

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
**UNIVERSITE SAAD DAHLEB - BLIDA**  
**Institut d'Architecture et d'Urbanisme**



**MÉMOIRE DE MASTER** en Architecture  
Option: Architecture bioclimatique

**Thème du Recherche:**

**L'impact des matériaux sur le confort thermique dans les zones arides.**

*Cas d'étude : l'habitat traditionnel du M'Zab.*

**Présenté par :**

**ATTIA Aissaoui**

**Encadré par :**

**Mme : I. Maachi**

**2016/2017**

# Remerciements

Avant tout, je remercie Dieu de m'avoir donné la santé et le courage de terminer ce travail.

Ensuite, Je tiens à remercier les personnes qui m'ont donné les moyens de mener ce travail jusqu'au bout :

Mes remerciements vont plus particulièrement à mon rapporteur Mme ISMAHEN Maachi pour avoir guidé mon travail et ma réflexion avec intérêt, rigueur et disponibilité.

Je tiens à remercier également les membres de jury pour le temps qu'ils ont consacré à l'évaluation de mon travail ainsi que pour les remarques constructives qu'ils ont pu me faire.

Je voudrais adresser mes plus vifs remerciements à Mr NAIM Benhouhou (département d'architecture de l'université de LAGHOUAT), pour m'avoir aidé à aboutir mon travail, pour leur gentillesse, et leur générosité.

Enfin, ces remerciements ne sauraient être complets si n'y incluais ma famille pour leurs amour, l'aide morale et la motivation qu'ils m'ont apporté pour achever ce travail et mes proches pour leur soutien, leur confiance et leur encouragement tout au long de ces années de mémoire. Un énorme merci à vous tous.

Attiano

# Résumé

L'habitat traditionnel en Algérie se présente comme une source pour l'étude de l'adaptation climatique des maisons implanté dans des zones aux climats aride.

Cette architecture a pu s'adapter dans ce contexte climatique dure grâce aux differants techniques d'architecture bioclimatique acquises et transmettre de générations e génération a travers le temps, telque (la forme, le patio, l'orientation, compacité et les matériaux de construction).

Dans notre recherche nous avons s'intéresser sur l'influence des matériaux de construction locaux utilisées dans la région du M'Zab

L'objectif de cette recherche est de déterminé le niveau de confort thermique intérieur dans les habitations traditionnelle dans la région de Ghardaïa, et essayer d'améliorer le confort thermique intérieur a travers recoure a l'isolation thermique par l'extérieur.

Pour arrivé a notre objectif nous avons simule un modèle d'habitat traditionnel mozabite a l'aide logiciel Revit et Ecotect.

Nous avons apporté dans la simulation des améliorations sur le modèle du base pour essayer d'améliorer le niveau de confort et diminuer la consommation énergétique.

**Mots clés :** Architecture Bioclimatique, Architecture Vernaculaire, Traditionnel, M'zab , Ghardaïa, Climat Aride, Consomation Energetique, Matériaux, Simulation, Autodesk Revit, Icotect.

# Summary

The traditional habitat in Algeria presents as a source for the study of the Climate adaptation of houses located in areas with arid climates.

This architecture has been able to adapt in this context hard climate thanks to the technical deferens bioclimatic architecture acquired and transmit of generations e generation has throughout the time, among these techniques ,we mention: (the form , the patio ,the orientation ,compactness and construction materials,..... ).

In our research we have interest on the influence of the local building materials used in the region of the M'Zab.

The objective of this research is to determine the level of the indoor thermal comfort in the traditional houses in the region of Ghardaïa, and try to improve the indoor thermal comfort through recourse has the thermal insulation by the exterior.

For arrived in our objective we simulates a model of traditional habitat Mozabite using software Revit and Ecotect.

We have made in the simulation of the improvements on the model of the basis to try to improve the level of comfort and reduce energy consumption.

**Keywords:** Bioclimatic Architecture, Vernacular Architecture, Traditionnel, M'zab, Ghardaïa, Climate, Energy Consumption, Simulation, Autodesk Revit, Icotect.

## الملخص

تعتبر المساكن والمباني التقليدية في الجزائر إلهاما للدراسة ومجالا للبحث ' ذلك لان طريقة تصميمها ومواد المستخدمة في بنائها جعلت منها نموذج يندمج و يتكيف حسب المناخ السائد لكل منها , خاصة تلك المباني الواقعة في المناطق الجنوبية لما تتأثر به من تبعات المناخ الصحراوي ( الحار والجاف ).

ولان المباني التقليدية الصحراوية لها هندسة خاصة مما جعلها تحاكي الظروف الطبيعية الصعبة و تتكيف مع قسوة المناخ الجاف ' وهذا راجع لاعتمادها على معايير الهندسة المعمارية المحترمة للبيئة بالاصافة إلى تقنيات منها : (توقيع المبنى وتوجيهه التهوية الطبيعية ' فناء وسط النار ' تراصف المساكن وتكتلها و المواد المحلية المستعملة في البناء .....)' لذا وجب إظهار أهميتها وتوريث ثقافتها بين الأجيال عبر مختلف الأزمنة .

حيث تنطرق في دراستنا على احد أهم العناصر سالفة الذكر والمتمثل في مواد البناء المحلية المستعملة لتشييد المباني التقليدية وأمرها على الراحة الحرارية للمساكن بمنطقة وادي مزاب (غرداية) وتحسين الراحة الحرارية بها باستعمال العزل الحراري للجدران الخارجية .

و من اجل تحقيق الهدف من هذه الدراسة سنستخدم برنامجين هما : Revit و Icotect

وتطبيق الدراسة على النموذج الأكثر انتشارا من المساكن التقليدية المزابية في غرداية .

**الكلمات المفتاحية :** المباني التقليدية , المساكن التقليدية , المناخ الصحراوي , المناخ الجاف , الراحة الحرارية , مواد البناء , العزل الحراري, وادي مزاب, غرداية .

# SOMMAIRE

Remerciements .....	i
Dedicaces .....	ii
Résumé.....	iii
Summary .....	iv
الملخص .....	v
Sommaire .....	vi
Listes des figures.....	viii

## **PREMIERE CHAPITRE :**

### **CHAPITRE INTRODUCTIF**

Introduction .....	1
I.1. Problématique .....	2
I.2. Hypothèses .....	2
I.3. Objectifs .....	3
I.4. Choix le cas d'étude .....	3
I.5. Méthodologie d'approche.....	4
I.6. Structure du mémoire.....	5

## **DEUXIEME CHAPITRE : ETAT DE L'ART**

### **PARTIE 01 :**

#### ***A PROPOS DE L'ARCHITECTURE VERNACULAIRE, L'ARCHITECTURE BIOCLIMATIQUE et LE CONFORT THERMIQUE.***

<b>Introduction</b> .....	<b>6</b>
Relation : Architecture-Climat.....	<b>7</b>
<b>II.1 Définition L'architecture vernaculaire</b> .....	<b>8</b>
II.1.2 Pourquoi l'architecture vernaculaire.....	8
II.1.3 Les déterminants de l'architecture vernaculaire.....	9
<b>II.2.1 La consommation d'énergie</b> .....	<b>9</b>
II.2.2 Efficacité énergétique.....	10
II.3.1.1 Consommations d'énergie en Algérie.....	10
<b>II.3 L'architecture bioclimatique</b> .....	<b>10</b>
II.3.1 Les courants d'architecture durable d'aujourd'hui.....	11
II.3.1.1 L'approche bioclimatique dans l'architecture.....	11
II.3.1.1.1 L'implantation.....	12
II.3.1.1.2 La compacité.....	12
II.3.1.1.3 L'orientation.....	13
II.3.1.1.4 La ventilation naturelle.....	13
<b>II.3.1.1.5 La recherche du confort thermique</b> .....	<b>14</b>
II.3.1.1.5.1 Les paramètres influant sur le confort thermique.....	14
II.3.1.1.5.2 La zone de confort.....	16
II.3.1.1.6 Les principes de l'inertie thermique.....	18
II.3.1.1.7 L'isolation thermique.....	19

II.3.1.1.7.1 Les différents types d'isolants.....	20
II.3.1.1.8 Rappel des grandeurs fondamentales en thermique .....	21
II.4.1 Les outils d'évaluation du confort thermique.....	21
II.4 .2 Les mesures physiques .....	22
II.4 .3 Les indices de confort thermique.....	23

## **Conclusion**

## **PARTIE 02 :**

### ***L'ASPECT BIOCLIMATIQUE DE L'HABITAT VERNACULAIRE et EXEMPLES DE L'ARCHITECTURE VERNACULAIRE***

Introduction

<b>II. 5 L'aspect bioclimatique de L'habitat vernaculaire.....</b>	<b>28</b>
II. 5.1 L'analyse de la maison vernaculaire .....	28
II.5.2 La maison:l'unité du cadre bâti.....	29
II.5.3 L'espace central "el west ed dar" .....	29
II.5.4 Matériaux et techniques de construction un savoir faire ancestral.....	30
II.5.4.1 L'isolation thermique en Algérie.....	30
II.5.5.1 Le "moucharabieh», dispositif d'ouverture bioclimatique.....	34
II.5.5.2 Autre dispositif: le "malkef",ou les capteurs à vent.....	34
<b>II. 6.2 Exemples de L'habitat vernaculaire en Algerie.....</b>	<b>35</b>
II. 6.3 L'habitat ksourien .....	37
<b>II. 6.3.3 Etude thematique du simulation .....</b>	<b>38</b>

## **Conclusion**

### **TROISIEME CHAPITRE : Le CAS D'ETUDE**

## **PARTIE 03 :**

### ***L'ASPECT BIOCLIMATIQUE DE L'HABITAT MOZABITE***

Introduction.....	39
<b>III.1Le climat .....</b>	<b>39</b>
III.1.1Le climat Aride .....	39
III.1.2. Le Climat en Algérie .....	40
<b>III.2 Le M'ZAB (Ghardaïa ): Site et Histoire.....</b>	<b>43</b>
III.2.1 motivation du choix de ville .....	43
III.2.2 Situation géographique.....	43
II.2.4 Historique de L'évolution de la structure territorial .....	44
III.3 Le site d'étude : “ Le KSAR DE GHARDAÏA” .....	46
III.4 L'Analyse climatique de la region .....	46
III.4 La typologie architecturale de la ville “ KSAR GHARDAÏA”.....	47
III.4.1 A l'échelle urbaine.....	50
III.4.2 A L'échelle architectural.....	51
III.4.2 .1 L'organisation des espaces intérieurs.....	54
III.4.2 .2 Les materiaux et techniques de construction .....	59
<b>III.5 Synthese .....</b>	<b>60</b>

## **PARTIE 04 :**

### ***LA SIMULATION DE L'EFFET DU MATERIAX SUR LE CONFORT DANS L'HABITAT du M'Zâb***

III.6.1 Présentation du modèle de simulation .....	62
III.6.2 Descriptifs des éléments constituant le modèle.....	66
III.6.3 Résultat du simulation .....	75
III.6.4 Interpretations .....	81
<b>Conclusion.....</b>	<b>84</b>

## **PARTIE 01 :**

<b>Figure I.1</b> Structure du meemoir .....	<b>06</b>
<b>Figure II.2</b> , Plan du village de Kejara. D'après Lévi-Strauss (1955) .....	<b>12</b>
<b>Figure II.3</b> , Plan d'une maison traditionnelle, avec accès en chicane. Na in (Iran) Monnier, G (2004) .....	<b>13</b>
<b>Figure II.4</b> Exemple de bâti à forte compacité .....	<b>15</b>
<b>Figure II.5</b> Exemple de Bâti à faible compacité .....	<b>16</b>
<b>Figure II.6:</b> Plan et schéma montrant l'Orientation sud privilégiée .....	<b>17</b>
<b>Figure II.7:</b> Diagramme de l'air humide. Source : (Wardeh George, cours de thermique,2007.2008).....	<b>19</b>
<b>Figure II.8:</b> Les échanges thermiques du corps humain . (A. Liébard et A. De Herde, 2005).....	<b>20</b>
<b>Figure II.9</b> Diagramme bioclimatique de Givoni,9 Source : Givoni. Baruch, L'homme, l'architecture et le climat.....	<b>23</b>
<b>Figure II.10:</b> Rôle de l'inertie thermique comme stabilisatrice des températures intérieures 9, source :Enertech 16au 19aout.....	<b>24</b>
<b>Figure II.11:</b> Ensemble des déperditions thermiques d'une maison non isolée 10 (source ADEME Graphies).....	<b>25</b>
<b>Figure II.12:</b> Schéma du transfert de chaleur par conduction 11, Source : Cours de Thermique, Tizi Ouzou 2006 enseignant Pr Makhlouf.....	<b>26</b>
<b>Figure II.13:</b> Convection de chaleur, source : Medjlekh. D 2006.....	<b>26</b>
<b>Figure II.14:</b> Les instruments de mesures utilisés pendant les enquêtes (Source : B. Moujalled, 2007)....	<b>28</b>
<b>Figure II.15</b> : les échell es de la sensation thermique (Source : B. Moujalled, 2007).....	<b>30</b>
<b>Figure II.16</b> : Echelle de vote de confort moyen par rapport au pourcentage d'insatisfaits, (Source : IBGE 2007).....	<b>34</b>
<b>Figure II.17</b> des résultats parmi les variables calculés. (A. Liébard et A. De Herde, 2005).....	<b>34</b>
<b>Figure II.18</b> : schéma combinatoire d'un calcul de simulation thermique Source : (A. Liébard et A. De Herde, 2004).....	<b>35</b>

## **PARTIE 02 :**

<b>Figure II.19:</b> Le milieu naturel Terere. air .eau .feu .....	<b>38</b>
<b>Figure II.5:</b> Principe d'une maison médinale,Source: Atif S. Typologies de logements marocains.....	<b>39</b>
<b>Figure II.21:</b> Espace central à Taroudan.....	<b>39</b>
<b>Figure II. 22:</b> Intégration des systèmes ventilation naturelle dans l'architecture traditionnelle arabe.....	<b>41</b>
<b>Figure II.23:</b> Vue aérienne de la médina de Marrakech.....	<b>41</b>
<b>Figure II.24</b> La maison de Djerba .....	<b>42</b>
<b>Figure II.25:</b> une maison du village de Beni Yenni.....	<b>43</b>
<b>Figure II.26:</b> des maisons aurasienne .....	<b>44</b>
<b>Figure II.27:</b> La maison du Souf .....	<b>45</b>
<b>Figure II.28:</b> vue aerienne su la ville du mzab.....	<b>46</b>
<b>Figure II.29:</b> Habitat Hozabit SOURCE :expose des etdiants universite epau .....	<b>46</b>
<b>Figure II.30,</b> configuration de l'appartement traditionnel cas d'étude.....	<b>47</b>
<b>Figure II.31 :</b> la temperature resultante aux mois du janfier du janfier et Aout dans l'appertement.....	<b>49</b>
<b>Figure II.31 :</b> la Humiditee resultante aux mois du janfier et Aout.....	<b>49</b>

## **PARTIE 03 :**

<b>Figure III.32</b> les climats du monde. (Source : AUSTERVEIL T., 2009).....	<b>51</b>
<b>Figure III.33:</b> coupe transversale Nord- Sud du relief (source : par Mr. SEMAHI Samir, EPAU 2013) .....	<b>52</b>
<b>Figure III.34:</b> les zones climatiques d'hiver en Algérie source. SEMAHI Samir.....	<b>53</b>
<b>Figure III.35:</b> les zones climatiques d'ete en Algérie(source SEMAHI Samir).....	<b>54</b>
<b>Figure III.36:</b> Tableau resulte les zones en Algerie.....	<b>54</b>
<b>Figure III.37 :</b> Vue aérienne de ville de Ghardaïa/Source : Encarta.....	<b>55</b>
<b>Figure III.38 :</b> Situation wilaya de Ghardaïa.....	<b>55</b>
<b>Figure III.39 :</b> la propagation la doctrine Ibadite('Source Roche M).....	<b>56</b>
<b>Figure III.40</b> La fondation des k'sours de la vallée ('Source Roche M).....	<b>56</b>
<b>Figure III.41</b> El-atteuf ('Source Auteur) .....	<b>57</b>
<b>FigureIII.42</b> Bou-Noura('Source Auteur) .....	<b>57</b>
<b>FigureIII.43:</b> Ghardaïa ('Source Auteur) .....	<b>57</b>
<b>FigureIII.44:</b> Melika ('Source Auteur) .....	<b>57</b>
<b>FigureIII.45:</b> Beniisguen ('Source Auteur) .....	<b>57</b>

<b>Figure III.46:</b> Ghardaïa ('Source google .....	<b>58</b>
<b>Figure III.47:</b> Plan Ksar Ghardaïa ('Source DUC) .....	<b>58</b>
<b>Figure III.48:</b> la route nationale N° 01 ('Source Auteur) .....	<b>58</b>
<b>Figure III.49:</b> un aéroport à 20 KM de la ville de Ghardaïa ('Source Auteur) .....	<b>58</b>
<b>Figure III.50:</b> Tableau temperature Ghardaïa en 2016('Source -climat Info).....	<b>59</b>
<b>Figure III.51:</b> Temperature Ghardaïa en 2016.....	<b>60</b>
<b>Figure III.52:</b> Les precipitations Annuelles du Ghardaïa entre 2005et 2015.....	<b>60</b>
<b>Figure III.53:A</b> Carcterestique vent du Ghardaïa.....	<b>61</b>
<b>Figure III.53:B</b> vitesses de vent de la région de Ghardaïa pour 2016( info-climat).	<b>61</b>
<b>Figure III.54:</b> Graph de pourcentage L'humidité relative de l'air de la région de Ghardaïa pour 2016( info-climat).....	<b>61</b>
<b>Figure III.55:</b> Schema d'implantation du Ksar source (Chabi M., Dahli M.)... ..	<b>62</b>
<b>Figure III.56:</b> Schema de la ville Ghardia source (Chabi M., Dahli M) ... ..	<b>62</b>
<b>Figure III.57:</b> Schema du Souk source :( Releve Auteur).....	<b>63</b>
<b>Figure III.58:</b> Les rues :( Releve Auteur) .....	<b>63</b>
<b>Figure III.59:</b> Les ruelles :( Releve Auteur) .....	<b>64</b>
<b>Figure III.60:</b> Les impasses :( Releve Auteur).....	<b>64</b>
<b>Figure III.61:</b> La médersa:(source : Auteur).....	<b>64</b>
<b>Figure III.62:</b> La place:(source : Auteur).....	<b>64</b>
<b>Figure III.63:</b> Cimetière :( Auteur).....	<b>64</b>
<b>Figure III.64:</b> Vue générale Ghardaïa.....	<b>65</b>
<b>Figure III.65:</b> Relief du la ville Ghardaïa.....	<b>65</b>
<b>Figure III.67:</b> Ventilation par chebeka .....	<b>66</b>
<b>Figure III.68:</b> eclairage en ete et hiver .....	<b>66</b>
<b>Figure III.69:</b> Amestidar d'une Maison a Ghardaïa .....	<b>66</b>
<b>Figure III.70:</b> relever d'une habitation mozabite de L'Assosiation sobuboul Esslam par A. AISSAOUI .....	<b>66</b>
<b>Figure III.71:</b> Tigharghat , L'ikoumare d'une Maison.....	<b>68</b>
<b>Figure III.72:</b> L'aali d'une Maison a Ghardaïa .....	<b>68</b>
<b>Figure III.73:</b> deffeerent type des fondations locaux ( source Mme CHAOUCHÉ-B).....	<b>69</b>
<b>Figure III.74:</b> Plancher gaines des palmiers ksar Ghradïa (Source : Mlle IDIR .I)....	<b>70</b>
<b>Figure III.75:</b> Les caractéristiques des matériaux locaux et modernes. (Source : DTR c3-2 règles de calcul des déperditions calorifiques, 1997).....	<b>71</b>

# Première chapitre

---

## **APPROCHE INTRODUCTIVE**

---

Elle consiste à présenter l'objet de notre recherche, le contexte dans lequel il s'inscrit et son intérêt. Ainsi, elle comporte nos questionnements qui guident notre réflexion. Elle définit, également, les limites et les objectifs auxquels nous tenterons à atteindre, toute en expliquant la démarche scientifique retenue.

