de l'échantillon avec malgaf dans l'ECOTECT:

Source : Auteur 07 /05/2016

### 3-simulation :

Les résultats liés à la collecte de données mesurées dans les quatre cas de simulations ainsi que ceux obtenus à l'aide d'Autodesk® Ecotect™ Analysis , un outil complet de conception, sont présentés et discutés afin d'identifier les paramètres optimaux pour améliorer les conditions du confort et ainsi définir les stratégies à adopter pour tels types d'habitat (individuel) de la ville de Tébessa (semi -aride ) . Ce dernier logiciel permet une modélisation des différentes zones thermiques avec une analyse modale pour chacune des zones. A partir de résultat d'analyse de l'échantillon a le mois plus chauds et le mois plus froids en constat :

Le mois le plus chauds (juillet) : qu'il y a une diminution du degré de température de l'extérieur à l'intérieur pour éteindre son apogée sur les surfaces de l'habitat a orienté sud 40°C, mais les surfaces orienter N-O 32°C à 28°C (cf. Figure 77).

Le mois le plus froids (janvier) : 28°C de la température sur les surfaces de l'habitat a orienté sud, et 20°C a16°C à 12°C sur les surfaces orienter N-O (cf. Figure 78).



# Chapitre 05 : Application

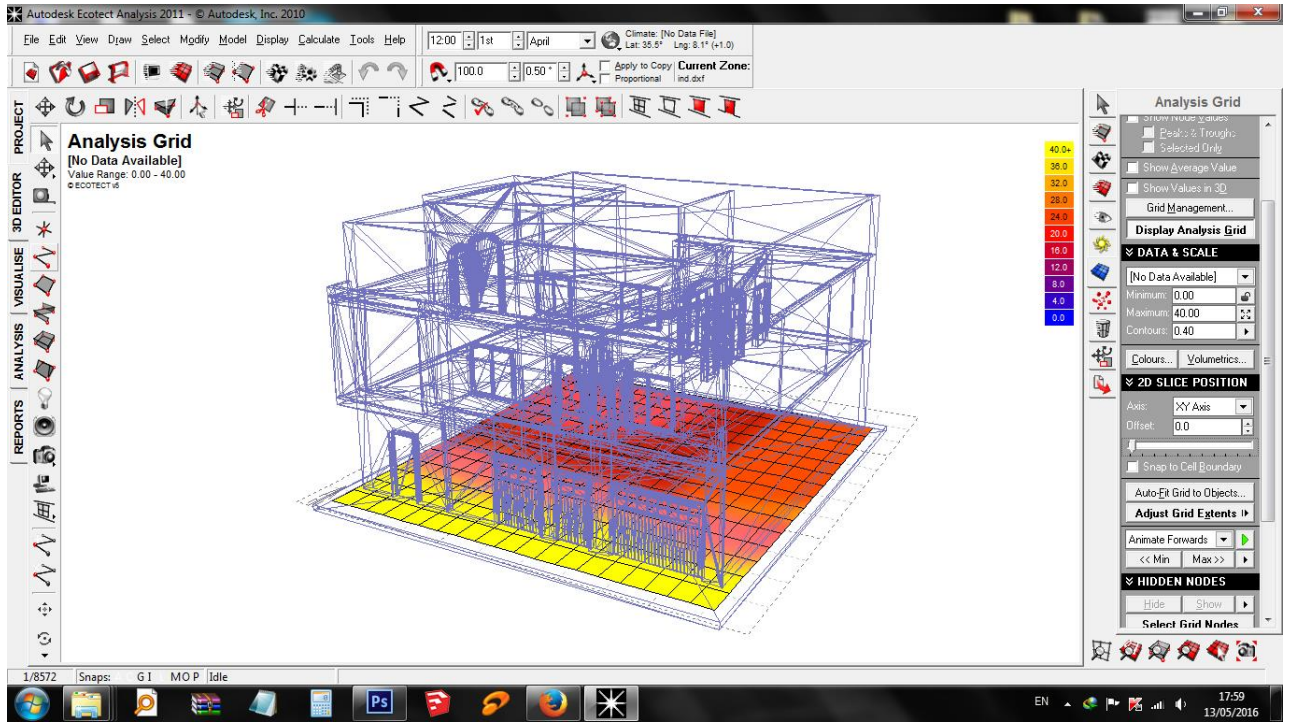


Figure 77 : résultats d'analyses de cas d'étude à juillet

Source : Auteur 9/05/2016

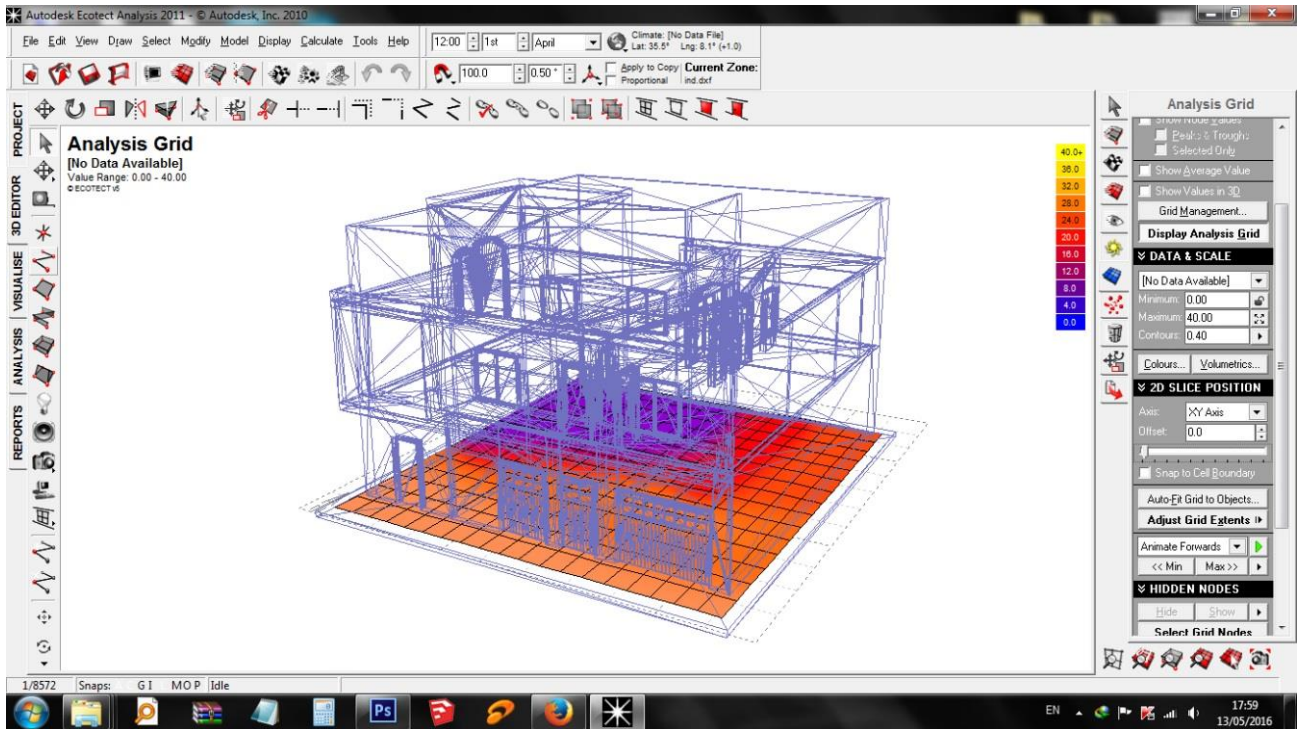


Figure 78: résultats d'analyses de cas d'étude à janvier

Source : Auteur 9/05/2016

# Chapitre 05 : Application

On remarque dans la figure 79 que malgaf cause une diminution du degré de température dans le mois le plus chauds où on trouve que les surfaces orienter sud à diminuer de 40°C a 38°C à 32°C, et cette diminution à toucher même les surfaces N-E de 28°C à 24°C et les surfaces N-O de 24°C a20°C