---

## **INTRODUCTION**

Le confort thermique est défini comme un état de satisfaction vis-à-vis de l'environnement thermique. Il est déterminé par l'équilibre dynamique établi par échange thermique entre le corps et son environnement, cela a poussé l'homme à se protéger des rigueurs du climat en créant à l'intérieur de son habitat les conditions d'un relatif confort.

L'architecture bioclimatique est un concept de construction qui conjugue l'architecture de la maison ou d'un habitat, les conditions climatiques, le site de construction et les matériaux utilisés. Une harmonie est recherchée afin d'obtenir un habitat conçu pour être autant agréable l'été que l'hiver.

L'habitat traditionnel en Algérie a toujours fait preuve d'efficacité en matière de l'adaptation avec les conditions dures du site et du climat, spécialement dans les régions sahariennes et montagneuses. Depuis longtemps, les connaissances sur la pratique de construction dans ces sites se sont développées et transmises d'une génération à l'autre en arrivant à mieux comprendre le contexte et s'adapter parfaitement avec ces conditions.

L'étude des anciens tissus et de l'habitat traditionnel nous mène vers une compréhension des méthodes et outils de l'adaptation climatique dans les climats durs, notamment le climat saharien.

L'objectif de la recherche, est d'étudier plus particulièrement l'enveloppe des bâtiments, ainsi que leurs caractéristiques thermiques (les matériaux,...) dans les régions arides et ses comportements ainsi que l'impact des matériaux sur le niveau de confort thermique dans ce type de climat, durant une période très chaude, sur un habitat situé dans la région de Ghardaïa.

## I.1. Problématique

A la recherche du confort, la population lutte contre ces conditions par l'emploi des techniques de chauffage et de climatisation traditionnelles (pendant plusieurs mois) qui sont énergivores sans tenir compte de l'impact économique et environnemental qu'engendre ce type de système.

L'architecture vernaculaire a su s'adapter aux climats les plus durs de la planète et assurer un bien être intérieur grâce un savoir-faire ancestral et une technicité spécifique, par exemple le M'Zâb.

*« Dans les régions présaharienne, par exemple au M'Zâb, l'architecture ancienne, en plus d'être très belle est relativement confortable tenu de peu de moyens techniques (terre, peu de bois outillage rustique,... dont disposait les constructeurs. Même si l'épaisseur des murs et la faible portée des linteaux imposée par l'usage de la terre, il avait, empiriquement, dominé la surface des ouvertures, l'épaisseur des toitures –terrasses ... »\**

A travers cette recherche nous allons essayer de répondre a la question suivante:

**L'habitat traditionnel de la région de Ghardaïa assure-t-il le confort thermique intérieur ?**

Et plus précisément :

**Quel est l'influence du matériau sur le confort thermique intérieur dans l'habitat traditionnel du M'zab ?**

## I.2. HYPOTHÈSES DE RECHERCHE

1. L'habitat traditionnel Mozabite procure aux usagés un niveau de confort thermique acceptable.
2. Les matériaux de construction dans L'habitat traditionnel Mozabite a un impact considérable sur le confort thermique.

---

\* P. Lavigne, P. Fernandez, P. Brejon, 1994.

### **I.3. OBJECTIFS DE RECHERCHE**

L'objectif de la recherche est :

1. Comprendre la nature des relations qui existent entre les différentes communautés, le contexte culturel, le site, le climat, les matériaux, les techniques de construction et le bâti vernaculaire.
2. Mettre en valeur l'architecture vernaculaire comme modèle ou source d'inspiration pour la conception architecturale .
3. Diminuer l'impact nocif sur l'environnement .
4. Valoriser l'architecture vernaculaire du M'ZAB , et diffusiez les technique passive et le savoir faire de la région .
5. Améliorer le confort thermique .
6. Encourager les architectes a l'usage des matériau locaux .
7. Participer a la diminution de la consommation énergétique dans l'habitat , par la diminution des besoins de chauffage et de la climatisation .

### **I.4. Choix le cas d'étude**

La ville saharienne est problématique, son originalité historique et son avenir obligent à porter un regard synthétique sur les dynamiques qui la caractérisent.

Notre analyse portera sur **la ville de Ghardia**.

le choix de cette ville comme cas d'étude, est dictée par son importance historique et économique, sa situation stratégique et les mutations qu'elle est entrain, et continuera à subir dans le futur.

Il est nécessaire de promouvoir un habitat avec des techniques passives adaptées aux régions du sud à climat chaud et aride, afin de réduire la consommation énergétique dans les nouveaux projets, ce qui réduit l'utilisation abusive de la climatisation artificielle.

### **I.5. Méthodologie d'approche**

Pour aborder cette recherche et essayer de répondre aux questions posés dans notre problématique, nous nous sommes basés sur un démarche constituée de deux parties.

la première théorique, dans laquelle nous allons essayer de se familiariser avec le sujet et définir les différents concepts et théories de base de la thermique à savoir : la notion de confort thermique , architecture bioclimatique et l'architecture vernaculaire et les paramètres climatiques influents, les réactions qui existent entre le corps humain et l'ambiance intérieure (le bâtiment), les échanges thermiques et les modes de transfert.

### **Première étape théorique**

essentielle, nous permet d'avoir une lecture globale du sujet et des paramètres essentiels de notre problématique, et définir les interactions qui existent ,

**Une deuxième partie**, sur l'aspect bioclimatique de l'habitat vernaculaire et les exemples de cette architecture dans le monde arabe et en Algérie .

L'analyse de la maison vernaculaire par la présentation les matériaux d'utilisations et techniques de construction un savoir faire ancestral, la forme et les dispositifs architecturaux de l'habitat vernaculaire.

Plus précisément l'habitat ksourien comme un mode d'une création bioclimatique et culturelle (maison du Souf et habitat ksourien du M'zab).

### **Troisième partie : le cas d'étude**

où nous allons établir une présentation du cas d'étude et des caractéristiques climatiques de la région d'étude, puis nous introduisons les paramètres et les techniques passives d'architectures bioclimatiques dans la conception architecturale et voir les avantages et les inconvénients des techniques par rapport à la région d'étude et par rapport aux différentes saisons de l'année, cela nous permettra d'avoir une vision globale des différents principes de base de l'architecture bioclimatique

Ainsi que ses apports en matière de confort thermique et de consommation énergétique .

Et pour appuyer nos hypothèses, et étudier le niveau de confort selon les matériaux de construction de la région et voir leur impact sur le confort thermique et sur par deux logiciels « Revit 2017 et Icotect », sur plusieurs matériaux avec des caractéristiques différentes.

Après les résultats et l'analyse nous pourrons ensuite donner des recommandations et des directives la consommation énergétique, nous allons faire une simulation sur le type de matériau à utiliser dans la région.

I.5. Structure du mémoire

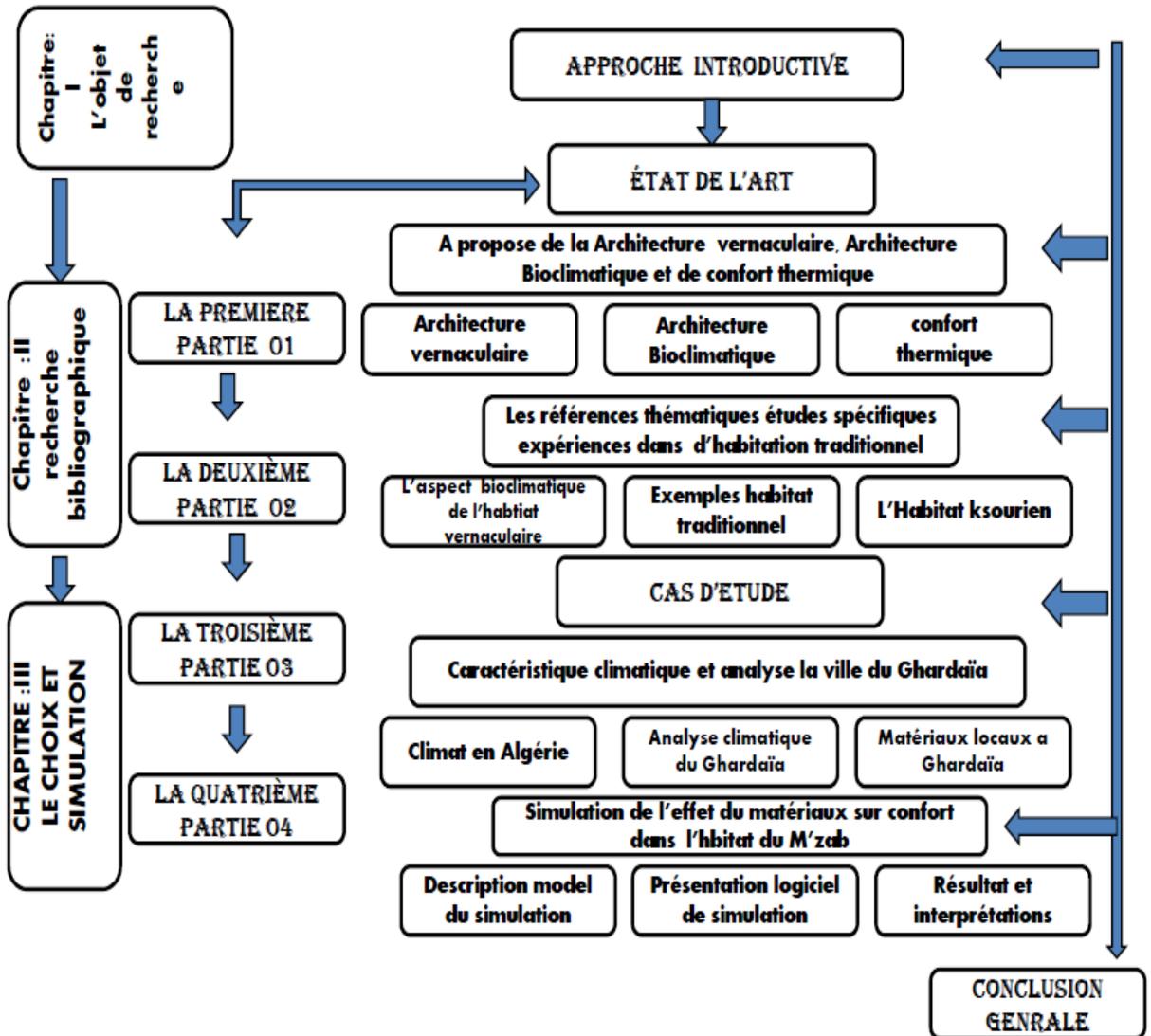


Figure : Structure du mémoire

# Deuxième chapitre

## Etat de l'Art

---

### **A PROPOS DE L'ARCHITECTURE VERNACULAIRE, DE CONFORT ET DE LA BIOCLIMATISME**

---

Dans ce chapitre, nous tentons à définir et caractériser les différents Concepts clés liés à l'architecture bioclimatique et le confort thermique du bâtiment tels que : Les maisons écologiques, basse-énergie, passives, Matériaux et inertie.

Ainsi, tous les termes de l'architecture vernaculaire : étymologie du Mots vernaculaire, introduction du vernaculaire dans le discours architectural.

---



# Partie 01

## L'état de l'Art

A PROPOS DE L'ARCHITECTURE  
VERNACULAIRE, L'ARCHITECTURE  
BIOCLIMATIQUE ET LE CONFORT THERMIQUE

## **Introduction**

Nous aborderons ce chapitre par un essai de définition d'un ensemble de concepts qui constituent le corpus théorique de notre recherche, afin de mettre en exergue l'architecture durable qui focalise les préoccupations des architectes contemporains, et qui constitue un terrain d'entente entre architecture et environnement.

Nous définirons donc l'architecture vernaculaire, puis l'architecture bioclimatique , Cette partie de " L'architecture vernaculaire» est un support théorique, méthodologique et conceptuel de la recherche. Il s'agira d'expliquer l'architecture traditionnelle par l'occultation du site et du savoir faire ancestral qui a scellé la dissociation architecture et environnement.

Nous expliciterons ensuite les différents étapes de l'approche bioclimatique sera abordée, en étayant les concepts de l'implantation d'une architecture dans son site, sa compacité, son orientation, la ventilation, la recherche du confort thermique, l'isolation et les principes de l'inertie thermique, et enfin, nous rappellerons les grandeurs physiques fondamentales en thermique, pour vérifier les notions de confort. Toutes ces données sont l'ensemble des démarches qui fondent l'architecture durable.

D'autre part, nous analysons le comportement thermique du corps humain et les différents mécanismes mis en jeu quand il est en réaction avec l'ambiance thermique, et les principales causes d'inconfort par rapport au climat et les différents indices, méthodes et outils d'évaluation de confort thermique. Cela nous permet d'avoir une compréhension de la notion du confort thermique, du corps humain, des ambiances thermiques et de tous les paramètres et les données nécessaires à notre recherche.

Dans le bâtiment, le confort thermique est un paramètre essentiel, que le concepteur doit prendre en considération dès les premières phases de conception, afin de donner les solutions nécessaires pour le bien être intérieur des usagers.

Pour cela, nous faisons à chaque fois référence à ces travaux, bien sur associés à d'autres références qui ont traité la notion de confort thermique, d'où nous avons repris des définitions, des illustrations et des exemples pour enrichir notre travail de recherche.

## **Relation : Architecture-Climat**

De tous temps, l'homme a essayé de tirer parti du climat pour gagner du confort et économiser l'énergie dans son habitation. Aujourd'hui, des règles d'adaptation à l'environnement, à l'architecture et aux climats permettent d'allier une tradition millénaire et des techniques de pointe.

De nos jours, les exigences du confort augmentent et se multiplient de plus en plus et les concepteurs semblent avoir négligé la fonction d'adapter le bâtiment au climat et à la maîtrise de l'environnement intérieur et extérieur. Ils ont confié le soin à la technologie de créer un environnement artificiel.

En considérant l'architecture dans une recherche d'intelligence, celle-ci doit créer elle-même, par son enveloppe (forme, matériaux, répartition des ouvertures) et ses structures intérieures, un microclimat confortable. L'architecture doit être étudiée en fonction du climat<sup>1</sup> et s'adapter à son environnement le plus proche, en utilisant les matériaux locaux et de recyclage capables d'améliorer non seulement le confort thermique mais également l'environnement.

Aujourd'hui, il faut réorganiser la relation entre l'architecture et son milieu, sous l'angle de la double responsabilité ; par rapport au milieu actuel et par rapport à celui des générations futures. En d'autre terme, on doit adapter le bâtiment au climat et au mode de vie des futurs habitants, car un mauvais choix peut coûter très cher à long terme sur le plan énergétique.

Dans les pays à climat chaud, aujourd'hui encore, le constat des conditions d'inconfort extrême que l'on rencontre dans les bâtiments est sévère : les conséquences néfastes pour les occupants sont nombreuses.

Pour cela, des concepts nouveaux dans le vocabulaire architectural tel que :

« Architecture bioclimatique », « solaire passive », « architecture climatique » où une conception consciente de l'énergie, bâtiment à énergie zéro et à énergie positif a pris en considération les mécanismes du confort et l'économie d'énergie<sup>2</sup> insistent sur la relation de l'habitation au climat en vue de créer des ambiances « confortables » par des moyens spécifiquement architecturaux.

---

<sup>1</sup> Lavigne Pierre, Architecture climatique une contribution au développement durable Tome1 : bases physiques, EDISUD 1994, P. 13.

<sup>2</sup> G. Alexandroff et J.M, Architecture et climat soleil et énergies naturelles dans l'habitat; édition architectures Berger-Levrault, Paris1982, P. 216.

## **II. 1.1 L'architecture vernaculaire : essai de définition**

L'homme a de tout temps conçu ses habitations en faisant référence à divers facteurs qui les modifient ou déterminent, et ces derniers sont liés à deux entités "l'homme" et "l'environnement".

En effet, l'homme évolue dans un environnement composé d'une multitude de facteurs dépendants les uns des autres. Cette symbiose a été définie par Amos Rapoport comme étant composée: « du climat, du site, des matériaux et du paysage »<sup>3</sup>. Il en résulte une architecture qui entre en adéquation avec son environnement, qui révèle, aujourd'hui encore, une extraordinaire richesse. Elle est le fruit et le miroir de la société.

Il est urgent de signaler que cette architecture disparaît lentement, car à l'origine elle répondait à une logique, où les changements se faisaient aussi lentement que la conception des formes architecturales, et où les techniques de construction étaient transmises de génération en génération.