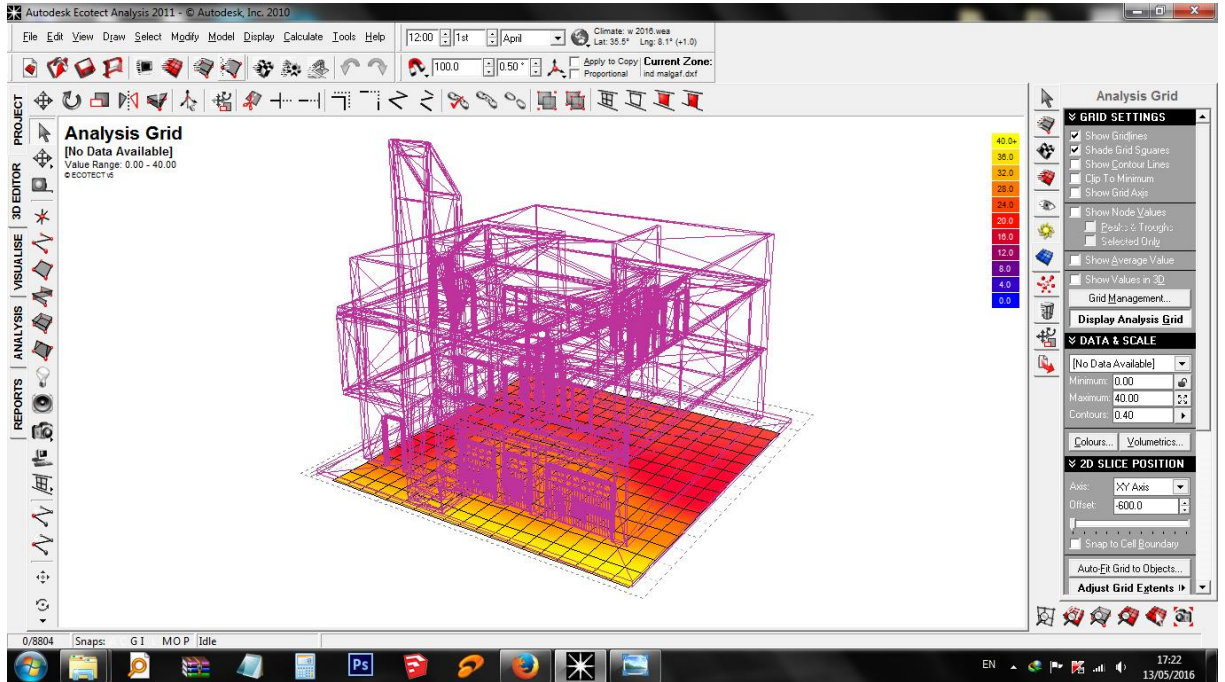


Figure 79 : résultats d'analyses de l'échantillon avec malgaf dans l'ECOTECT ,

Source : Auteur 9/05/2016

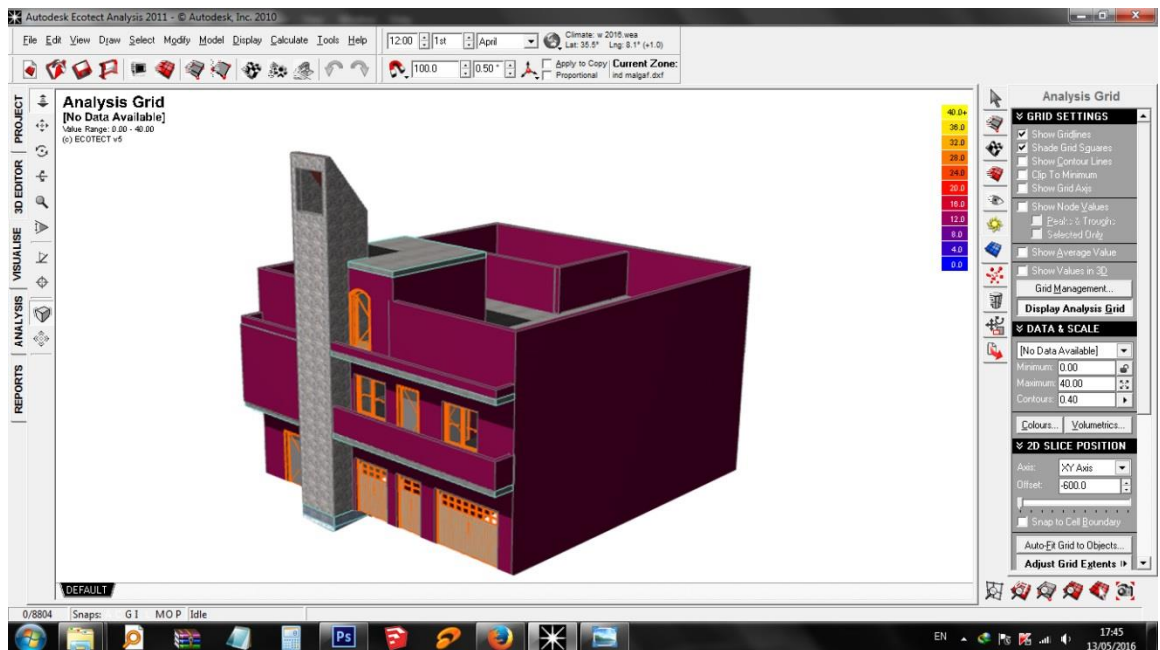


Figure 80: visualisation d'analyse de l'échantillon avec malgaf dans l'ECOTECT

Source : Auteur 9/05/2016



## Chapitre 05 : Application

A partir de la comparaison entre résultat d'analyse de l'échantillon dans le mois le plus froid et avec le mur trombe en remarque une augmentation du degré de température sur les surface orienter au sud qui contenant le mur trombe de 28°C à 32°C, mais aucune changement de température a d'autre surface. (cf. Figure 81).

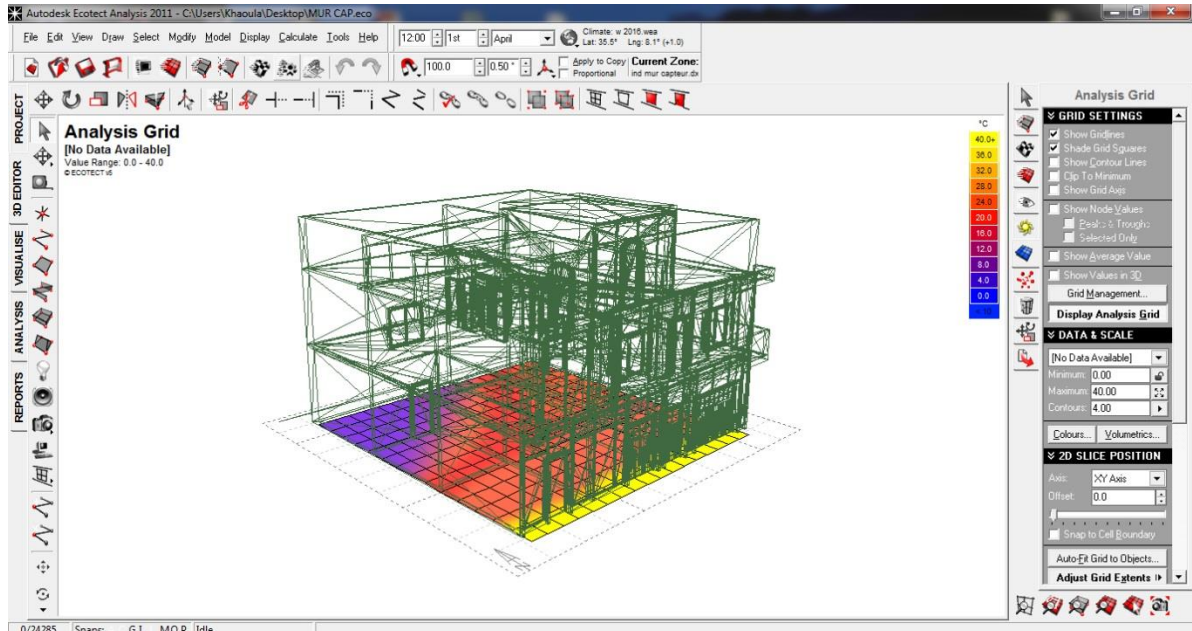


Figure 81 : résultats d'analyses de l'échantillon avec mur trombe dans l'ECOTECT

source : Auteur9/05/2016

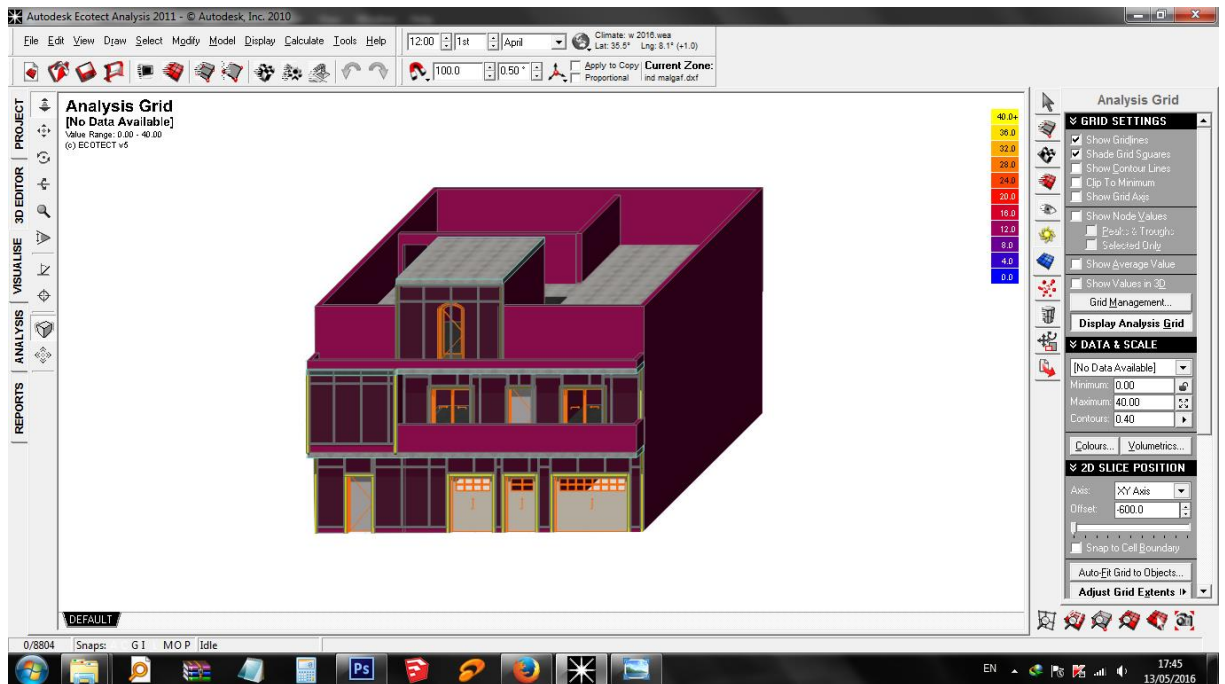


Figure 82 : visualisation de l'échantillon avec mur trombe dans l'ECOTECT

Source : Auteur 9/05/2016



### **4-Conclusion**

Après l'étude et la simulation pour connaître l'effet de malgaf et le mur trombe sur le confort de l'individu d'un habitat individuelle dans le climat semi-aride de la ville de Tébessa ,et les résultats obtenues à partir l'analyse ci-dessus, en constate que malgaf joue un rôle très importante dans le climat de Tébessa ,par contre le mur trombe na pas jouer un rôle importante dans le climat de Tébessa qui conduit à la diminution de la consommation énergétique et tout ça pour assurer le confort thermique et refroidissement naturel.

## *Conclusion Générale*

---

### **Conclusion générale :**

La consommation d'énergie dans les bâtiments a augmenté ces dernières années avec le Développement de l'économie mondiale et représente 30% de l'énergie totale utilisée. Aujourd'hui, le secteur du bâtiment est responsable du quart des émissions de gaz à effet de serre Peu à peu, la contribution des énergies renouvelables devient indispensable pour atteindre les objectifs de réduction fixés par les différentes autorités.

Cette dernière décennie, nous assistons en Algérie une consommation d'énergie sans précédent et en augmentant ses diverses formes.

Donc dans notre recherche, nous allons essayer de trouver des solutions naturelles technologiques alternatives plutôt que des solutions industrielles, afin de Minimiser la consommation d'énergie et assurons un certaine seuil de confort thermique en utilisant l'air comme un facteur principale.

Parce que L'air peut être refroidir et chauffé, et nous avons une consommation d'énergie plus élevés et le climat considérable dans notre wilaya (Tébessa) climat continental. Les étés chauds et des hivers froids, et nous avons trouvé beaucoup des solutions à l'air pour refroidir et chauffer comme malgaf, et le mur trombe.

A la fin nous recommandons après les études et l'application qui ont été utilisés la simulation avec logiciel d'ECOTECT que :

- On peut utiliser technique de malgaf dans l'habitat individuelle à la ville de Tébessa de type « un emplacement » (1.5m\*1.5m\*15m) avec une ouverture de (1.3m\*1.5m\*11m), construire par le brique et système humidification ce qui conduit à une baisse de température par 2°C, pour diminuer la consommation d'énergie et assurer le confort thermique et climatisation naturelle.
- Et ne peut pas utiliser technique de mur trombe, par ce que avec des résultats négligeables