« La construction vernaculaire est le moyen traditionnel et naturel par lequel les communautés créent leur habitat. C'est un processus en évolution nécessitant des changements et une adaptation constante en réponse aux contraintes sociales et environnementales. Partout dans le monde, l'uniformisation économique, culturelle et architecturale menace la survie de cette tradition »<sup>4</sup>.

En effet, cette architecture vernaculaire répondait à un besoin d'équilibre entre les différents usages de ses habitants. « Le patrimoine bâti vernaculaire est important car il est l'expression fondamentale de la culture d'une collectivité, de ses relations avec son territoire et, en même temps, l'expression de la diversité culturelle du monde »<sup>5</sup>.

L'adjectif vernaculaire tire son origine du mot latin, vernaculus qui signifie selon le dictionnaire historique de la langue française ce qui est « relatif aux esclaves nés dans la maison » et au figuré « qui est du pays, indigène »<sup>6</sup>.

Ainsi, nous constatons que ce qui est vernaculaire est avant tout lié à un lieu, à un endroit et à un environnement. « Le vernaculaire sous-tend donc un lien d'appartenance culturel et physique à un contexte précis ».

## **II. 1.2 Pourquoi l'architecture vernaculaire?**

L'architecture vernaculaire conjugue dans des formes simples des réponses radicales tant aux modes et aux besoins transcendants qu'aux besoins fonctionnels. Elle correspond à un type d'architecture qui possède de l'information de l'environnement naturel aussi que culturel. Cette information est visible sur la forme des habitats vernaculaires.

---

<sup>3</sup> Rapoport A. opcit P 08.

<sup>4</sup> MÉMOIRE : Vers une compréhension de la notion d'architecture vernaculaire et de ses liens avec la modernité, MARIE-FRANCE BISSON EN 2007. UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

<sup>5</sup> Rey Alain « vernaculaire », in Dictionnaire historique de la langue française, v3, Paris, dictionnaire Le Robert 2004, p4035

Par conséquent, elle est un exemple à creuser pour cette recherche. Cette architecture vernaculaire est une optimisation sur du long terme de contraintes fortes telles que les ressources disponibles et les caractéristiques climatiques et géographiques. Ces caractéristiques seront appelées désormais environnement géo-climatique (EGC).

Autrement dit, elle est une réponse architectonique simple et pragmatique à l'équation du lieu, des matériaux disponibles et du climat. Par conséquent; l'architecture vernaculaire est un exemple qui a de la valeur car, par définition, elle est forcément durable.

L'objet d'analyse de cette recherche sera la forme des habitats. Ce choix d'analyse a pour objectif d'identifier l'aptitude de la forme à être une réponse fonctionnelle avant même la performance des matériaux. Répondre avec la forme des habitats vernaculaires est

considérée ici économique aussi que efficace car à la différence des ressources matérielles, la maîtrise de la forme est un patrimoine culturel inépuisable.

### **II. 1.3 Les déterminants de l'architecture vernaculaire**

L'adéquation de l'architecture vernaculaire, comme réponse formelle, aux contextes culturelle et climatique.

Cette adéquation donc donne la possibilité de tirer de l'information à partir de l'analyse de la forme des maisons vernaculaires.

la forme qui peuvent répondre tant à des besoins socio-culturels qu'à des stratégies de protection face aux caractéristiques d'un environnement naturel local quelconque. L'influence socio-culturelle sur la forme de la maison vernaculaire relève de modes de vie, d'usages et de croyances. De même l'influence climatique sur la forme de la maison relève des besoins de protection et du confort humain face à des situations climatiques inconfortables tels que les températures extrêmes, l'exposition au rayonnement solaire, l'humidité et le vent.

#### **II.2.1 La consommation d'énergie**

40 % de la population mondiale reste tout simplement privée d'électricité. L'explosion énergétique la consommation mondiale d'énergie est restée très longtemps stable lorsque l'homme n'utilisait l'énergie que pour sa survie et ses besoins alimentaires. À partir de 1850 la révolution industrielle a provoqué une augmentation brutale des besoins en énergie. Celle-ci n'a cessé ensuite de croître de façon explosive sous l'effet conjoint de l'augmentation du niveau de vie et la croissance simultanée de la population. Actuellement la demande mondiale d'énergie croît de 2 % par an en moyenne. Elle a tendance à ralentir dans les pays industrialisés, mais augmente dans les pays émergents.<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> Etude de l'isolation thermique d'un local situé dans la région de Ouargla (sud -est de l'Algérie) Mémoire fin d'étude en master ,Genie Mécanique énergétique BENSEGHIRA Elmouatez Billah P 11

Et en France, après une période de prise de conscience lors des deux chocs pétroliers, la consommation d'énergie des ménages est repartie de nouveau fortement { la hausse. Le spectre de la pénurie nous conduit tout droit et tout simplement à la guerre pour le contrôle des ressources, marginalisant encore un peu plus les plus pauvres.

## II.2.2 Efficacité énergétique

L'efficacité énergétique des bâtiments passe par une bonne conception architecturale, un traitement adapté de l'enveloppe et du renouvellement d'air mais aussi par une bonne gestion du bâtiment (ouverture - fermeture des stores, températures de consigne adaptées etc.).

## II.2.3 Consommations d'énergie en Algérie

La consommation globale d'énergie en Algérie, a été probablement multipliée par quatre entre les années 1980 et 2000. L'électricité, le gaz naturel (en conduites ou en bouteilles), fuel, charbon, bois et même piles électriques sont les vecteurs d'énergie du secteur domestique. Les différents types d'énergie nous servent globalement à quatre différents usages <sup>7</sup> :

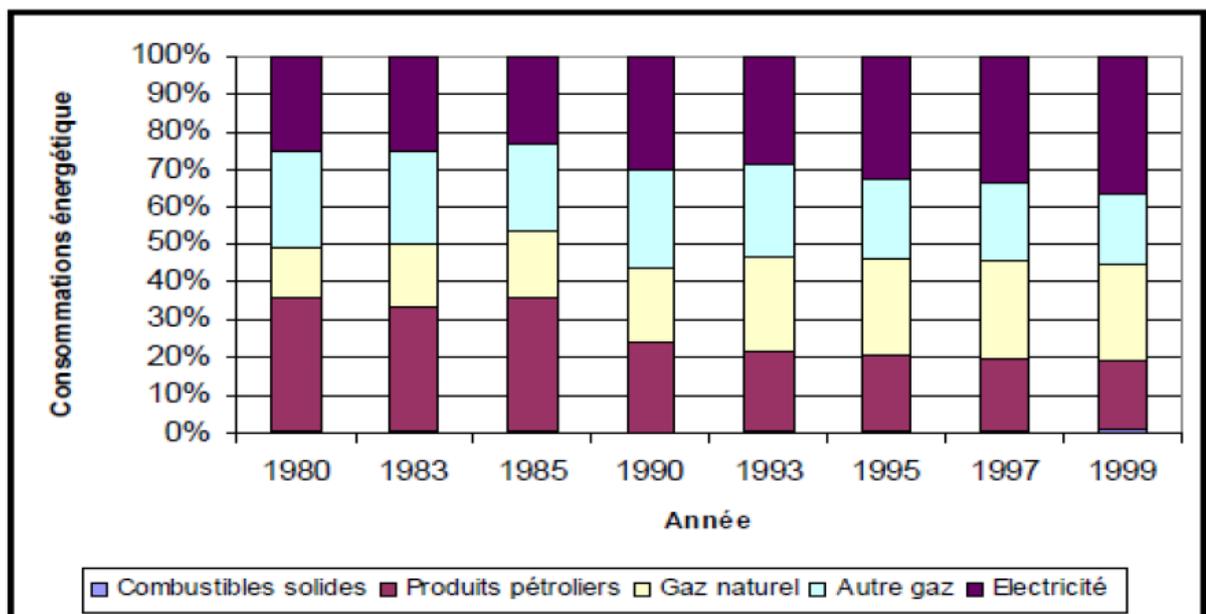


Figure II.4 Consommation énergétique dans le secteur ménager en Algérie. Source : DGE, 2000,\*

## II.3 L'approche bioclimatique dans l'architecture

### II.3.1 Les courants d'architecture durable d'aujourd'hui

Si l'architecture durable est traversée par plusieurs courants aujourd'hui, cependant les grandes lignes sont identiques et portent toutes un intérêt commun à la prise en charge de la relation homme / nature.

<sup>\*7</sup> Etude de l'isolation thermique d'un local situé dans la région d'Ouargla (sud-est de l'Algérie) Mémoire fin d'étude en master, Genie Mécanique énergétique BENSEGHIRA Elmouatez Billah P 12

« Dans le domaine de l'architecture écologique, on distingue essentiellement deux écoles de pensées. Celle de Norman Foster, qui dit que l'on peut résoudre les problèmes écologiques avec plus de technologie et celle de Soleri qui dit: « pas de technologie ! » Je ne veux pas changer notre style de vie ou retourner à l'âge de pierre, mais si nous sommes préparés à accepter qu'il fasse plus chaud en été et plus frais en hiver, je suis convaincu que nous pouvons atteindre un degré acceptable de confort en suivant les règles de la nature»<sup>8</sup>.

James Wines nous décrit la situation actuelle de manière similaire en ces termes: «Certains designers placent au cœur de leur objectifs les derniers progrès en matière de technologie environnementale ; pour d'autres en revanche, il importe de revenir aux leçons du passé et à l'emploi de méthodes et matériaux locaux. Un autre groupe encore considère que les ressources topographiques ou celles de la végétation et de l'énergie solaire, voire de la terre elle-même, sont les moyens d'accéder à une conception plus large des bâtiments organiques»<sup>9</sup>.

### **II.3.1.1 L'approche bioclimatique dans l'architecture**

Pour répondre à la réflexion du rapport étroit qu'il faut entretenir entre l'architecture et l'environnement ,débat à l'ordre du jour, l'approche bioclimatique est une réponse à la mise en relation entre l'homme et sa capacité à la recherche du confort, son architecture ,et le climat. De ce fait, elle devient une dimension indispensable à la qualité de la construction.

C'est dans ce sens qu'elle s'intéresse aux leçons de l'habitat vernaculaire et du devenir de l'enseignement des anciens que le présent a ignoré par ses technologies, ses climats artificiels compensant les conditions locales et faisant abstraction même de la nature.

On trouve dans l'architecture vernaculaire des pays d'Afrique du Nord et du Moyen-Orient des techniques de construction ancestrales basées sur les énergies naturelles qui permettent aux bâtiments de répondre aux conditions climatiques.En effet, l'homme est à la fois constructeur et utilisateur de son environnement. Son savoir faire technique dépend de trois milieux interactifs<sup>10</sup> :

3.1.1. l'humain.

3.1.2. le naturel.

3.1.3. le matériel.

Chacun de ces milieux peut contribuer à déterminer la forme de la maison. De même pour construire, on doit se plier aux règles que dicte l'utilisation des matériaux. On ne dispose que des matériaux auxquels la nature pourvoit.

---

<sup>8</sup> Cataldi, G. (1987-1988), "Le ragioni dell'abitare - Les raisons de l'habiter", Studi e documenti di architettura, no. 15 (Prato).

<sup>10</sup> A.Liebard, Traité d'architecture et d'urbanisme climatiques, ed le moniteur, 2004, p 60

Nous énumérerons les différents paramètres de conception de l'architecture bioclimatique à prendre en charge, à savoir l'implantation, la densité urbaine, la compacité architecturale, l'orientation du bâtiment et des ouvertures, la ventilation... Enfin, nous préciserons que l'architecture bioclimatique nécessite un traitement spécifique des données météorologiques, elle se préoccupe des paramètres qui conditionnent le bien être de l'habitant, c'est-à-dire que la composition des solutions architecturales doit répondre à un résultat thermique voulu, qui serait conforme aux exigences de l'utilisateur.

Pour ce faire, un minimum de connaissances relatives aux exigences thermiques en matière de confort thermique doit être envisagé.

### II.3.1.1.1 L'implantation

Concernant les critères de choix d'un site d'implantation, ils remontent loin dans le temps, le souci bioclimatique prenait souvent un caractère spontané. Nous pouvons citer Vitruve, dans son ouvrage les dix livres d'architecture, qui note : « Quand on veut bâtir une ville, la première des choses qu'il faut faire est de choisir un lieu sain il doit être élevé qu'il ait une bonne température d'air, qu'il ne soit exposé ni aux grandes chaleurs, ni aux grands froids... »<sup>11</sup>.

Une bonne implantation tient compte du relief, de l'ensoleillement, des vents locaux, elle détermine l'éclaircissement, les déperditions, les apports solaires, les possibilités d'aération<sup>57</sup>

### II.3.1.1.2 La compacité

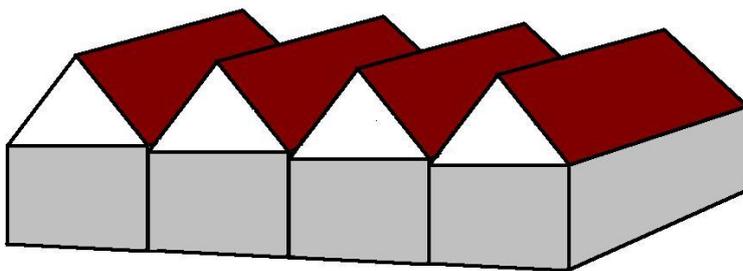


Figure II.4 Exemple de bâti à forte compacité

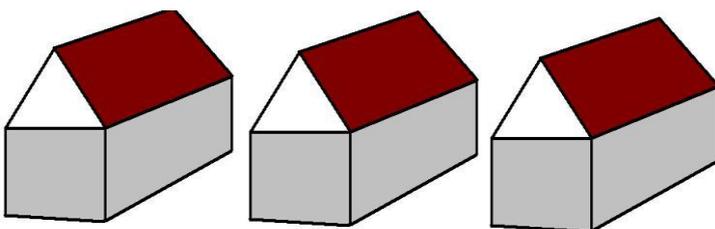


Figure II.5 Exemple de Bâti à faible compacité

La compacité est calculée comme le rapport entre le volume et la surface de déperdition, correspondant à l'enveloppe extérieure du bâtiment<sup>58</sup>. Parmi les objectifs de la compacité, il s'agira de privilégier les mitoyennetés. Dans certains cas, la compacité se traduit à

travers la lecture du tissu urbain, un tissu dense et compact. Les maisons sont accolées les unes aux autres, ce qui réduit donc les surfaces ensoleillées. Cette configuration limite

les ouvertures sur l'extérieur, d'où le choix pour la typologie introvertie.

<sup>11</sup> Izard, op cit, p 96

« Une habitation rurale isolée avec un plan terrier irrégulier et de nombreux murs extérieurs est par exemple peu compacte. Une habitation mitoyenne compte moins de murs extérieurs et plus de parois qui séparent les espaces chauffés de l'habitation des espaces chauffés des habitations adjacentes. Ces derniers ne font donc pas partie de la superficie de déperdition thermique »<sup>12</sup>.

### II.3.1.1.3 L'orientation

L'orientation dépend de l'utilisation et de la destination du bâtiment, de ses besoins en lumière naturelle, de l'intérêt ou non du rayonnement solaire, de l'existence des vents qui vont contribuer à rafraîchir en été par exemple. L'intérêt étant de minimiser et de réduire les consommations de chauffage et d'éclairage, sachant que le sud permet de tirer parti du meilleur ensoleillement<sup>13</sup>. Pour la position géographique de l'Algérie, l'orientation sud est la plus privilégiée, voir figure II.3<sup>14</sup>. En effet pendant la période hivernale les ouvertures vers le sud nous permettent de capter les rayons solaires, vue la position basse du soleil, le contraire est juste pour la période estivale où la position du soleil est haute.

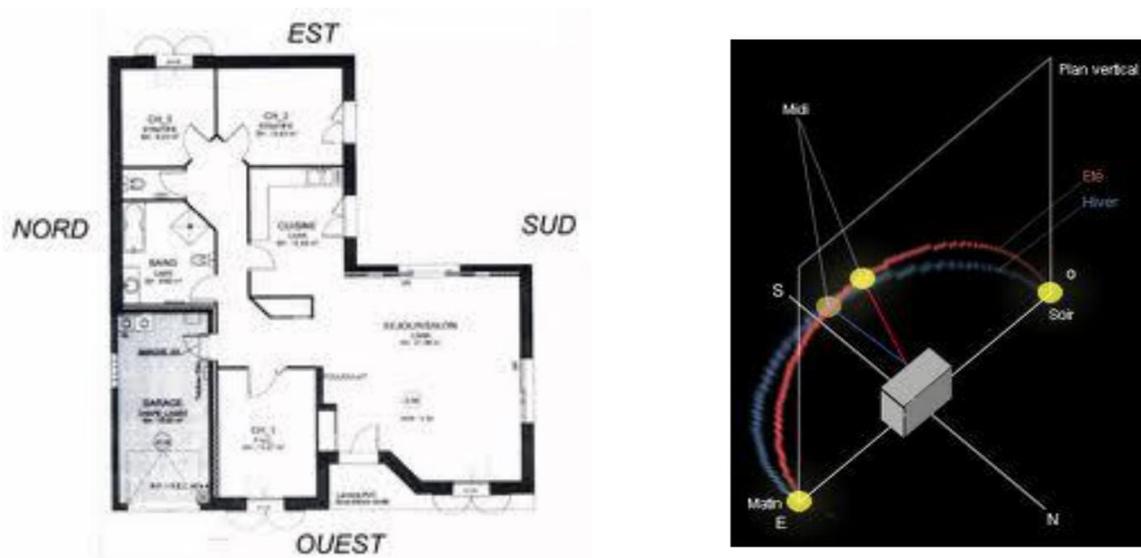


Figure II.6 : Plan et schéma montrant l'Orientation sud privilégiée

### II.3.1.1.4 La ventilation naturelle

La ventilation naturelle permet de renouveler l'air vicié par de l'air frais et sain, elle participe aussi au confort thermique du corps en lui prélevant de la chaleur, par évaporation de sueur. Enfin, la ventilation permet le refroidissement de la masse interne des bâtiments dans certaines conditions de climat chaud. Elle permet d'évacuer la chaleur cumulée pendant la journée afin d'atténuer l'inconfort lors des périodes chaudes de l'année.