## BIBLIOGRAPHIE :

---

### BIBLIOGRAPHIE :

- 1) *Alain Liébard, André de Herde ; ouvrage : « Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique »*
- 2) *Amraoui-Mohammed-Amine. Mémoire de majesté (Etude numérique d'un capteur solaire plan à air Influence de la forme de la rugosité) 2012*
- 3) *Abbas El zaafarani , lettre de Majesté (solaire d'architecture négative sous les tropiques) 2004*
- 4) *ADEME ; Les Chiffres Clés du Bâtiment: Données et Références ; 1999*
- 5) *AEM (Association of équipement Manufacturers), Mars 2016*
- 6) *Agence Méditerranéenne de l'Environnement et l'Ordre des Architectes du Languedoc-Roussillon ; Architecture solaire et conception climatique du bâtiment.*
- 7) *ADEME, 2007, (Courgey et al, 2006), (Mazria, 1979), (IEA, 1989)), citons*
- 8) *Afnor, thèse de magister « Ambiances thermiques modérées- Détermination des indices PMV et PPD et spécification des conditions de confort », 1994*
- 9) *Aliou Dia, thèse (Simulation de jets d'air lobés pour l'optimisation des Unités Terminales de Diffusion d'Air) , 26/04/2013*
- 10) *Bruant, Thèse de doctorat : Développement et paramétrage de contrôleurs flous multicritères du confort d'ambiance. Mars(1997)*
- 11) *BRAGER Gail S., de DEAR Richard J. , Thermal adaptation in the built environment : a littérature review. Energy and Buildings (1998).*
- 12) *Bodart M ; thèse de doctorat «Création d'un outil d'aide au choix optimisé du vitrage du bâtiment, selon des critères physique et économiques et écologique, pour un meilleur confort visuel et thermique » 2002*
- 13) *Cantin, R. et al. « Complexité du confort thermique dans les bâtiments » 19 au 22 septembre 2005.*
- 14) *David Funk, L'énergie solaire : circonstances et conditions d'exploitation au Québec*
- 15) *Dibarra, Reinhart. Majester Thesis Report (DAYLIGHT FACTOR SIMULATIONS – HOW CLOSE DO SIMULATION BEGINNERS 'REALLY' GET?*
- 16) *Fabien Rouault, Thèse de magister, 10 avril 2014*
- 17) *F. Moukhtari et D.semmar ,These (Etude Expérimentale d'un Capteur Solaire à Air),1999*
- 18) *Givoni B. « l'homme, l'architecture et le climat », France.1978.*
- 19) *Gherzouli Lazhar, Mémoire Renouveau du centre ancien de la ville de Tébessa, 2007.*
- 20) *Hoffman J.B. « ambiances climatisées et confort thermique » les actes du C.O.S.T.I.C.*
- 21) *<http://bookoflife01.blogspot.com/2015/06/badange.html>, visité le 30/02/2016.*
- 22) *<http://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/solaire-thermique>, visité le 17/02/2016.*
- 23) *<http://mashinalibya.blogspot.com/p/blog-page.html>, visité le 5/03/2016.*
- 24) *<http://www2.ademe.fr/servlet/KBBaseShow?sort=1&cid=96&m=3&catid=15040>, visité le 10/05/2016.*

## BIBLIOGRAPHIE :

---

- 25) <http://miaep.cerma.archi.fr/spip.php?artic>, visité le 20/03/2016
- 26) <http://www.startimes.com/?t=10501083>, visité le 25/03/2016.
- 27) ([http://www.cder.dz/download/Art4-2\\_1.pdf](http://www.cder.dz/download/Art4-2_1.pdf)), visite le 1/04/2016.
- 28) Hassas Ep. KHALEF Naima, *mémoire de majester : (étude de patrimoine architectural de la période ottomane : entre valeurs et confort)* 30/06/2012
- 29) Hassas Ep. KHALEF Naima, *mémoire de majester : (étude de patrimoine architectural de la période ottomane : entre valeurs et confort)* 30/06/2012
- 30) Institut Bruxellois pour la gestion de l'environnement « Redéfinir la notion de confort thermique », in *guide pratique pour la construction et la rénovation durables de petits bâtiments*, 2007.
- 31) IER Ingénierie de l'Efficacité Energétique et des Energies Renouvelables 2004
- 32) Justin, K, *thèse de doctorat « Ventilation des logements et critères d'évaluation de la qualité des ambiances intérieures »* 2005.
- 33) K.Parson. ' « Modélisation du comportement thermique de l'homme et de son habitat, une approche de l'étude du confort », France 1989.
- 34) Kabouch azzouz, *Mémoire (Architecture et efficacité énergétique des panneaux solaires)*, juin 2012.
- 35) l'Agence Nationale de Développement de l'Investissement (ANDI)-2013.
- 36) la réglementation générale française pour la protection du travail cite in. Bodart 2002.
- 37) MAZARI Mohammed, *Mémoire de magister en architecture*, Septembre 2012.
- 38) Raphael Barry , *Majester Thesis Report (Sustainable Building Design with Autodesk Ecotect)*, 11/12/2010.
- 39) *Revue européenne d'architecture* N°77, « Climat intérieur/confort, santé, confort visuel », novembre- décembre 1978.
- 40) S.Courgey , J. P. Oliva, *la conception climatique*, 2007 .
- 41) SONELGAZ, *La direction de distribution de l'électricité et du gaz de l'Est. [Tébessa].* 2016.
- 42) Salmon.T et Bedel,S., « la liaison des -méga- watts, le guide malin de l'énergie chez soi ». ed. Terre vivant. Mens 2004.
- 43) S.bougoul , S.zeroual , T.boulard , F.azil ,(Simulation numérique du mouvement d'air et de la variation de température dans des serres chauffées), 2007.
- 44) *Station Météorologique de l'aérodrome de Tébessa* (2014).
- 45) Talal SALEM, *Thèse doctorat : Intégration des composants solaires thermiques actifs dans la structure bâtie*, Année 2007.
- 46) Yudi nugraha bahar, *Thèse de doctorat (Représentation of Thermal Building Simulation in Virtual Reality for Sustainable Building)*, 15/04/2014.
- 47) l'Agence Nationale de Développement de l'Investissement (ANDI)-2013.
- 48) Zemoura zinedine, *Mémoire de magister en architecture*, 2009.

## **Liste :**

---

### **Liste des tableaux :**

<b>Tableau n° 01:</b> La consommation de gaz a Tébessa en 2014, Source : SONELGAZ Tébessa 2014.....	VI
<b>Tableau n° 02:</b> La consommation d'électricité a Tébessa en 2014, Source : SONELGAZ Tébessa 2014.....	VI
<b>Tableau n°03 :</b> Correspondances entre PMV et échelle des sensations thermiques, Source : Mémoire de magister en architecture, M MAZARI Mohammed, Septembre 2012).....	07
<b>Tableau n°04:</b> Valeur de référence de température de l'air Source : Mémoire de magister en architecture, M MAZARI Mohammed, Septembre 2012).....	13
<b>Tableau n°05 :</b> vitesse résidentielles Source : ASHRAE Handbook. (1997). ASHRAE Handbook of Fundamentals. Chapter 8 : Thermal comfort. ASHRAE Atlanta.....	16
<b>Tableau n°06 :</b> vitesse de l'air , Source : ASHRAE Handbook. (1997). ASHRAE Handbook of Fundamentals. Chapter 8 : Thermal comfort. ASHRAE Atlanta.....	17
<b>Tableau n°07 :</b> Comparaison entre le mur capteur et le mur trombe Source <a href="http://www2.ademe.fr/servlet/KBaseShow?sort=1&amp;cid=96&amp;m=3&amp;catid=15040">http://www2.ademe.fr/servlet/KBaseShow?sort=1&amp;cid=96&amp;m=3&amp;catid=15040</a> .....	40
<b>Tableau n°08:</b> Les données climatiques de la wilaya de Tébessa pendant 2013-2014, Source : Station Météorologique de l'aérodrome de Tébessa (2014).....	62