<sup>12</sup> Bruno Hoornaert, Département Energie/IBGE. L'isolation thermique des bâtiments en Région de Bruxelles-Capitale. Institut bruxellois pour la gestion de l'environnement

<sup>13</sup> A.Liebard, op cit, page64

<sup>14</sup> Images correspondant à Orientation d'un bâtiment. www google.fr

La ventilation naturelle est principalement utilisée pour le contrôle de la qualité de l'air intérieur et aussi pour fournir le confort thermique en été<sup>15</sup>. Enfin, en paraphrasant A. Liebard, la ventilation naturelle est provoquée par une différence de température ou de pression entre les façades d'un bâtiment<sup>16</sup>. Pour illustrer ces dires, nous analyserons dans le prochain chapitre des exemples de l'architecture vernaculaire qui proposent spontanément des typologies d'habitat adaptés aux différents climats, utilisant des dispositifs architecturaux permettant une bonne ventilation.

### **II.3.1.1.5 La recherche du confort thermique**

Le confort thermique est la sensation d'équilibre et de contentement exprimé par l'individu envers les conditions thermiques. ASHRAE<sup>17</sup> le définit : *“Thermal Comfort is that condition of mind that expresses satisfaction with the thermal environment”*.

Selon la norme ISO 10551<sup>18</sup>, l'homme perçoit et interprète son état thermique en fonction de ses préférences individuelles.

Il porte un jugement qui peut être, perceptif, évaluatif ou préférentiel. Donc le confort thermique ne se résume pas à des paramètres physiques, mais il fait aussi intervenir des données subjectives.

Le confort thermique est le résultat d'un enchaînement successif de plusieurs phénomènes qui relèvent de différentes disciplines. En génie climatique, il s'agit de déterminer les effets du climat extérieur sur le bâtiment pour le dimensionnement des équipements. Les thermiciens font des études poussées pour connaître les champs de température et l'indice de confort. Tandis qu'en thermo-physiologie, on étudie d'avantage les effets de l'environnement thermique intérieur sur le corps humain pour le calcul des grandeurs thermo-physiologiques.

#### **II.3.1.1.5.1 Les paramètres influant sur le confort thermique**

Le confort thermique est une sensation psycho-physiologique faisant intervenir plus d'un paramètres, il dépend des facteurs suivants :

##### **a /Facteurs liés à l'environnement**

La description des éléments concernant le confort thermique doit prendre en compte l'environnement relatif à l'individu. Celui-ci comprend quatre paramètres micro climatiques importants :

---

<sup>15</sup> Medjelekh D, Impact de l'inertie thermique sur le confort hygrothermique et la consommation énergétique du bâtiment, 2006, p 93

<sup>16</sup> A.Liebard, Traité d'architecture et d'urbanisme climatiques, ed le moniteur, 2004, p 135

<sup>17</sup> ASHRAE: American Society of Heating Refrigerating and Air conditioning Engineers.

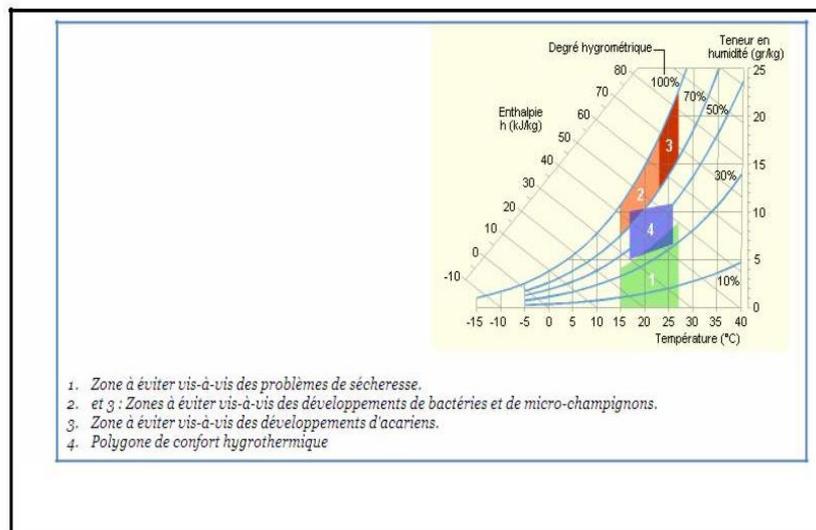
<sup>18</sup> ISO 10551 (International Standard Organization) : Evaluation de l'influence des ambiances thermiques à l'aide d'échelle de jugements subjectifs.

## 1. La température de l'air

elle intervient dans les échanges par convection et par évaporation. Le rôle de l'enveloppe est de maintenir la température à l'intérieur du bâti dans une fourchette de confort malgré les fluctuations de la température extérieure, été comme hiver, de jour comme de nuit. Aussi, il faut assurer une homogénéité de la température intérieure du local.

## 2. La température radiante moyenne

La sensation d'inconfort est liée aussi à la température ambiante puisque l'échange de la chaleur par convection est lié à cette température. On peut ainsi définir une zone de confort dans le diagramme de l'air humide, correspondant à des valeurs du couple ( $\partial$ ,  $T_a$ )<sup>19</sup> (figure 7).



**Figure II.7:** Diagramme de l'air humide.

Source: (Wardeh George, cours de thermique, 2007-2008)

Un taux d'humidité trop élevé peut entraîner la condensation de la vapeur d'eau sur la surface intérieure des murs ou à l'intérieur de ceux-ci, ce qui représente évidemment une source indirecte d'inconfort. Un taux d'humidité trop élevé peut entraîner la condensation de la vapeur d'eau sur la surface intérieure des murs ou à l'intérieur de ceux-ci, ce qui représente évidemment une source indirecte d'inconfort.

## 3. La vitesse de l'air

la vitesse de l'air est un paramètre très important du confort thermique, car il intervient dans la convection et l'évaporation, Il affecte le corps humain de deux façons différentes. Tout d'abord il détermine l'échange de chaleur convectif du corps et ensuite il affecte la capacité évaporative de l'air et par conséquent agit sur la production de la sueur.

<sup>19</sup> W. George, 2007-2008

## b / Les facteurs liés à l'individu

L'homme dispose de deux moyens de thermorégulations: le métabolisme et les Vêtements:

### 1. Le métabolisme

Selon L'Homme, pour assurer ses fonctions vitales, dégrade des substrats énergétiques en permanence, en consommant de l'oxygène, en produisant du CO<sub>2</sub>, de l'eau métabolique et en dégageant de l'énergie.

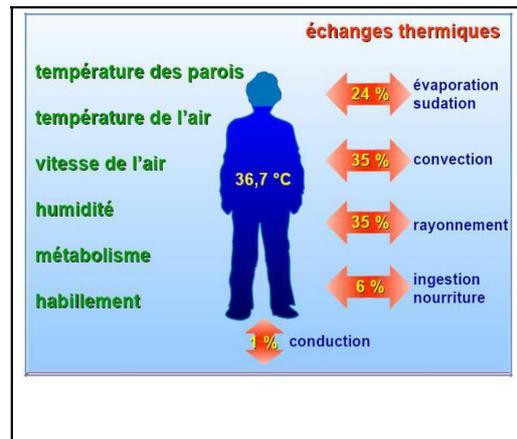


Figure II.8: Les échanges thermiques du corps humain . (A. Liébard et A. De Herde, 2005)

Même au repos, une centaine de watts sont produits en permanence et cette énergie dégagée sous forme de chaleur se propage de l'intérieur vers l'extérieur de l'organisme, véhiculée un peu par conduction tissulaire mais surtout par la convection sanguine<sup>20</sup>.

la production de chaleur interne au corps humain permettant de maintenir celui-ci autour de 36,7 °C. Lorsqu'une personne est en mouvement, un métabolisme de travail correspondant à son activité particulière s'ajoute au métabolisme de base du corps au repos. Une unité appelée "met" a été créée pour caractériser le métabolisme .

Le métabolisme peut être décomposé en une partie purement thermique Mth [W/m<sup>2</sup>] et une partie mécanique W [W/m<sup>2</sup>].  $M=Mth+W$

### 2. L'habillement

L'habillement représente une résistance thermique aux échanges de chaleur qui ont lieu entre la surface de la peau et l'ambiance. Son rôle essentiel est de maintenir le corps dans des conditions thermiques acceptables pendant toute l'année.

Selon (B. Moujalled, 2007), Pour évaluer les propriétés thermiques de l'habillement, un modèle simple considère les vêtements comme une seule couche à travers laquelle les transferts de chaleur se font uniquement par conduction entre la peau et la surface du tissu.

La tenue vestimentaire est ainsi représentée par l'isolement thermique intrinsèque du vêtement , en m<sup>2</sup>.°C/W, qui est l'isolement entre la peau et la surface de vêtement.

#### II.3.1.1.5.2 La zone de confort

En plus des indices thermiques, il y a des tentatives qui ont été effectuées pour combiner les facteurs environnementaux sous forme d'outils graphiques qui permettent de ramener les conditions intérieures dans la zone de confort ou le plus proche possible de cette zone.

<sup>20</sup> Cite par V. Candas, Technique de l'ingénieur, Directeur de recherche au Centre d'étude de physiologie appliquée (CEPA) Centre national de la recherche scientifique (UPS 858) -Strasbourg

V. Olgyay proposa Le premier « diagramme bioclimatique » mettant en évidence une zone de confort avec des plages d'été et d'hiver pour systématiser l'intégration des conditions climatiques dans la conception des bâtiments.

Les frères Olgyay ont été parmi les premiers à approfondir la notion de confort thermique, leurs travaux se sont arrêtés au stade de considérations d'appréciations liées à des sensations physiologiques.

Selon on se basant sur les études antérieures d'Olgyay concernant les indices de confort, Givoni a élaboré une méthode expérimentale où il représente les limites des ambiances confortables sur un diagramme psychométrique courant. La zone de confort est positionnée au centre, l'aire extérieure à cette zone est subdivisée en zones secondaires, où on propose différentes procédures permettant de réintégrer les conditions de confort.

On a procédé dans l'élaboration de ses zones climatiques à des exigences de confort universelles (sa zone de confort se situe entre les températures 20 et 26°C). C'est à dire qu'il considère que toutes les personnes, quel que soit la latitude à laquelle ils se trouvent, réagissent de la même manière au confort. De plus, dans leur forme actuelle, ces diagrammes sont surtout indicatifs d'un type de solutions à adopter, sans préciser l'aspect quantitatif de la question .

En conclusion on peut dire que ce diagramme est établi pour des sujets acclimaté et au repos ou faisant une activité sédentaire, avec une tenue vestimentaire adaptée.

Il est supposé que les entrées solaires à travers les ouvertures et les parties opaques d'enveloppe sont négligeables (élimine un paramètre essentiel du climat), grâce aux masques solaires.

#### **a .Le confort d'hiver**

Au confort d'hiver répond la stratégie du chaud : c'est-à-dire **capter** la chaleur du rayonnement solaire souvent par effet de serre, la **stocker** dans la masse d'un matériau à forte inertie thermique et surtout la **conserver** par l'isolation thermique (utilisation des matériaux isolants thermiques) et enfin la **distribuer** dans l'habitat tout en la régulant<sup>21</sup>.

#### **b.Le confort d'été**

Au confort d'été répond la stratégie du froid c'est-à-dire se protéger du rayonnement solaire et des apports de chaleur, minimiser les apports internes, dissiper la chaleur en excès souvent par ventilation naturelle ou artificielle<sup>22</sup>.

La méthode Givoni a mis au point un diagramme psychométrique figure II.9, où il exprime les techniques à prévoir pour assurer un confort intérieur.

---

<sup>21</sup> A.Liebard, Traité d'architecture et d'urbanisme climatiques, éd. le moniteur, 2004, page 31

<sup>22</sup> Ibid, page 32

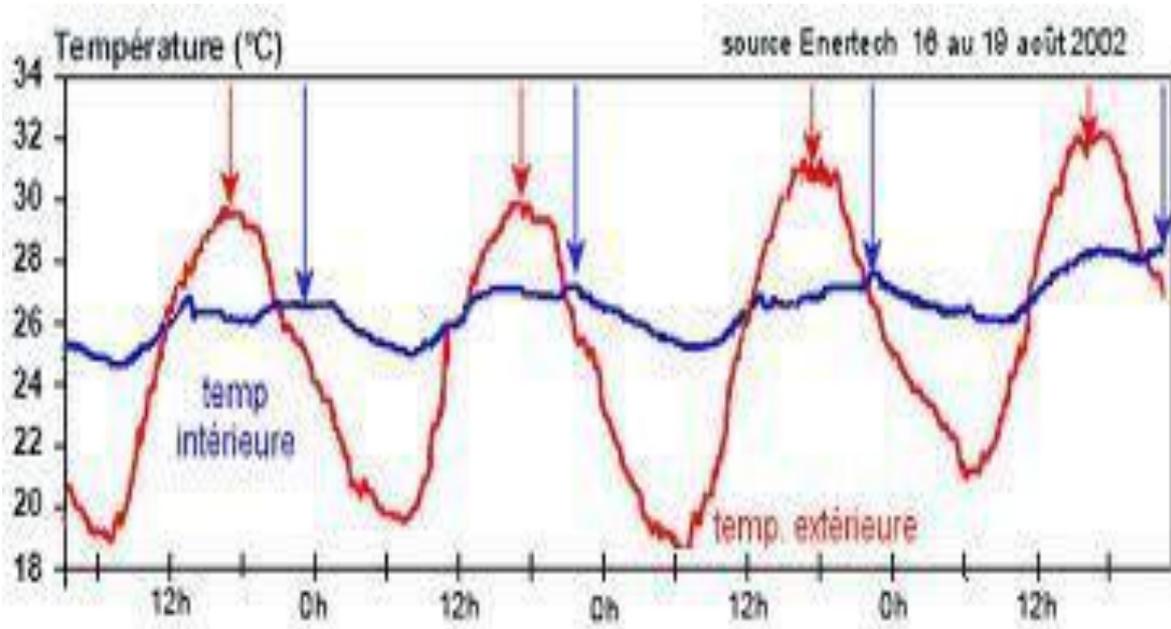


Figure II.9 Diagramme bioclimatique de Givoni,  
Source : Givoni. Baruch, L'homme, l'architecture et le climat.

### II.3.1.1.6 Les principes de l'inertie thermique

L'inertie thermique d'un matériau est le pouvoir de ce dernier à stabiliser les oscillations de la température figure II.6, elle est appréciée par la chaleur spécifique du matériau qui représente la quantité de chaleur nécessaire pour augmenter la température de 1°C d'un kilogramme de ce dernier (J/kg °c). Elle est de 4185 J/kg °C, de 2300 J/kg °C environ pour le bois et de 400 J/kg °C pour l'acier. Ces différentes valeurs montrent bien que l'acier ne peut en aucun cas stabiliser les oscillations thermiques, vue sa chaleur spécifique très réduite, le contraire est vrai pour le bois c'est pour cela qu'on parle de la douceur de ce dernier.

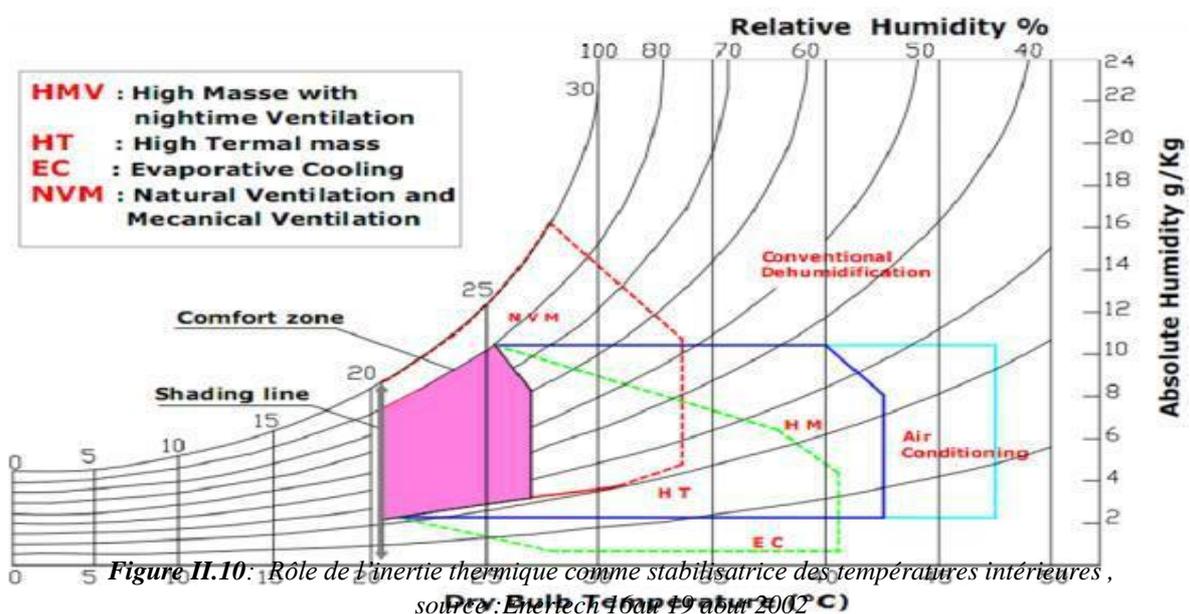


Figure II.10: Rôle de l'inertie thermique comme stabilisatrice des températures intérieures,  
source: EnerTech 16 au 19 août 2002

L'inertie selon Quillet, est la « propriété qu'ont les corps de ne pouvoir modifier d'eux-mêmes l'état de mouvement ou de repos dans lequel ils se trouvent »<sup>23</sup>.

D'après A. Liebard, l'inertie thermique d'un bâtiment mesure sa capacité à stocker en chaleur, à en différer la restitution et à atténuer l'effet des surchauffes dues aux apports solaires.