### **Liste des figures :**

<b>Figure 01 :</b> Sources d'énergie utilisées dans le monde , source :(BP (british Petroleum- statistical review of world energy-june2006).....	III
<b>Figure 02:</b> Part de chaque source d'énergie dans la demande Mondiale D'énergie primaire (Source AIE: 2012) .....	III
<b>Figure 03 :</b> Répartition de la consommation finale par secteur D'activité en Algérie source: (Ouvrage: consommation d'énergétique Finale de l'Algérie (chiffres clés Année 2012) Ministère de L'énergie et des mines)..	IV

## **Liste :**

---

<b>Figure 04 :</b> Diagramme de la consommation d'énergie d'AO (Source : SONELGAZ - Tébessa 2016) .....	V
<b>Figure 05 :</b> Diagramme de la consommation d'énergie d'FSM (Source : SONELGAZ - Tébessa 2016-).....	V
<b>Figure 06 :</b> Diagramme de la consommation d'énergie d'MT (Source : SONELGAZ - Tébessa 2016-).....	V
<b>Figure 07 :</b> Expérience réalisé au Massachusetts Institut of technologie. (Source : <a href="http://www.promodul.org">www.promodul.org</a> ).....	04
<b>Figure 08 :</b> Défaut d'étanchéité et courants d'air Source :(LIEBARD A. & DE HERDE A, 2005) .....	05
<b>Figure 09 :</b> Le métabolisme humain (Source : Mémoire de magister en architecture, M MAZARI Mohammed, Septembre 2012) .....	05
<b>Figure 10 :</b> Gains thermique internes d'un espace, (Source : Mémoire de magister en architecture, M MAZARI Mohammed, Septembre 2012) .....	06
<b>Figure 11 :</b> Correspondances entre PMV et PPD (Source : Mémoire de magister en architecture, M MAZARI Mohammed, Septembre 2012) .....	08
<b>Figure 12 :</b> Plages de confort suivant la vitesse de l'air à 0 m.s-1(Ligne continue) et 1,5 m.s-1 (tirait) sur le diagramme psychrométrique Source : D'après (Certivéa, 2012) .....	09
<b>Figure 13 :</b> Diagramme psychrométrique Source :(D'après Givoni, 1992) .....	09
<b>Figure14 :</b> les échanges thermiques, Source : Mémoire de magister en architecture, Zemoura zinedine, 2009.....	10
<b>Figure 15:</b> Les pertes thermiques du corps humain dépendent de 6 paramètres physiques Source :(ouvrage : traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques-Alain liébard. André de herde) .....	11
<b>Figure 16 :</b> température-humidité_Source : ASHRAE Handbook. (1997). ASHRAE Handbook of Fundamentals. Chapter 8: Thermal comfort. ASHRAE Atlanta. ....	15

## Liste :

---

- Figure 17:** la fonction malgaf ; Source : lettre de Majester (solaire d'architecture négative sous les tropiques) par Abbas El zaafarani 2004.....22
- Figure18:** plan maison en Egypte avec deux patios intérieurs\_Source : lettre de Majester (solaire d'architecture négative sous les tropiques) par Abbas El zaafarani 2004.....22
- Figure19:** Mashrabiya dans une maison traditionnelle Source : lettre de Majester (solaire d'architecture négative sous les tropiques) par Abbas El zaafarani 2004.....23
- Figure20 :** Fonctionnement d'un mur Trombe à recyclage Source : (Mazria 1981) ..... 24
- Figure 21 :** Maison individuelles utilisé Les capteurs solaires à air Source :(ouvrage : traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques-Alain Liébard. André de herde). .....25
- Figure22:** Coupe d'un capteur-plan et Principe de fonctionnement d'un capteur a air. Source :(ouvrage : traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques-Alain Liébard. André de herde). .....25
- Figure 23:** double peau, Farnborough, Angleterre Source :(ouvrage : traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques-Alain Liébard. André de herde) .....25
- Figure 24 :** façade double peau Source :(ouvrage : traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques-Alain Liébard. André de herde) .....25
- Figure 25 :** utilisateur d'antenne malgaf dans un bâtiment persan /traditionnel Source : [www.marefa.org/index.php/malgaf](http://www.marefa.org/index.php/malgaf)) .....27
- Figure 26 :** anbar avec des dômes doubles et capteurs de vent dans la ville De Naeen du désert central, près de Yazd, Iran (Source : [www.marefa.org/index.php/malgaf](http://www.marefa.org/index.php/malgaf)) ..... 27
- Figure 27 :** Bâtiment fournisseur malgaf voies respiratoires dans Jumeirah, Dubaï. (Source : <http://mashinalibya.blogspot.com/p/blog-page.html>) .....29
- Figure 28 :** Antenne malgaf –Dubai- (Source : [www.marefa.org/index.php/malgaf](http://www.marefa.org/index.php/malgaf)).....30
- Figure 29:** un emplacement d'antenne al malgaf Source : lettre de Majester (solaire d'architecture négative sous les tropiques) par Abbas El zaafarani 2004.....31
- Figure 30 :** Multi-ouvertures d'antenne malgaf Source : lettre de Majester (solaire d'architecture négative sous les tropiques) par Abbas El zaafarani 2004.....32