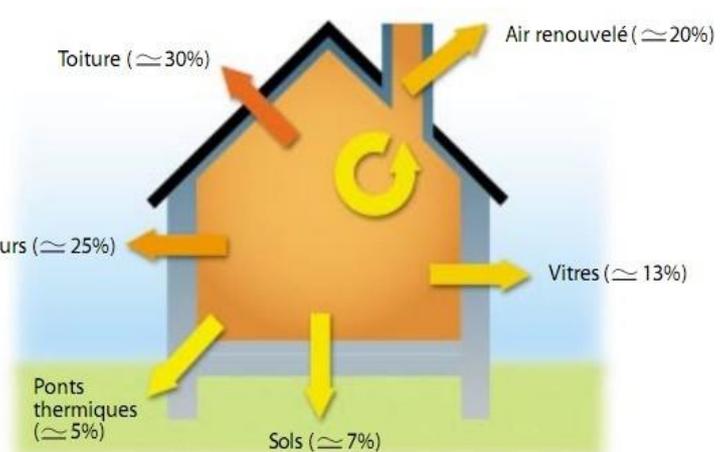
Il ajoute aussi que « l'inertie thermique d'un matériau mesure sa capacité à accumuler de la chaleur et à en différer la restitution après un certain temps ».<sup>24</sup>

« La science de la construction traditionnelle correspond à une connaissance exacte et raisonnée, fondée sur l'expérimentation du comportement en œuvre des matériaux de construction..., exclusivement expérimentale et qui s'est développée sans aucune théorisation mathématique. Son caractère scientifique est parfois occulté à nos yeux »<sup>25</sup>.

Nous illustrerons dans le prochain chapitre, par le biais d'exemples troglodytiques et l'exemple de l'igloo, et nous confirmerons que l'inertie thermique de l'enveloppe est un paramètre essentiel pour le maintien du confort intérieur.

### II.3.1.1.7 L'isolation thermique

L'isolation thermique est un moyen de lutte contre le transfert de chaleur de l'extérieur vers l'intérieur ou bien le contraire. Seule, elle ne suffit pas à rendre habitable une maison, mais c'est un élément nécessaire pour une construction non conditionnée et une source d'économie pour une construction à air conditionné.



*Figure II.11: Ensemble des déperditions thermiques d'une maison non isolée 10 , (source ADEME Graphies).*

L'effet d'isolation thermique d'un matériau se définit par sa conductivité thermique, plus le matériau est léger plus il est isolant thermiquement parlant<sup>26</sup>. D'après A. Liebard, l'aptitude d'une paroi à laisser passer la chaleur se mesure par le coefficient de transmission « k », il mesure le pouvoir isolant d'une paroi, où sont pris en compte l'épaisseur, la nature et la composition du matériau, Parmi les matériaux isolants nous énumérerons tous les matériaux fibreux d'origine végétale, animale ou synthétique, les matériaux non fibreux naturels comme le liège, le bois, la perlite, les laines minérales à savoir la laine de verre, la laine de roche.

<sup>23</sup> Quillet de Vigan. Jean, Dicrobat dictionnaire général de bâtiment, Paris: Edition Arcature 2003

<sup>24</sup> A.Liebard, Traité d'architecture et d'urbanisme climatiques, éd. le moniteur, 2004, p 91

<sup>25</sup> Coignet. J, Réhabilitation : arts de bâtir traditionnel connaissances et techniques, Aix-En-Provence: Ed edisud, 1987, p 21

<sup>26</sup> A.Liebard, Traité d'architecture et d'urbanisme climatiques, ed le moniteur, 2004, p 134

A tous ces matériaux s'ajoutent d'autres comme le polystyrène, le polyuréthane, l'argile expansée.

L'isolation thermique est également appréciée à travers la résistance thermique d'une paroi, bien que le matériau ne réponde pas aux critères ou normes d'isolation thermique.

C'est d'ailleurs ce que nous retrouvons dans l'habitat vernaculaire, où les murs et planchers épais opposent une résistance aux transferts ou beaucoup plus aux déperditions thermiques.

#### **II.3.1.1.7.1 Les différents types d'isolants**

**1. Les isolants minéraux :** La laine de verre et laine de roche : sont aujourd'hui, les isolants les plus utilisés. Ce sont es fibres artificielles de la famille des silicates. Leurs performances d'isolation sont bonnes, toutefois leur tenue dans le temps est loin d'être excellente. Au niveau sanitaire, elles contiennent des liants à base de résine urée-formol ou phénol-formol et es inhibiteurs de poussières dont les effets chroniques sont difficilement appréciables. Au niveau environnemental, leur coût énergétique est élevé. La vermiculite exfoliée : c'est un minéral de la famille des micas, assez gourmands en énergie lors de sa fabrication. Matériau incombustible, imputrescible et non toxique, il peut être utilisé soit en vrac soit en panneaux. La perlite exfoliée : ce matériau a des qualités voisines de celles de la vermiculite. L'argile expansée : s'agit d'en poudre et reconstituée en billes expansées par traitement thermique au t comparables à celles de la perlite. Argile séchée réduite four. Ses ustions sont comparables à celles de la perlite.

#### **2. Les isolants synthétiques :**

**Les polystyrènes expansés ou extrudés :** Les mousses de polyuréthannes sont fabriqués à énergétique est très important. Très combustibles, ils dégagent, en cas partir du pétrole. Leur coût en d'incendie, des fumées denses contenant des gaz toxiques et asphyxiants. Devenus déchet on ne sait qu'en faire. Les reproches sont nombreux { l'égard de ces produits dont le seul avantage est d'être des isolants thermiques (mais pas acoustiques) efficaces.

**3. Les isolants végétaux :** Cette catégorie d'isolant répondant aux principaux critères 'éco construction, elle s'inscrit tout { fait dans la philosophie HQE. Peu énergivores au moment de leur fabrication, biodégradables, ces matériaux se présentent sous diverses formes : vrac, laine, conglomerat, rouleaux, panneaux. Leur coût encore élevé devrait sous la demande constante des prescripteurs avoir tendance à baisser sérieusement à moyen terme. On peut Citer: Les panneaux en fibres de bois .

- Le liège expansé
- Les panneaux composites,
- Cellulose et fibres végétales.

### II.3.1.1.8 Rappel des grandeurs physiques fondamentales en thermique

La chaleur est une forme d'énergie créée par l'agitation moléculaire intense d'un milieu. Elle se déplace d'un milieu le plus chaud vers un milieu le moins chaud d'après la première loi de la thermodynamique, elle est régie par trois modes de transfert : la conduction, la convection et le rayonnement.

#### A/ Transfert par conduction

La chaleur se transmet sans déplacement de matière, par contact moléculaire entre un ou plusieurs corps qui se touchent. Il suffit de chauffer l'extrémité d'un morceau de métal pour que la chaleur s'y propage<sup>27</sup>.

C'est un mode de transfert de chaleur dans un milieu solide, il est fondé sur les transferts d'énergie provenant des collisions des différents constituants du milieu entre eux.

Ce transfert de chaleur s'effectue sans transport de matière.

Le transfert par conduction est régi par le coefficient de conduction thermique  $\lambda$  du milieu dans lequel il se produit. Le transfert de chaleur par conduction est formulé par la loi de Fourier<sup>28</sup>. Voir figure II.12

La densité de flux de chaleur est proportionnelle au gradient de température.

#### Loi de Fourier

$$\varphi = -\lambda \text{grad}(T),$$

$\lambda$  – est le coefficient de conductivité thermique du matériau (W/ m °C).

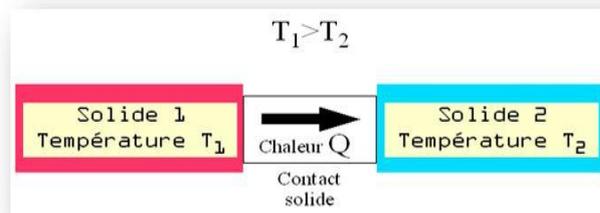


Figure II.12: Schéma du transfert de chaleur par conduction 11,  
Source : Cours de Thermique, Tizi Ouzou 2006 enseignant Pr Makhlouf

#### B/ Transfert par convection

Le transfert de chaleur par le phénomène de convection se manifeste par un transport de matière soit liquide ou gazeuse, c'est un mécanisme propre aux fluides. Le fluide se met en mouvement au contact d'un corps chaud et se déplace vers le corps froid où il perd son énergie calorifique, créant un mouvement de convection qui peut-être naturelle ou forcée<sup>29</sup>.

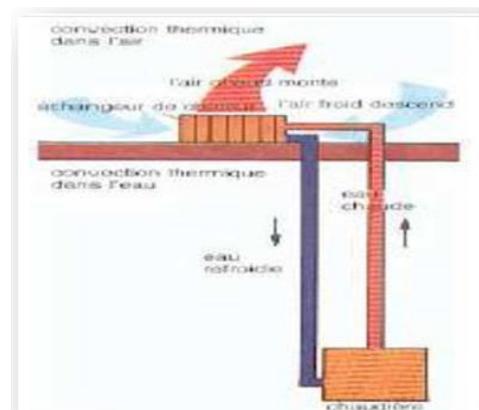


Figure II.13: Convection de chaleur, source : Medjlekh. D 2006

<sup>27</sup> Ouali, S Etude géothermique du sud de l'Algérie, Mémoire de Magister En géophysique soutenu en 2006, université de Boumerdes.

<sup>28</sup> Cours de Thermique, PG d'architecture et développement durable de Tizi-Ouzou 2006, enseignant Pr Makhlouf S).

<sup>29</sup> Medjlekh D, Impact de l'inertie thermique sur le confort hygrothermique et la consommation énergétique du bâtiment, 2006, p 74

### C/ Transfert par rayonnement

Le transfert par rayonnement fait intervenir l'émission et la réception d'ondes électromagnétiques qui se propagent sans transport de matière. Quelle que soit sa température, un corps rayonne de la chaleur vers d'autres corps plus froid à travers des milieux, tels que l'air ou le vide<sup>30</sup>.

## II.4 Les outils d'évaluation du confort thermique

En se rendant compte de l'importance de la notion du confort en architecture, de nombreuses méthodes sont utilisées pour l'évaluation du confort thermique. Ces outils sont les mesures in situ, les indices du confort thermiques et la simulation thermique. Ils visent à identifier les conditions de confort et d'acceptabilité des ambiances thermiques.

Dans cette partie nous présentons ces outils d'évaluation, nous définissons aussi leurs limites et enfin nous choisissons celui que nous utiliserons dans la partie pratique de notre recherche.

### II.4.2 Les mesures physiques

Afin de quantifier l'ambiance intérieure d'un local, qui est caractérisée par quatre grandeurs physiques essentielles: la température de l'air, la température de rayonnement, l'humidité de l'air et la vitesse de l'air. Dans l'enquête, ces dernières doivent être mesurées selon un intervalle horaire fixé par l'enquêteur en fonction des objectifs de son étude.

Les mesures de la température de l'air se font à l'aide d'un thermomètre protégé du rayonnement solaire et du rayonnement de parois du local.

Nous signalons qu'afin de mesurer l'asymétrie de rayonnement et la température de surface des parois, on utilise un thermomètre infrarouge. Celui-ci permet de mesurer les températures de surface sans contact, et permet de vérifier si l'écart des températures entre les surfaces verticales opposées ainsi que la température du sol et la température du plafond.

- L'humidité relative se mesure à l'aide d'un hygromètre.
- La vitesse de l'air est évaluée à l'aide d'un anémomètre.

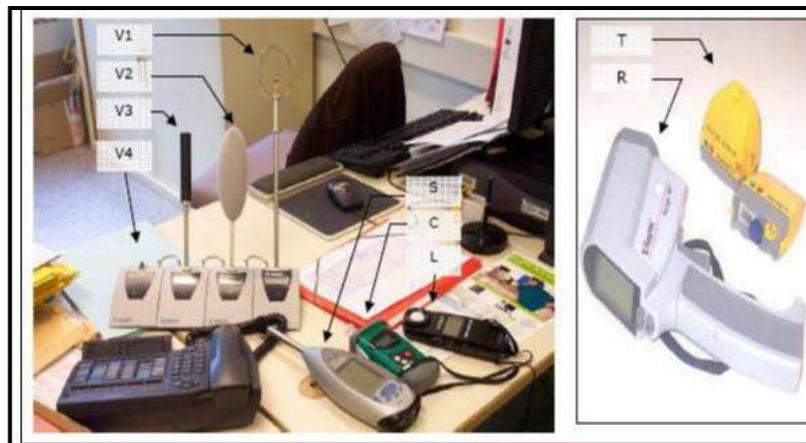


Figure II.14: Les instruments de mesures utilisés pendant les enquêtes (Source : B. Moujalled, 2007)

<sup>30</sup> Cours de Thermique, PG d'architecture et développement durable de Tizi-Ouzou 2006, enseignant Pr Makhlouf S.)

V1 : unité de mesure de la vitesse de l'air (valeur moyenne et écart-type), V2 : unité de mesure de la température opérative, V3 : unité de mesure de l'humidité relative, V4 : unité batterie, L :chromamètre Minolta CL-200, C : analyseur R :thermomètre Infrarouge Raynger MX2 et T : enregistreur miniature Tinyta

Il existe des instruments qui mesurent les 4 facteurs simultanément, ce matériel de mesure est composé de 3 unités qui mesurent la température opérative, la température de l'air, la vitesse de l'air et l'humidité de l'air.

Une quatrième unité, la batterie, assure l'alimentation des trois autres unités et elles sont reliées entre elles par des câbles et peuvent communiquer, via un port infrarouge, avec un ordinateur de poche qui permet de les programmer et de contrôler les mesures ; ce sont des analyseurs d'ambiances climatiques intérieures (Figure II.14).

Le recours à la mesure in situ pour évaluer l'ambiance thermique, peut se faire uniquement dans des bâtiments déjà construits, ce qui est un inconvénient, car nous ne pouvons pas utiliser cet outil dans les premières phases de la conception.

### **II.4 .3 Les indices de confort thermique**

Dans cette partie nous abordons le côté psychologique du sujet, par la définition de la sensation thermique ainsi que l'évaluation des ambiances thermiques, par des outils, indices et méthodes effectués dans les recherches antérieures, pour qu'on puisse les analysées et les comparées et enfin tirer les avantages et les inconvénients de chaque méthode et ses spécificités par rapport au climat semi-aride.

#### **a/ La sensation thermique**

La sensation thermique correspond à l'aspect qualitatif (chaud ou froid, localisation) et quantitatif (intensité) de la perception de l'état thermique personnel. Elle est liée aux messages sensoriels des différents thermorécepteurs informant l'hypothalamus qui les intègre en une information globale capable de donner information de l'état thermique de l'individu.<sup>31</sup>

Il est important de distinguer la sensation thermique du jugement affectif qui dépend de l'agrément et la préférence. Par exemple, le retour dans un intérieur chauffé de quelqu'un qui vient d'être exposé de façon prolongée au froid lui donnera une perception tiède ou chaude, mais sa sensation thermique sera toujours froide ou fraîche du fait de son exposition préalable.

Ainsi, l'ambiance sera jugée agréable mais pas l'état thermique personnel. Il apparaît donc important de faire la part entre l'état thermique du sujet qui l'amène à donner une expression de sa sensation personnelle, l'état thermique de l'ambiance qui est jugée à travers la perception sensorielle du climat, et le sentiment de confort qui prend aussi en

---

<sup>31</sup> Cité par Narçon, 2001, Caractérisation des perceptions thermiques en régime transitoire -Contribution à l'étude de l'influence des interactions sensorielles sur le confort.Thèse Neurosciences et Comportement. Paris: Ecole Pratique des Hautes Etudes, 2001.

compte la relation entre le sujet et son environnement<sup>32</sup>.

Si la sensation thermique dépend uniquement de l'état thermique personnel (l'activité des thermorécepteurs) et non pas de l'environnement thermique, la psychophysique a montré la possibilité d'évaluer la sensation thermique en fonction du stimulus physique telle que la température.

Les différents travaux de recherche ont montré que la sensation du froid dépend de la température cutanée, et la sensation de la chaleur dépend de la température cutanée au départ puis de la température interne. Alors que le désagrément dû à la chaleur est lié à la mouillure cutanée<sup>33</sup>.

Selon M. Grenfell Davies Pour évaluer la sensation thermique, différentes échelles ont été développées , les plus largement utilisées sont l'échelle de Bedford et l'échelle de l'ASHRAE (Figure II.15).

L'échelle de l'ASHRAE est souvent utilisée en affectant à la sensation neutre la valeur zéro (sensation chaude = +3, sensation froide = -3 et ainsi de suite).

L'échelle de l'ASHRAE est préférée à celle de Bedford qui confond la sensation et l'agrément. Enfin, il est important de ne pas confondre entre l'équilibre et la neutralité thermique. L'équilibre thermique du corps humain peut

être assuré dans une large zone de conditions d'ambiance grâce aux mécanismes de thermorégulation, la neutralité thermique correspond en revanche à une bande plus étroite pour laquelle les phénomènes de thermorégulation décrits précédemment ne sont pas (ou peu) mis en jeu.

L'échelle de Bedford		L'échelle de l'ASHRAE	
7	Très chaud	7 (+3)	Très chaud
6	Chaud	6 (+2)	Chaud
5	Confortablement chaud	5 (+1)	Légèrement chaud
4	Confortable	4 (0)	Neutre
3	Confortablement froid	3 (-1)	Légèrement froid
2	Froid	2 (-2)	Froid
1	Très froid	1 (-3)	Très froid

Figure II.15 : les échelles de la sensation thermique (Source : B. Moujalled, 2007)

Les indices de confort thermique sont en général définis en fonction de la température et de la vitesse de l'air, les deux paramètres les plus influents en l'absence d'ensoleillement sur l'utilisateur.

<sup>32</sup> Cité par CANDAS V. Confort thermique. In: Génie énergétique. Vol. BE 4. Paris: Techniques de l'ingénieur, 1998

<sup>33</sup> Cité par PARSONS K. Human thermal environment. 2nd Edition. London: Taylor & Francis, 2003

Nous notons que pour exprimer la réaction de l'utilisateur à une ambiance thermique, nous devons combiner tous les paramètres influant (la température, l'humidité, la vitesse de l'air etc.), car ces derniers affectent le corps humain de manière simultanée, et nous ne pouvons pas exprimer la réponse de l'utilisateur en fonction d'un seul paramètre, car l'influence de l'un dépend des niveaux des autres.

Nous notons également qu'il est nécessaire d'évaluer les effets combinés des facteurs d'ambiance sur les réponses physiologiques et sensorielles du corps et d'exprimer toute combinaison de ceux-ci sous la forme d'un seul paramètre. Ainsi tous les facteurs sont combinés à l'intérieur d'une seule formule, connue sous le nom d' «indice thermique ».

### **b/ Les indices environnementaux simples**

- **La température résultante ou température opérative**

La température opérative est un indice de confort intégrant l'effet de la convection et du rayonnement ( $t_a$  et  $t_r$ ). Elle est en fait définie comme la température d'une enceinte isotherme dans laquelle un occupant échange la même quantité de chaleur par rayonnement et convection que dans l'enceinte dans laquelle il se trouve réellement<sup>9</sup>.

Cet indice est pris égal à la température mesurée à l'intérieur d'un globe noir dont le diamètre est déterminé de façon que les échanges de chaleur par convection et rayonnement soient dans les mêmes proportions que pour le corps humain. Pour une convection naturelle avec une vitesse d'air faible (entre 0.1 et 0.15 m/s), un globe de 40 mm de diamètre est suffisant. Il a en plus un temps de réponse plus rapide par rapport au globe de 150 mm traditionnellement utilisé.

- **La température équivalente  $t_{eq}$**

La température équivalente est définie comme étant la température d'une enceinte isotherme ayant une vitesse d'air nulle, dans laquelle un sujet échangerait la même quantité de chaleur sensible, par convection et rayonnement, que dans l'enceinte réelle dans laquelle il se trouve. Elle permet de prendre en compte les effets des températures d'air, de rayonnement et de la vitesse d'air ( $t_a$ ,  $t_r$  et  $v_a$ ).

- **La température effective  $ET^*$**

La température effective est définie comme étant la température sèche équivalente d'une enceinte isotherme à 50 % d'humidité relative, dans laquelle un sujet échangerait la même quantité de chaleur et aurait même mouillure cutanée que dans l'enceinte réelle dans laquelle il se trouve.

L'indice  $ET^*$  prend en compte les effets de la température et de l'humidité ( $t_a$ ,  $t_r$ , et  $p_a$ ), et pour le calculer, il faut connaître la mouillure cutanée et l'indice de perméabilité à la vapeur d'eau des vêtements.<sup>34</sup>

---

<sup>34</sup> B. Moujalled, 2007

### c/ Les modèles analytiques du confort thermique

Pour prévoir les réponses thermiques et physiologiques du corps humain en fonction des conditions environnementales, de nombreux modèles analytiques ont été développés, dans les conditions stationnaires. Dans les modèles les plus simples, le corps est traité comme un bloc unique. Les modèles plus complexes divisent le corps en plusieurs segments et permettent de simuler la dynamique des réponses physiologiques. Nous décrivons ci-après les principaux modèles.

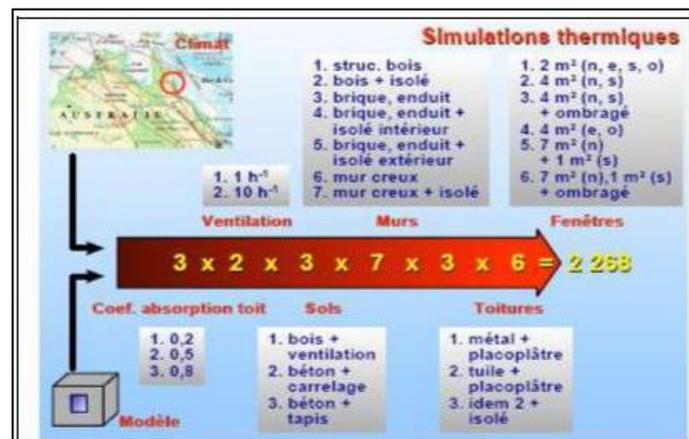
### d/ La simulation thermique

Ce type de simulation permet de déterminer l'impact relatif d'un ou plusieurs paramètres :

- des gains solaires (selon la surface de vitrages ou leur orientation) .
- de l'isolation (en faisant varier le paramètre de l'épaisseur) .
- de la compacité...

Grâce à la simulation, le concepteur peut également pouvoir déterminer la puissance des systèmes à installer, notamment celle du système de chauffage.

Un calcul plus poussé peut aussi faire varier d'autres paramètres tels que le degré d'inertie de la maison ou le type d'allure de chauffage, etc.



**Figure II.17** des résultats parmi les variables calculés. (A. Liébard et A. De Herde, 2005)

Le concepteur doit pouvoir vérifier si son projet ne risque pas de provoquer des situations d'inconfort à certaines périodes de l'année.

Une analyse dynamique se prête à l'examen minutieux de quelques journées représentatives (le jour le plus froid ou le jour le plus chaud) afin de déterminer la réponse du bâtiment dans ces conditions.

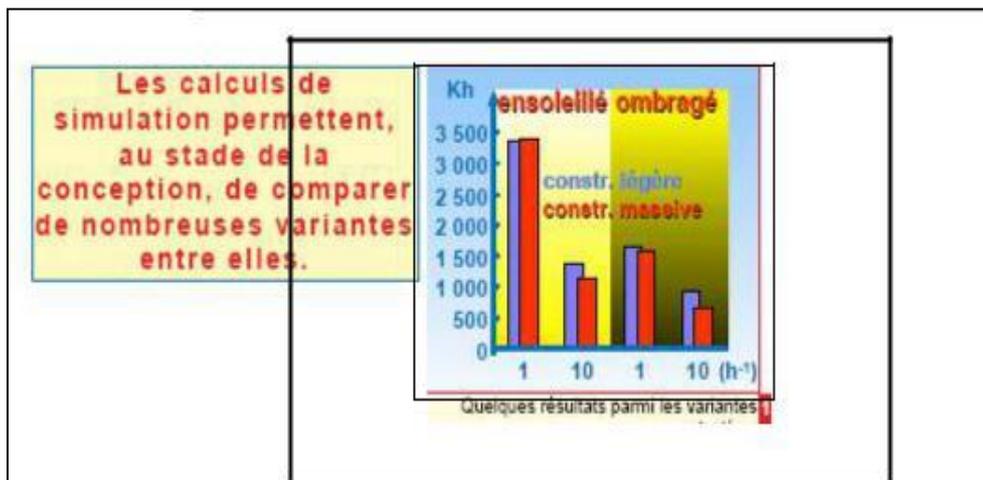
les courbes de températures seront étudiées, heure par heure, pour vérifier qu'il n'y a pas surchauffe ou sensation de froid. Enfin, le concepteur doit pouvoir vérifier que son projet est exempt de défauts tels que ponts thermiques ou risques de condensation.<sup>35</sup>

**Figure II.17**, expose le schéma de travail d'un ensemble de simulations (développé par (S. Szokolay, 1996) visant à déterminer s'il est plus intéressant, sous un climat chaud et humide comme celui des côtes du nord de l'Australie, d'opter pour une construction massive ou légère. Sous un tel climat, les calculs cherchent à mettre en évidence les pér

<sup>35</sup> A. Liébard et A. De Herde, 2004.

iodes et la fréquence des surchauffes. Une fois les différents paramètres intégrés dans le logiciel (températures, insolation, géométrie du bâtiment, matériaux utilisés, etc.), les températures sont calculées heure par heure pour une journée type du mois de janvier (mois le plus chaud dans l'hémisphère Sud).

Puis, la durée pendant laquelle la température intérieure dépasse la température de confort est calculée ainsi que la différence entre ces températures. Le résultat obtenu correspond à des degrés-heures, exprimant l'importance des surchauffes.



**Figure II.18 :** schéma combinatoire d'un calcul de simulation thermique  
Source: (A. Liébard et A. De Herde, 2004)

L'intérêt de la simulation réside dans la possibilité de comparer plusieurs variantes, il est crucial de bien choisir les paramètres selon les objectifs et les conditions de la simulation.

Les paramètres choisis sont :

Le coefficient d'absorption du toit (0,2 ; 0,5 ou 0,8).

Le taux de ventilation (1 ou 10 renouvellements).

La nature des planchers (en bois ; en béton recouvert de céramique ou en béton recouvert de tapis).

la nature des murs (structure bois isolé ou pas, par 50 mm de laine minérale ; brique et enduit isolé ou pas, par l'intérieur ; brique et enduit isolé ou pas, par l'extérieur ; mur creux isolé ou pas).

La nature des toitures (en métal incliné à 10° ou en tuiles inclinées à 20° et avec ou sans isolation de 100 mm de laine minérale) ; l'exposition solaire des fenêtres (6 variantes). La combinaison de ces variantes donne 2 268 résultats possibles..<sup>36</sup>

<sup>36</sup> A. Liébard et A. De Herde, 2004

## Conclusion

- I. Le patrimoine bâti vernaculaire est important car il est l'expression fondamentale de la culture d'une collectivité, de ses relations avec son territoire et, en même temps, l'expression de la diversité culturelle du monde.
- II. La construction vernaculaire est le moyen traditionnel et naturel par lequel les communautés créent leur habitat. C'est un processus en évolution nécessitant des changements et une adaptation constante en réponse aux contraintes sociales et environnementales. Partout dans le monde, l'uniformisation économique, culturelle et architecturale menace la survie de cette tradition.
- III. Cette partie du chapitre, nous a permis de comprendre que le confort thermique est une notion très difficile à définir et à évaluer. Vu la multitude de paramètres influant ; facteurs physiques, physiologiques et psychologiques, la raison pour laquelle plusieurs recherches et réflexions ont été effectuées dans ce sens pour essayer de définir la notion du confort thermique.  
Le confort thermique dépend de 6 paramètres (température de l'air, la température des parois, la vitesse de l'air, l'humidité, le métabolisme et l'habillement), mais pour assurer une satisfaction vis-à-vis son ambiance thermique le concepteur dans la région aride doit prendre en considération d'autres paramètres qui sont, l'asymétrie de rayonnement, la température du plancher, le gradient vertical de température d'air et la sensation de courant d'air, Pour éviter des inconforts locaux même si l'ambiance est confortable.
- IV. Nous pouvons dire que l'outil de simulation nous permet de vérifier si notre projet ne risque pas de provoquer des situations d'inconfort à certaines périodes de l'année, ainsi que l'influence d'un ou de plusieurs paramètres sur le confort thermique, en plus de la possibilité de comparer plusieurs variantes.  
Dans notre cas, la simulation nous permet aussi de réduire les coûts des travaux de recherche par un temps d'investigation plus court par rapport à d'autres méthodes.



# **Partie 02**

## **L'état de l'Art**

L'ASPECT BIOCLIMATIQUE DE L'HABITAT  
VERNACULAIRE ET DES EXEMPLES DE  
L'ARCHITECTURE VERNACULAIRE

## Introduction

La recherche du confort dans toute condition climatique pour l'homme, ses animaux et ses réserves, reste une constante dans les constructions humaines. Les formes de maisons vernaculaires (superposition, combinaison, juxtaposition et nomadisme) sont ici décrites en rapport aux climats chaud-sec, chaud-humide, froid-sec, froid-humide, à un ou à deux extrêmes.

Ces exemples illustrent des solutions mises en œuvre à la recherche d'un confort d'habitation dans des conditions climatiques fort variées.

### II.5. L'aspect bioclimatique de L'habitat vernaculaire

#### II.5.1. L'analyse de la maison vernaculaire

L'analyse de la maison vernaculaire, selon ces trois milieux, révèle que derrière la simplicité de la forme existent des rapports de causalité complexes. Chacun de ces milieux peut être considéré comme facteur morphogénétique, et contribue à déterminer la forme de la maison. Par contre, il ne peut pas être dissocié et analysé par lui-même: comme l'homme ne peut s'extraire de la nature qui l'entoure, obligé qu'il est de collaborer avec elle, il essaiera cependant de la transformer, ou au moins de s'y intégrer avec profit. De même pour construire, on doit se plier aux règles que dicte l'utilisation des matériaux. On ne dispose que des matériaux auxquels la nature pourvoit et que l'on agencera selon ses capacités et ses choix.<sup>35</sup>

**➤ L'homme est à la fois constructeur et utilisateur de son environnement.  
Son savoir-faire technique dépend de trois milieux interactifs:  
l'humain, le naturel et le matériel.**

#### a/ Le milieu humain

Une construction est une organisation spatiale significative du comportement humain.

Au-delà de la satisfaction fonctionnelle des besoins et des activités, ce sont les données économiques, sociales et culturelles qui déterminent la réponse architecturale.

#### b/ Le milieu naturel

Une construction est située dans un lieu géographique déterminé, support de l'architecture.

Il s'agit de canaliser les caractéristiques environnementales - physiques, climatiques, morphologiques et géologiques - soit pour les utiliser, soit pour s'en protéger.

C'est le royaume des quatre éléments naturels de notre monde - l'eau et son cycle, l'air et ses caprices, le soleil et son feu, la terre et son opulence.<sup>36</sup>

<sup>35</sup> Ouvrage : L'aspect bioclimatique de l'habitat vernaculaire Plemenka Supic p 27

<sup>36</sup> Ouvrage : L'aspect bioclimatique de l'habitat vernaculaire Plemenka Supic p28

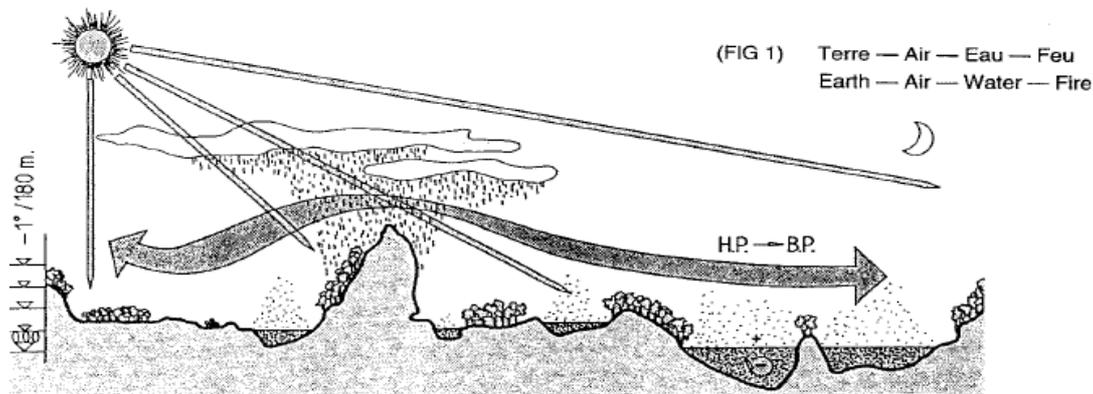


Figure II.19: Le milieu naturel Terere. air .eau .feu

### c/ Le milieu matériel

La mise en oeuvre des matériaux, les principes structurels et la combinaison des efforts sont les révélateurs des formes et au-deb, le moyen d'expression fondamental de la géométrie: horizontalité, verticalité, angulation, courbure, continuité, discontinuité, rencontre, superposition et dissociation des éléments de l'espace construit.

### d/ Elements climatiques

Rappelons succinctement que l'environnement naturel dépend des coordonnées géographiques du lieu - longitude, latitude et altitude - de sa morphologie, de la nature du sol et du sous-sol.

Il est déterminé également par la course solaire, par les cycles journaliers et saisonniers. L'ensemble des conditions atmosphériques fait intervenir trois facteurs climatiques essentiels:

- le rayonnement solaire et les températures
- l'humidité de l'air et les précipitations
- l'intensité, le direction et la fréquence des vents.

### II.5.2 La maison : l'unité du cadre bâti

Si nous observons de plus près ce tissu traditionnel, la plus petite unité est l'habitation. Sa taille, sa forme découlent entièrement de la parcelle, la maison de la médina présente une organisation à cour intérieure centrale.



Figure II.20: Principe d'une maison médinale,  
Source: Atif S. Typologies de logements marocain

La maison citadine, fait apparaître une certaine distinction entre activités et espace. C'est ainsi que l'on retrouve plusieurs maisons « Diur », entourant la cour centrale « Wast el dar ». Chaque maison se subdivise à l'intérieur en « Bayt » pièces, séjour, chambres.

La maison est l'unité de définition spatiale de l'habitat dans la médina. Selon Caniggia, la conscience spontanée est et synthétique de ce qui convient pour produire un édifice, l'homme oeuvre selon un patrimoine de notions liées à une aire culturelle donnée La maison traditionnelle est construite autour d'un espace central qui constitue l'élément de base duquel s'organisent plusieurs intérieures, autour de cet espace central<sup>37</sup>.

### II.5.3 L'espace central « Wast el dar ».

Il possède généralement une forme ciel, il permet l'éclairage et l'aération de la maison. Cet aspect centré du patio est renforcé par son caractère multifonctionnel, il est le coeur de la vie communautaire .



Figure II.21: Espace central à Taroudan

« Il est l'élément fondamental de la maison arabe et est profondément enraciné dans l'inconscient marocain, qui tend à le reproduire systématiquement La fonction principale de l'espace central et une fonction distribution quelle que soit sa forme.

### II.5.4 Matériaux et techniques de construction : un savoir faire ancestral

Dans l'architecture traditionnelle, le choix des matériaux est local et naturel, et le système constructif va être celui transmis de génération en génération, un savoir-faire hérité. Dans ce cas de médina, le matériau est la brique pleine utilisée en chaînages horizontaux répétitifs, et les murs sont en moellons hourdés .

Les façades sont recouvertes d'un enduit de terre et de chaux, les façades intérieures par contre, sont plus précieusement travaillées, revêtues de plâtre et de céramique<sup>38</sup>.

#### II.5.4.1 L'isolation thermique en Algérie

En Algérie qu'il est apparu la nécessité de développer l'isolation thermique dans les préoccupations des constructeurs, L'utilisation de parois lourdes dans le domaine de la construction est l'une des solutions classiques pour se protéger des agressions climatiques cette solution ne permet pas d'atteindre un niveau de confort satisfaisant surtout dans les

<sup>37</sup> Mémoire majistaire de Mme ATEK AMINA Université Tizi Ouzou, pour une reinterprétation du vernaculaire dans l'architecture durable cas de la Casbah d'ALGER en 2012.p 54

régions chaudes où l'inertie des parois doit être associée à une isolation thermique, l'indifférence dont l'isolation thermique était l'objet auparavant s'explique par:

- Le mode de construction : on construisait de façon massive et les matériaux employés avaient une bonne inertie thermique, les parois réagissaient donc moins vite aux variations de températures extérieures.

- La notion de confort thermique : on disposait des sources de chaleur (ou des climatiseurs) et on se contentait de leur rayonnement afin d'assurer un certain confort thermique.

- Les faibles coûts énergétiques : on se permettait une consommation excessive d'énergie afin de compenser les déperditions à travers les parois. Dans ces trois domaines, des changements très importants sont intervenus au cours de ces dernières années, dont les principaux sont :

- L'évolution des méthodes de construction : les constructions actuelles sont moins lourdes et les matériaux utilisés ont une faible inertie thermique, les parois réagissent donc plus vite aux variations de températures extérieures.