## **Liste :**

---

<b>Figure 31</b> : parallélépipède malgaf Source : <a href="http://www.marefa.org/index.php/malgaf">www.marefa.org/index.php/malgaf</a> .....	33
<b>Figure 32</b> : cylindrique d'antenne malgaf Source : <a href="http://www.marefa.org/index.php/malgaf">www.marefa.org/index.php/malgaf</a> .....	33
<b>Figure 33</b> : la conception montre les aspects entiers d'un système qui contient malgaf Source : lettre de Majester (solaire d'architecture négative sous les tropiques) par Abbas El zaafarani 2004.....	34
<b>Figure 34</b> : plan d'une maison malgaf Source : lettre de Majester (solaire d'architecture négative sous les tropiques) par Abbas El zaafarani 2004 .....	35
<b>Figure 35</b> : L'utilisation malgaf dans l'humidifiée d'air ; Source <a href="http://mashinalibya.blogspot.com">mashinalibya.blogspot.com</a> - Air Conditioning) .....	36
<b>Figure 36</b> : l'idée du travail malgaf Source : lettre de Majester (solaire d'architecture négative sous les tropiques) par Abbas El zaafarani 2004 .....	36
<b>Figure 37</b> : protection solaire du mur capteur Source : <a href="http://www2.ademe.fr/servlet/KBaseShow?sort=-1&amp;cid=96&amp;m=3&amp;catid=15040">http://www2.ademe.fr/servlet/KBaseShow?sort=-1&amp;cid=96&amp;m=3&amp;catid=15040</a> .....	38
<b>Figure 38</b> : schéma de principe du mur capteur Source : <a href="http://www2.ademe.fr/servlet/KBaseShow?sort=-1&amp;cid=96&amp;m=3&amp;catid=15040">http://www2.ademe.fr/servlet/KBaseShow?sort=-1&amp;cid=96&amp;m=3&amp;catid=15040</a> .....	39
<b>Figure 39</b> : schéma de principe du mur capteur, Source: <a href="http://www.eco-sud.com/wp-content/uploads/2011/04/Mur-trombe-mur-capteur">http://www.eco-sud.com/wp- content/uploads/2011/04/Mur-trombe-mur-capteur</a> .....	39
<b>Figure 40</b> : les types de murs capteurs Source : La conception bioclimatique, Jean-Pierre Oliva.....	41
<b>Figure 41</b> : outils de simulation TRNSYS, Source : <a href="http://www.eco-sud.com/wp-content/uploads/2011/04/Mur-trombe-mur-capteur">http://www.eco-sud.com/wp- content/uploads/2011/04/Mur-trombe-mur-capteur</a> .....	48
<b>Figure 42</b> : outil de simulation COMFIE-PLÉIADES, Source : <a href="http://www.eco-sud.com/wp-content/uploads/2011/04/Mur-trombe-mur-capteur">http://www.eco-sud.com/wp- content/uploads/2011/04/Mur-trombe-mur-capteur</a> .....	48
<b>Figure 43</b> : outil de simulation COMIS, Source : <a href="http://www.eco-sud.com/wp-content/uploads/2011/04/Mur-trombe-mur-capteur">http://www.eco-sud.com/wp- content/uploads/2011/04/Mur-trombe-mur-capteur</a> .....	48
<b>Figure 44</b> : outil de simulation FLUENT, Source : <a href="http://www.eco-sud.com/wp-content/uploads/2011/04/Mur-trombe-mur-capteur">http://www.eco-sud.com/wp- content/uploads/2011/04/Mur-trombe-mur-capteur</a> .....	49



## **Liste :**

---

<b>Figure 45:</b> outil de simulation DIALUX, Source : <a href="http://www.eco-sud.com/wp-content/uploads/2011/04/Mur-trombe-mur-capteur">http://www.eco-sud.com/wp-content/uploads/2011/04/Mur-trombe-mur-capteur</a> .....	49
<b>Figure 46:</b> outil de simulation ECOTECT, Source : <a href="http://www.eco-sud.com/wp-content/uploads/2011/04/Mur-trombe-mur-capteur">http://www.eco-sud.com/wp-content/uploads/2011/04/Mur-trombe-mur-capteur</a> .....	49
<b>Figure 47:</b> outil de simulation SIMSOL, Source : <a href="http://www.eco-sud.com/wp-content/uploads/2011/04/Mur-trombe-mur-capteur">http://www.eco-sud.com/wp-content/uploads/2011/04/Mur-trombe-mur-capteur</a> .....	50
<b>Figure 48:</b> outil de simulation PVSYST, Source : <a href="http://www.eco-sud.com/wp-content/uploads/2011/04/Mur-trombe-mur-capteur">http://www.eco-sud.com/wp-content/uploads/2011/04/Mur-trombe-mur-capteur</a> .....	50
<b>Figure 49:</b> outil de simulation CLIMAWIN, Source : <a href="http://www.eco-sud.com/wp-content/uploads/2011/04/Mur-trombe-mur-capteur">http://www.eco-sud.com/wp-content/uploads/2011/04/Mur-trombe-mur-capteur</a> .....	50
<b>Figure 50 :</b> l'écran de l'ecotect, Source : Ecotect 2011.....	53
<b>Figure 51 :</b> capture écran d'ecotect, Source : I3ER (Ingénierie de l'Efficacité Energétique et des Energies Renouvelables).....	53
<b>Figure 52 :</b> situation de l'Algérie, Source : Mr .Gherzouli Lazhar, 2007, p37.....	56
<b>Figure 53 :</b> situation de Tébessa / l'Algérie, Source : Mr .Gherzouli Lazhar, 2007, p38.....	56
<b>Figure 54 :</b> situation de Tébessa / à la région, Source : Mr .Gherzouli Lazhar, 2007.....	56
<b>Figure 55 :</b> la rose des vents, Source : Station Météorologique de l'aérodrome de Tébessa (2014).....	58
<b>Figure 56 :</b> Plan Situation Source : Carte Tébessa 2012.....	59
<b>Figure 57 :</b> Plan R+1+ TERRASSE +TOITURE Source : l'auteur (relevé).....	60
<b>Figure 58 :</b> Coupe A-A Source : l'auteur .....	60
<b>Figure 59 :</b> Façade Principale Source : l'auteur.....	61
<b>Figure 60 :</b> 3D d'échantillon d'étude Source : l'auteur (relvé).....	61
<b>Figure 61 :</b> les échantillons de notre étude Source auteurs (01 /05/2016).....	63
<b>Figure 62 :</b> représentation en 3D cas d'étude Source Auteur 05 /05/2016.....	64