L'exigence d'un meilleur confort thermique : l'obtention d'un meilleur confort thermique n'est plus résolu uniquement par le chauffage ou la climatisation, il nécessite une répartition plus homogène de la température dans les constructions.

- L'économie d'énergie: le poids croissant des dépenses en chauffage et climatisation préoccupe actuellement les gestionnaires et les usagers, ce qui conduit à étudier des dispositions de construction visant à réduire les déperditions à travers les parois. L'évolution des méthodes de construction, le besoin d'un confort thermique plus approprié et le souci d'économie d'énergie ont suscité un intérêt pour une amélioration de l'isolation, c'est-à-dire la recherche des matériaux et des techniques de mise en œuvre susceptibles de réduire le flux de chaleur à travers l'enveloppe des bâtiments. Les techniques ont pour rôle principal la conservation des calories par un ensemble de dispositions réduisant l'échange de chaleur entre deux espaces de températures différentes (l'intérieur et l'extérieur d'une construction), mais elle procure également un certain nombre d'avantages supplémentaires dont les principaux sont:

- l'amélioration du confort en élevant les températures superficielles des parois,
- la diminution du coût global de construction en associant l'isolation { des structures légères.
- l'économie d'énergie en diminuant la puissance des installations de chauffage et de climatisation.

#### **II.5.4.2 les constructions d'habitat du Sahara**

Les constructions d'habitat du Sahara réalisées selon des principes de conception corrélés au climat. Pour assurer le confort physiologique, les bâtiments doivent être adaptés aux

conditions d'été, les exigences d'hiver étant satisfaites pour un bâtiment implicitement.<sup>39</sup>

En choisie avec soin les matériaux et les détails conception, permet le confort accessible le système de refroidissement la saison plus chaude, les toits plats et les murs extérieurs épais conçus avec les matériaux lourds amortissent les fluctuations de température, la ventilation naturelle réduite pendant la journée est introduit pas l'air extérieur chaud.

Pour assurer les températures d'été sont plus basses dans les bâtiment au niveau sol obligé utilisation d'isolation thermique, l'isolant légers modernes en haut capacité calorifique est permet d'avoir ouvertures plus larges ,mais maintient et même amélioré les conditions thermique obtenues dans les bâtiment traditionnels.

L'orientation Est-Ouest préférable par rapport une orientation Nord-Sud si une légère déviation à la direction Nord-Sud devait apporter une ventilation. Dues à la faible résistance thermique des fenêtres lors que les systèmes d'occultation contre le rayonnement solaire, permet des apports des flux de chaleur vers l'intérieur. La position correcte des fenêtres peut minimiser les flux de chaleur est provoquer une ventilation naturelle pendant la soirée en position ouverte. Les fenêtres doivent être conçues est disposées de façon que les surfaces et le flux d'air soit dirigé vers la hauteur d'occupation. L'une { la hauteur des lits et l'autre du plafond assure un mouvement d'air dans la pièce par voie thermique pendant les heures sans vent.<sup>40</sup>

### **II.5.5. Dispositif d'ouverture bioclimatique**

**II.5.5.1.Le Moucharabieh :** Cet élément est répandu dans l'architecture vernaculaire des pays méditerranéens, il consiste en un grillage en bois précieux par sa décoration et les bois tourné, une sorte de dentelle de bois, laquelle permet une meilleure vue soit longueur de la rue, soit de sa largeur . Le « Moucharabieh » est un dispositif d'ouvertu ventilation naturelle de l'espace intérieur, mesure où le panneau extérieur, généralement en bois, est poreux. Le dispositif est complété par une série de jarres en terre poreuses face à la fenêtre, ce qu permettra de rafraîchir le flux d'air grâce à l'évaporation de l'eau de celles-ci. L'air e bas de l'ouverture se réchauffera, puis sera évacué par le haut de cette même ouverture.

La conception du bâtiment dépendra ventilation. L'organisation des espaces intérieurs dépend du positionnement des dispositifs de ventilation naturelle.<sup>41</sup>

### **II .5.5.2 Autre dispositif: Le Malkef, ou les capteurs à vent**

Le malkef est un dispositif de rafraichissement d'air dans l'habitat traditionnel. C'est un conduit vertical qui permetfigure. Figure II. 22

Durant la journée (lorsque la température intérieure est inférieur extérieure), l'acheminement

<sup>39</sup> Etude de l'isolation thermique d'un local situé dans la région de Ouargla (sud -est de l'Algérie) Mémoire fin d'étude en master ,Genie Mécanique énergétique BENSEGHIRA Elmouatez Billah P 17.

<sup>40</sup> Etude de l'isolation thermique d'un local situé dans la région de Ouargla (sud -est de l'Algérie) Mémoire fin d'étude en master ,Genie Mécanique énergétique BENSEGHIRA Elmouatez Billah P 22

<sup>41</sup> Mémoire majistaire de Mme ATEK AMINA Université Tizi Ouzou, pour une reinterprétation du vernaculaire dan l'architecture durable cas de la Ccasbah d'ALGER en 2012.p 56,57

de l'air extérieur avec une température plus élevée au travers du conduit de cheminée permet le rafraîchissement de l'air par l'enveloppe du bâtiment intérieur se réchauffant est évacué par les fenêtre extérieur est basse, le sens des écoulements d'air est inversé.

L'air frais pénètre dans les espaces intérieurs par les fenêtres et est évacué par la cheminée sein même d'un bâtiment ancien une combinaison des différents dispositifs.

Lorsque l'air extérieur extérieur est plus chaud, la ventilation repose sur le tiragthermique qui favorise l'extraction de l'air par le patio au centre du bâtiment.

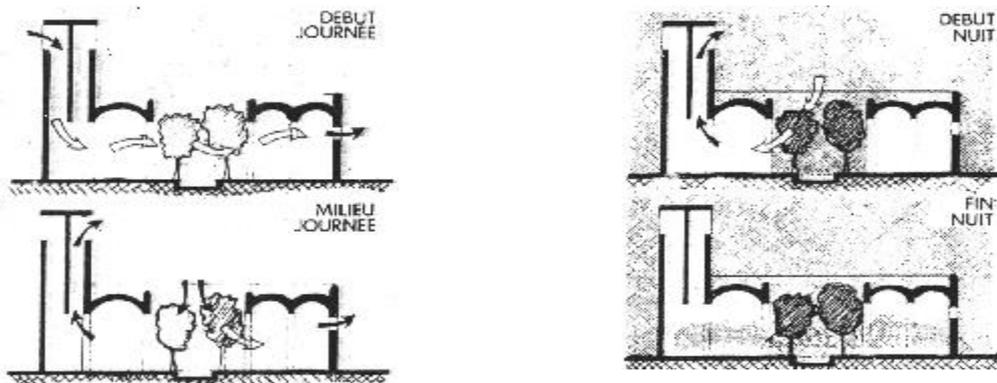


Figure II. 22: Intégration des systèmes ventilation naturelle dans l'architecture traditionnelle arabe

## II. 6. Exemples de L'habitat vernaculaire en Algerie

### a/ La maison kabyle

Son originalité réside dans son architecture spécifique a la région surtout dans son mode de couverture qui est à deux pentes à tuiles demi-rondes. Construites en générale de pierre (un moellon dégrossi). Très fruste, elle comporte une seule pièce d'habitation (aguns outiyerÿert) dans laquelle se creuse le foyer (kanun) et le mortier où se fixe le moulin à bras.

Tout est calculer dans cette maison Au mur, à gauche de l'entrée, une banquette est adossée, (iqedar) percée de niches où l'on range la vaisselle. En face est un mur de refend, le tadequouant peu élevé et percé de silos carrés, etl supporte un plancher au-dessus duquel se trouve un grenier qui sert<sup>42</sup>



Figure II.25: une maison du village de Beni Yenni

également de lieu de couchage et de reserves alimentaires contenues dans des ikufan (sing. akufi) ; Sous le plancher se trouve l'étable. Les maisons se resserrent les unes contre les

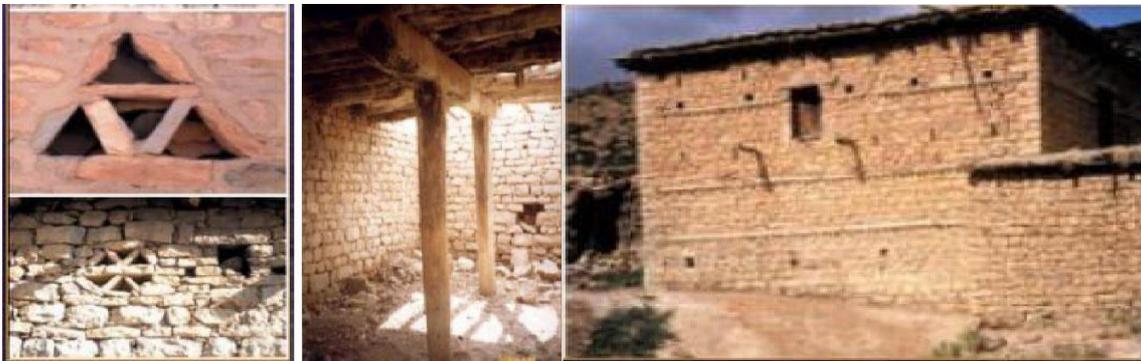
<sup>42</sup>Mémoire du master en architecture NAIT BACHIR ESSADDEK ,l'architecrure vernaculaire sur le village Kalaa BENI ABEBES p22

autres sur le point le plus élevé du site (taurirt) selon un plan rayonnant et des assises concentriques (Aït Larba) ou sur un plateau élevé (aguni) où le groupement est plus libre .

### **b/ La maison aurasienne**

Elle est en pierres en général de moellons dégrossis noyés dans un mortier avec chaînage de boullins horizontaux ; elle est couverte d'une terrasse en pente, débordant sur les murs :

amalgame de pierraille et de glaises tassées, reposant sur des lits de fascines. De gros galets posés aux extrémités de cette couverture Sur l'extérieur, les murs sont percés de petites ouvertures triangulaires alignées et de fenêtres carrées, parfois également de lucarnes hexagonales à rayons en pierre taillée en fuseau. On voit encore des ouvertures allongées horizontalement, garnies de pierres en fuseau disposées en zigzag. La porte, épaisse, à panneaux verticaux ,



*Figure II.26: des maisons Aurasienne BATNA*

## **II. 6.2 L'habitat ksourien**

### **II. 6.2.1 Les ksour**

l'habitat ksourien traditionnel constitue un element caractéristique de l'organisation spatiale et de la morphologie des oasis, montrant encore aujourd'hui, dans de nombreux territoires sahariens leurs fonctionnements passés et les logiques sociaux structurantes de la société ksourienne. L'approfondissement des définitions des éléments du système ksourien s'inscrit dans un dessein d'appréhension des logiques passées dans l'expectative de leur intégration de façon cohérente dans nos réflexions portant sur les perspectives de développement urbain durable et l'observation des dynamiques de ces systèmes ksouriens<sup>43</sup>.

#### **a/ Habitat du Souf**

La grande originalité de la maison du Souf est son mode de couverture faite de multiples coupoles obtenues par un mortier de gypse local mêlé de sable(tafzna), pétri et transmis de mains en mains par une chaîne d'aides jusqu'au maître d'œuvre. Celui-ci se tient sur un échafaudage en bordure des quatre murs de base préalablement construits et dont les angles

<sup>43</sup> Le patrimoine ksourien, mutation et devenir. Le cas du Zab El Gherbi-Tolga, Mémoire présenté en vue de l'obtention Du diplôme de Magister, Présenté par :Abdelhalim HAMMOUDI

ont été coupés par un système de trompes. Un mât, planté provisoirement au centre du carré, un clou fiché au sommet, tenant une ficelle, l'autre extrémité de cette ficelle passant entre le majeur et l'annulaire de la main du mu'allam, cela donnera, tendu, le rayon d'une demi-sphère, un nœud évitant le glissement entre les doigts du maître-d'œuvre.

Son travail consiste déposer les boulettes de mortier et à lisser de la paume, corde tendue.

La coupole est vite montée sans aucun secours de cintrage. Intérieurement, elle est parfaite extérieurement, elle présente toutes les aspérités d'un nid d'hirondelles. Un badigeon de plâtre blanc sur l'intérieur achèvera le travail.<sup>44</sup>

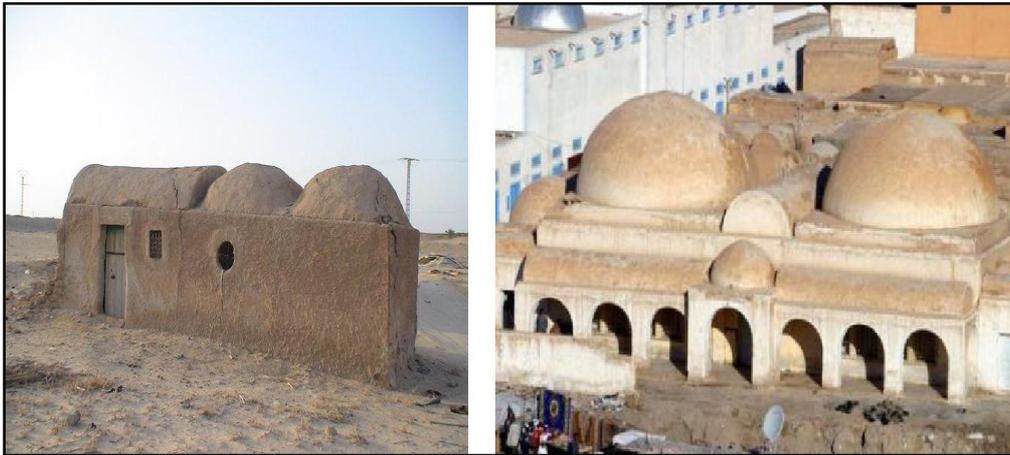


Figure II.27: La maison du Souf

**d/ La maison mozabite** A Ghardhaïa, la maison (taddert pl. tiddart) se présente extérieurement sous la forme d'une façade nue défoncée de trois ouvertures : la porte (taurt, pl. tiuira) surmontée d'une lucarne (ullun pl. illunen) et d'un trou carré, à gauche de la porte, par lequel on peut actionner la fermeture (serrure en bois dur à tirette et chevillettes manœuvrées à l'aide d'une clefspéciale).

L'entrée indirecte (*imi*) comprend un couloir tournant à angle droit sur le patio (*ammas*) en partie couvert, ne laissant au centre qu'un carré de ciel fermé d'une grille de fer. Ce patio, où, la plupart du temps, se tiennent les femmes, comporte de nombreuses niches murales carrées, un coin cuisine, surmonté d'étagères superposées (maçonnées) pour le rangement des ustensiles de ménage des produits d'usage courant,

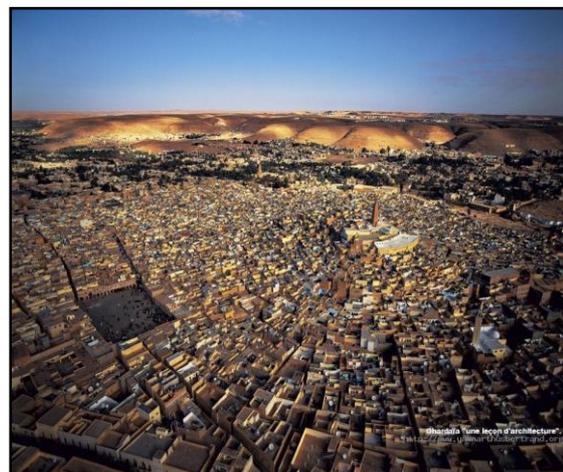


Figure II.28: vue aerielle su la ville du mzab

un autre coin (*tahaja*) est occupé par le métier à tisser. Sur ce patio central s'ouvrent, au

<sup>44</sup> Mémoire du master en architecture NAIT BACHIR ESSADDEK, l'architecture vernaculaire sur le village Kalaa BENI ABEDES p23

rez-de-chaussée, plusieurs chambres (*tazka*, pl. *tizkawi*) dont l'une, appelée *tiziffri* ne possède qu'une ouverture béante, elle sert de salle de prière ; les autres pièces sont à usages multiples ; des latrines se trouvent au fond du couloir.

Une cave (*baju*, pl. *ibuja*), en sous-sol, est en temps normal destinée à la conservation des denrées telles que les dattes, mais elle offre, en été, un abri appréciable contre les fortes chaleurs à ceux dont les occupations ou les ressources ne permettent pas de disposer d'une résidence d'été dans la palmeraie.

A l'étage, on trouve une galerie d'arcades sur piliers sur deux côtés, déterminant deux portiques (*ikumar*). Au centre est le patio supérieur percé d'un trou carré et grillé déjà évoqué. Une chambre ouvre sur le patio, elle est dotée d'un réduit toilette (*azru uaman*) et bordée de latrines. C'est la chambre d'hôte ; une autre pièce donne sur la galerie ; elle sert souvent de réserve à provisions (*h'ujerete*<sup>45</sup>).

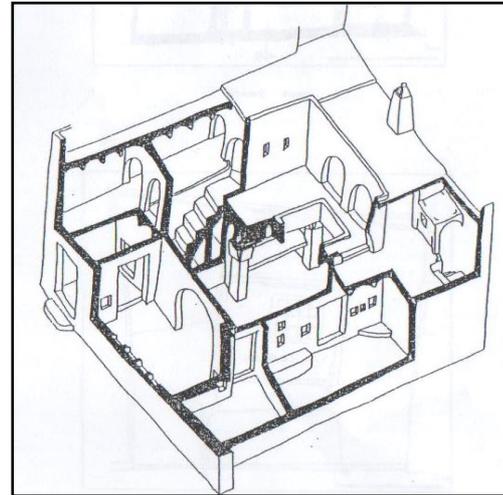


Figure II.29: Habitat Hozabit

### II. 6.3.3 Références thématiques d'habitation traditionnel par simulation

Les simulations sont outil pour atteindre les résultats de l'utilisation spécifique des déférences recherche et articles préparés par les chercheurs et les ingénieurs.

Grace a ce titre, nous fournissons certaines de ces recherches qui ont été établies dans les régions désertiques de l'Algérie, ce qui serait utile dans notre quête pour réaliser la recherche.