## **Liste :**

---

<b>Figure 63 :</b> représentation de l'échantillon en 3D avec antenne malgaf Source Auteur 05 /05/2016.....	64
<b>Figure 64 :</b> représentation de l'échantillon en 3D avec Mur trombe Source Auteur 05 /05/2016.....	65
<b>Figure 65 :</b> insertion des données générales dans l'ECOTECT (Project) ; Source Auteur 07 /05/.....	65
<b>Figure 66 :</b> insertion des données climatiques dans l'ECOTECT (Monthly Data) ; Source Auteur 07 /05/2016.....	66
<b>Figure 67 :</b> insertion des données climatiques dans l'ECOTECT (Location Data) ; Source Auteur 07 /05/2016.....	66
<b>Figure 68 :</b> insertion des données climatiques dans l'ECOTECT (Solar Position) ; Source Auteur 07 /05/2016.....	67
<b>Figure 69:</b> insertion des données climatiques dans l'ECOTECT (Psychrometry) ; Source Auteur 07 /05/2016.....	67
<b>Figure 70 :</b> insertion des données climatiques dans l'ECOTECT (Wind Anaysis) ; Source Auteur 07 /05/2016.....	67
<b>Figure71 :</b> insertion des données climatiques dans l'ECOTECT (Hourly Data) ; Source Auteur 07 /05/2016.....	68
<b>Figure 72 :</b> insertion des données climatiques dans l'ECOTECT (Weekly Data), Source Auteur 07 /05/2016.....	68
<b>Figure 73 :</b> Importation des modèles 3D dans l'ECOTECT, Source : Auteur 07 /05/2016.....	68
<b>Figure 74:</b> représentation de modèle 3D de cas d'étude dans l'ECOTECT, Source Auteur 07 /05/2016.....	69
<b>Figure 75:</b> représentation de modèle 3D de l'échantillon avec mur trombe dans l'ECOTECT, Source Auteur 07 /05/2016.....	69

## **Liste :**

---

<b>Figure 76</b> : représentation de modèle 3D de l'échantillon avec malgaf dans l'ECOTECT: Source Auteur 07 /05/2016.....	70
<b>Figure 77</b> : résultats d'analyses de cas d'étude à juillet, Source : Auteur 9/05/2016.....	71
<b>Figure 78</b> : résultats d'analyses de cas d'étude a janvier , Source : Auteur 9/05/2016.....	71
<b>Figure 79</b> : résultats d'analyse de l'échantillon avec malgaf dans l'ECOTECT Source : Auteur 9/05/2016.....	72
<b>Figure 80</b> : visualisation de l'échantillon avec malgaf dans l'ECOTECT, Source : Auteur9/05/2016.....	72
<b>Figure 81</b> : résultats d'analyses de l'échantillon avec mur trombe dans l'ECOTECT Source : Auteur 9/05/2016.....	73
<b>Figure 82</b> : visualisation de l'échantillon avec mur trombe dans l'ECOTECT, Source : Auteur 9/05/2016.....	73

## **Liste des photos :**

<b>Photo 01</b> : l'échantillon du cas d'étude : Source : l'auteur 15-04-2016.....	59
--	----

## Résumé :

Cette dernière décennie, nous assistons en Algérienne consommation d'énergie sans précédent et en augmentant ses diverses formes, bien qu'elles enquêtent multiples et intenses projets généraux de renforcement de caractère, mais ne prend pas en compte l'atténuation de cette consommation.

Sachant qu'un grand pourcentage de l'énergie consommée exploitée pour assurer le confort thermique.

Nous en avons discuté et offre une nouvelle orientation pour trouver une solution naturelles technologiques alternatives, pour offrir un confort thermique plutôt que des solutions industrielles, de rationaliser la consommation d'énergie sous toutes ses formes, et ne pas compter sur une seule source d'énergie.

Pour ce faire, nous avons choisi le modèle de logement individuel souhaité au niveau du quartier Djorfa Tebessa, caractérisé par un climat continental, été chaud et un hiver froid, l'utilisation de la simulation numérique programme ECOTECH.

**Mots clés :** la consommation d'énergie, confort thermique, Facteur air, Malgaf, Mur trombe, La ville de Tébessa, Simulation

### ملخص:

على مدى العقد الماضي، تشهد الجزائر استهلاك غير مسبوق للطاقة و متزايد بشتى اشكالها، بالرغم من انها تحقق مشاريع بناء متعددة ومكثفة ذات الطابع العام، لكنها لا تأخذ بعين الاعتبار التخفيف من هذا الاستهلاك .

مع العلم ان النسبة الكبيرة المستهلكة من الطاقة تستغل لضمان الراحة الحرارية.

و بحثنا هذا يقدم نظرة جديدة لإيجاد حلول تقنية بديلة طبيعية، لتوفير الراحة الحرارية عوضا عن الحلول الصناعية، لترشيد الاستهلاك الطاقوي بشتى اشكاله، و عدم الاتكال على مصدر طاقي واحد .

وللوصول الى هذا المبتغى قمنا باختيار نموذج سكن فردي على مستوى حي الجرف بمدينة

تبسة، التي تمتاز بمناخ قاري، حار صيفا بارد شتاء، باستعمال محاكاة رقمية ببرنامج TECOTEC

الكلمات المفتاحية: استهلاك الطاقة، الراحة الحرارية، عامل الهواء، الملفف، جدار الشمسية، ولاية تبسة، محاكاة.