#### 1. Article :Etude par simulation de l'effet d'isolation thermique d'une pièce d'un habitat dans la région de Ghardaïa

Le but de cet article, est l'étude thermique d'une pièce d'un habitat situé dans la région de Ghardaïa. Adapté au climat de cette région, l'habitat est doté d'une isolation thermique sous la réaction des potentiels importants d'énergie (soleil, vent...) disponibles dans ce site saharien. D'où la nécessité des systèmes mécaniques de chauffage, de climatisation et de ventilation incorporant plusieurs éléments recherchés et assurant un confort maximum en plus d'une sécurité énergétique complète et compatible avec l'environnement. Nos résultats de simulation nous ont permis de réduire les gains et favoriser les déperditions solaires d'été et de déphaser les variations de température.<sup>46</sup>

<sup>45</sup> Mémoire du master en architecture NAIT BACHIR ESSADDEK ,l'architecture vernaculaire sur le village Kalaa BENI ABEBES p24

<sup>46</sup> S.M.A. Bekkouche, T. Benouazet A. Chekane , Revue des Energies Renouvelables Vol. 10 N°2 (2007) .

## **2. Article : Architecture et confort thermique dans les zones arides Application au cas de la ville de Béchar**

Cet article traite de la relation entre conception architecturale et confort climatique des usagers sans recours total ou partiel au conditionnement mécanique des locaux. Y sont présentés les principes de base de l'architecture bioclimatique et de l'art de construire, ainsi que des données relatives au climat saharien avec focalisation sur la ville de Béchar. La comparaison entre les valeurs simulées et les observations, en Janvier et Juillet, dans une maison individuelle de type F3 dans la zone sud-ouest de Béchar montre que l'on peut, presque atteindre le niveau de confort thermique requis par un choix judicieux des matériaux de construction, de la forme du bâtiment, de l'orientation et les dimensions des ouvertures. L'investissement supplémentaire nécessaire est rapidement amorti par les gains réalisés sur la facture énergétique.<sup>47</sup>

### **CNCLUSION**

- Comprendre la nature des relations qui existent entre les différentes communautés, le contexte culturel, le site, le climat, les matériaux, les techniques de construction et la forme du bâti vernaculaire.
- L'homme est à la fois constructeur et utilisateur de son environnement. Son savoirfaire technique dépend de trois milieux interactifs: l'humain, le naturel et le matériel.
- L'analyse de la maison vernaculaire, selon ces trois milieux, revele que derrire la simplicité de la forme existent des rapports de causalité complexes. Chacun de ces milieux peut etre considere comme facteur morphogénétique, et contribue a determiner la forme de la maison.
- Elle est obtenue après cuisson du calcaire à haute température. C'est ce matériau qui, mélangé à du sable pour constituer un mortier, est utilisé comme liant. La chaux mélangée au plâtre est utilisée comme crépis extérieur.
- La terre, le calcaire et surtout le sable sont des matériaux de construction très répandus dans le Sud Algérien et utilisés depuis plusieurs décennies dans la construction traditionnelle.

---

<sup>47</sup> A. Mokhtari, K. Brahimi et R. Benziada, Revue des Energies Renouvelables Vol. 11 N°2 (2008) 307 – 315 , accepté le 30 Juin 2008

# Troisieme chapitre

---

## **LE CAS D'ETUDE**

---

Présentation du cas d'étude et des caractéristiques climatiques de la région d'étude, puis nous introduisons les paramètres et les techniques passives d'architectures bioclimatiques dans la conception architecturale et voir les avantages et les inconvénients des techniques par rapport à la région d'étude et par rapport aux différentes saisons de l'année, cela nous permettra d'avoir une vision globale des différents principes de base de l'architecture bioclimatique , ainsi que ses apports en matière de confort thermique et de consommation énergétique .  
Et pour appuyer nos hypothèses, et étudier le niveau de confort selon les matériaux de construction de la région et voir leur impact sur le confort thermique par un logiciel .

---

# Partie 03

## Le Cas d'Etude

L'ASPECT BIOCLIMATIQUE DE  
L'HABITAT VERNACULAIRE MOZABITE

## Introduction

Selon Joseph BELMONT « L'architecture est déterminée par une série de facteurs dont un seul ne varie jamais, le climat ». Donc, « Tout concepteur a besoin de connaître le climat du lieu où il doit construire. C'est-à-dire le régime de la température et de l'humidité de l'air, le régime et la nature des précipitations, l'ensoleillement, le régime et la nature des vents durant le cycle annuel complet » [FERNANDEZ P. et LAVIGNE P. 2009, p.101].

Dans cette perspective, on affirme que la connaissance de ses variables et leurs différentes combinaisons représente un principe essentiel dans la conception et le confort dans l'habitat.

Dans ce chapitre, par conséquent, on abordera (selon la démarche) une étude climatique et bioclimatique de la région choisie (**Ghardaïa**) qui représente le contexte aride en Algérie. Cette analyse est élaborée pour définir la zone de confort, de même que ses limites et les différents éléments de conception architecturale influant sur le confort à travers les différentes stratégies générées.

## III. Le climat

### III.1.1 Le climat Aride

On retrouve ce type de climat dans les versants Ouest des continents entre les latitudes suivantes 20-25°N et S (extrêmes 15-30° N et S) (fig.V-2). Végétation éparse, un type très limité de végétation peut survivre (cactus...), le reste attend sous terre la venue d'une averse.

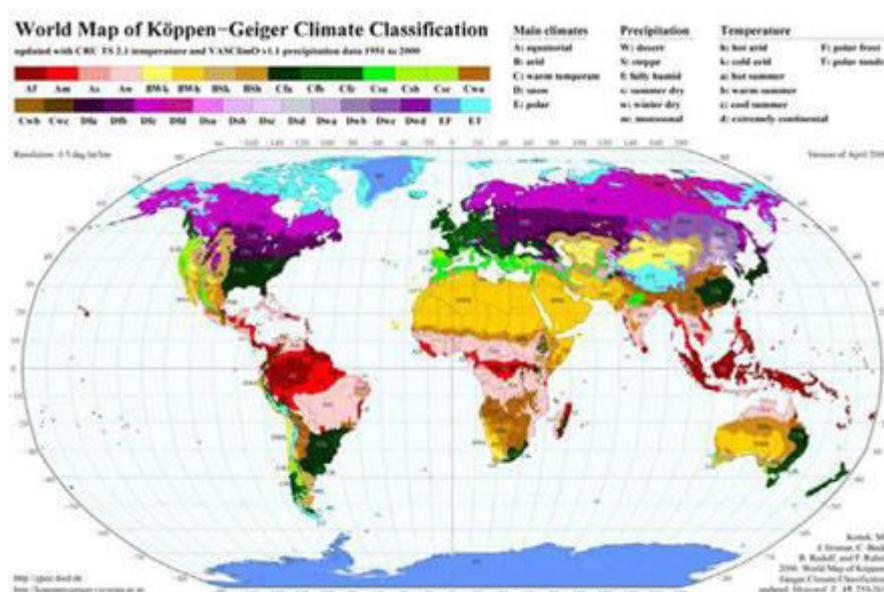


Figure III.32 les climats du monde. (Source : AUSTERVEIL T., 2009)

Deux saisons caractérisent ce type de climat : une chaude et une Deuxième plus fraîche. longue et une courte période de pluie durant l'été. Comme les précipitations ont lieu en période chaude (quantité annuelle variable, mais toujours inférieure à 500 mm) lorsque l'évaporation est à son maximum, elles ne sont pas très efficaces pour la végétation [OULD-HENIA A. 2003, p.16].

Intensité élevée du rayonnement solaire direct et réfléchi par le sol. Températures diurnes élevées, avec des écarts entre le jour et la nuit très élevés. Humidité relative basse avec de rares précipitations. Environnement aride, avec des tempêtes de sable

48

### III.1.2. Le Climat en Algérie

#### Données géographiques

D'une superficie de 2.381.741 Km<sup>2</sup>, l'Algérie présente une diversité de zones climatiques qu'on peut classer en trois catégories (Figure III.33) :

- Le Tell : climat tempéré humide de type méditerranéen
- Les Hautes Pleines : Climat de type continental
- Le Sahara : climat aride et sec.

Elle est comprise entre les latitudes 18° et 38° Nord, et entre 9° de longitude Ouest, et 12° de longitude Est, le méridien international 0° Greenwich passant près de Mostaganem. Les distances entre le Nord et le Sud, l'Est et l'Ouest varient de 1500 à 2000 Km.

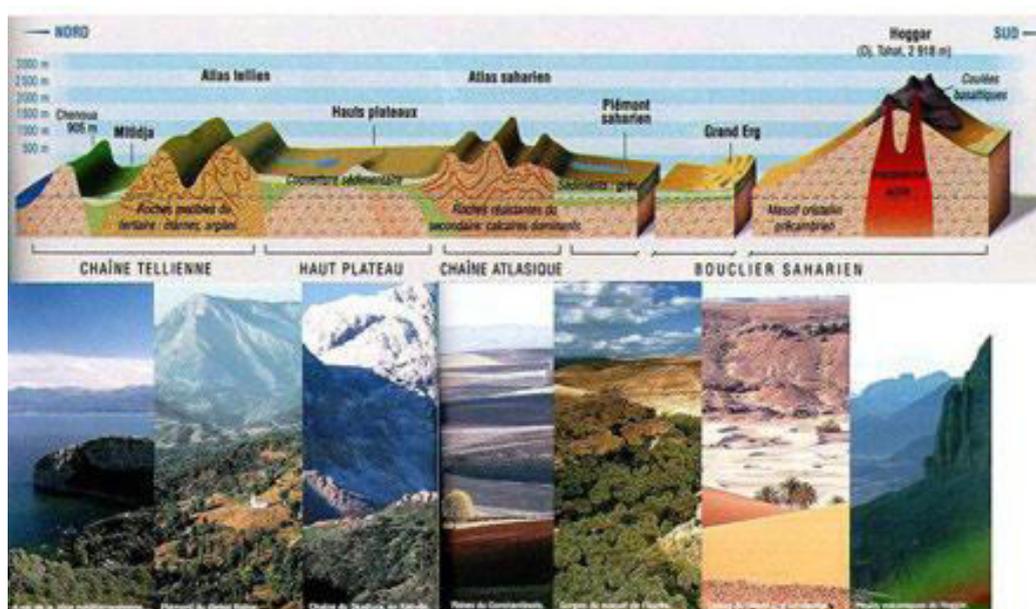


Figure III.33: coupe transversale Nord- Sud du relief (source : par Mr. SEMAHI Samir, EPAU 2013)

<sup>48</sup> Mémoire de magister, Développement d'une approche de conception dans les zones arides et semi-arides par SEMAHI Samir, EPAU , Soutenu le 16/06/2013 .p 90

Plus de 4/5 de sa superficie est désertique. D'où une large variété géographique et climatique allant du littoral au désert. La classification climatique en Algérie permet de distinguer deux grandes catégories :

### Les zones climatiques en Algérie

#### a/ Les zones climatiques d'hiver

- La zone H1 subit l'influence de la mer .
- La zone H2 subit l'influence de l'altitude .
- La zone H3 subit l'influence de la latitude.

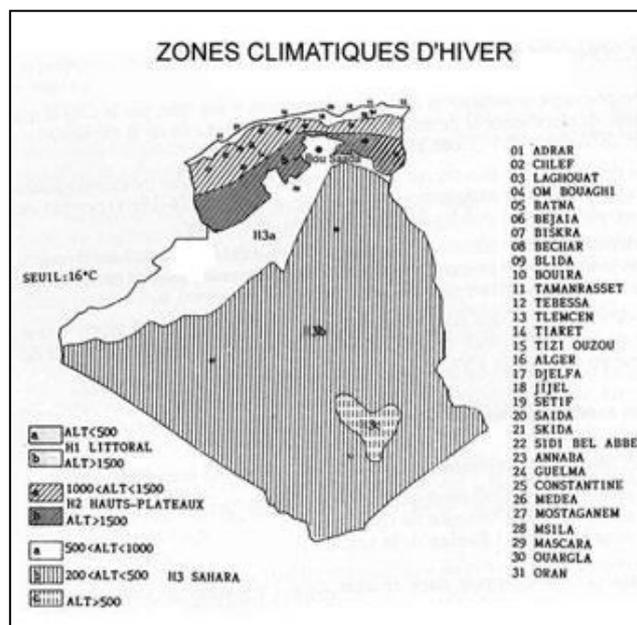


Figure III.34: les zones climatiques d'hiver en Algérie

(source : Source : OULD-HENIA A. 2003)\*

Ces trois zones sont classées en fonction de l'altitude en sept sous-zones comme suit :

- sous-zone H1a : littoral mer, altitude < 500m : caractérisée par des hivers doux avec des amplitudes faibles .
- sous-zone H1b : arrière littoral montagne, altitude > 500m : caractérisée par des hivers plus froids et plus longs .
- sous-zone H2a : atlas tellien- montagne, 1000m < altitude < 1500m : caractérisée par des hivers froids et un écart de température diurne important ;
- sous-zone H2b : atlas saharien-montagne, altitude > 1500m : caractérisée par des hivers encore plus froids .
- sous-zone H3a : présaharien, 500m < altitude < 1000m : caractérisée par des hivers très froids la nuit par rapport au jour. Les écarts de température entre le jour et la nuit sont importants .
- sous-zone H3b : Sahara, 200m < altitude < 500m : caractérisée par des hivers moins froids que la zone H3a avec des écarts de température diurne .
- sous-zone H3c : Hoggar, altitude > 500m : caractérisée par des hivers très froids analogues à la zone H3a, mais qui persistent même durant la journée.<sup>49</sup>

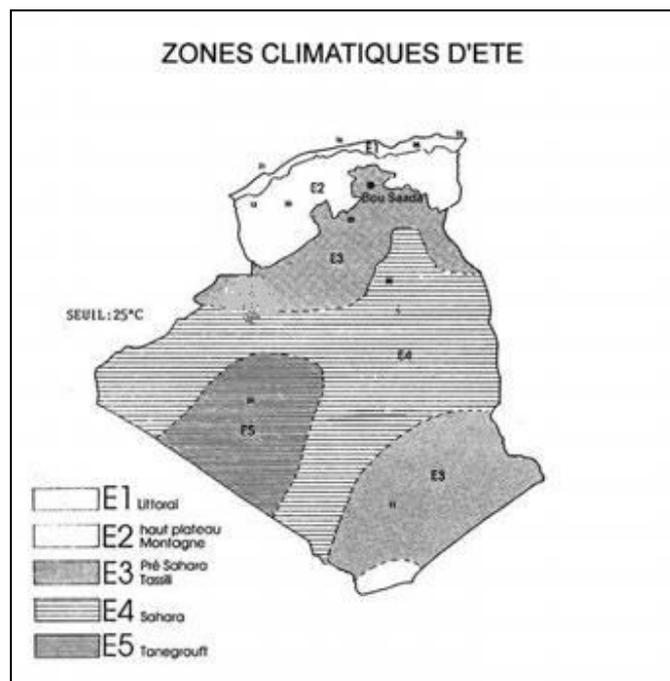
<sup>49</sup> Mémoire de magister, Développement d'une approche de conception dans les zones arides et semi-arides par SEMAHI Samir, EPAU , Soutenu le 16/06/2013 .p 91

### b/ Les zones climatiques d'été

- La zone E1 subit l'influence de la mer .
- La zone E2 subit l'influence de l'altitude .
- La zone E3, E4 et E5 subissent l'influence de la latitude.

Les caractéristiques de ces zones sont définies comme suite (Figure III.35) :

- la zone E1 : littoral, caractérisée par des étés chauds et moins humides. L'écart de température diurne est faible .
- la zone E2 : hauts plateaux- montagne, caractérisée par des étés plus chauds et moins humides avec des écarts de température diurne importants .
- la zone E3 : pré-Sahara – tassili, caractérisée par des étés très chauds et secs, mais moins pénibles qu'en zone E4 .
- la zone E4 : Sahara, caractérisée par des étés secs, mais plus chauds et plus secs qu'en zone E3 .
- la zone E5 : Tanezrouft, caractérisée par des étés chauds et secs et extrêmement pénibles par rapport aux zones E3 et E4, c'est la zone la plus chaude de l'Algérie<sup>50</sup>.



**Figure III.35:** les zones climatiques d'été en Algérie  
(source : OULD-HENIA A. 2003)\*

**Figure III.36:** Tableau resule les zones en Algérie

Zones climatiques		Limites du confort		Zones climatiques	
HIVER		Températures (°C)	Humidité relative (%)	ETE	
H1	H1a	21-25	22-70	E1	
Littoral	H1b	20-24	20-70	Littoral	
H2	H2a	21-26	21-69	E2	
Hauts plateaux	H2b	20-25	23-75	Hauts plateaux	
H3	H3a	22-27	19-65	E3	
Sahara	H3b	23-27	19-60	E4	Sahara
	H3c	23-28	20-62	E5	

<sup>50</sup>\* mémoire de magister, Développement d'une approche de conception dans les zones arides et semi-arides par Mr. SEMAHI Samir, EPAU , Soutenu le 16/06/2013 .p 92

## III.2 Le M'ZAB (Ghardaïa) : Site et Histoire

### III.2.1 motivation du choix de ville

La ville de Ghardaïa joyau culturel et architectural classé par l'UNESCO sur la liste Patrimoine universel de l'humanité depuis 1982<sup>51</sup>. OPVM Les point forts de tourisme de Ghardaïa La wilaya de Ghardaïa a un patrimoine historique riche et des civilisations très variées.

les richesses économiques et la position stratégique. la valeur architecturale de la région de Ghardaïa.



Figure III.37 : Vue aérienne de ville de Ghardaïa/Source : encarta

### III.2.2 Situation géographique

La wilaya de Ghardaïa se situe au centre de la partie nord du Sahara algérienne, à 600 km au sud de la capitale, elle constitue le point d'articulation entre le nord et le sud.

Latitude: **32.4833**, Longitude: **3.68333** 32° 30' Nord, 3° 45' Est

À 600 Km au sud d'Alger, la wilaya de Ghardaïa localiser sur une superficie<sup>52</sup> de 86105 Km<sup>2</sup>.

Chef –lieu : Ghardaïa  
Population : 121194 hab  
Densité: 395,45 Hab.Km<sup>2</sup>  
Daïras : 9  
Communes : 13

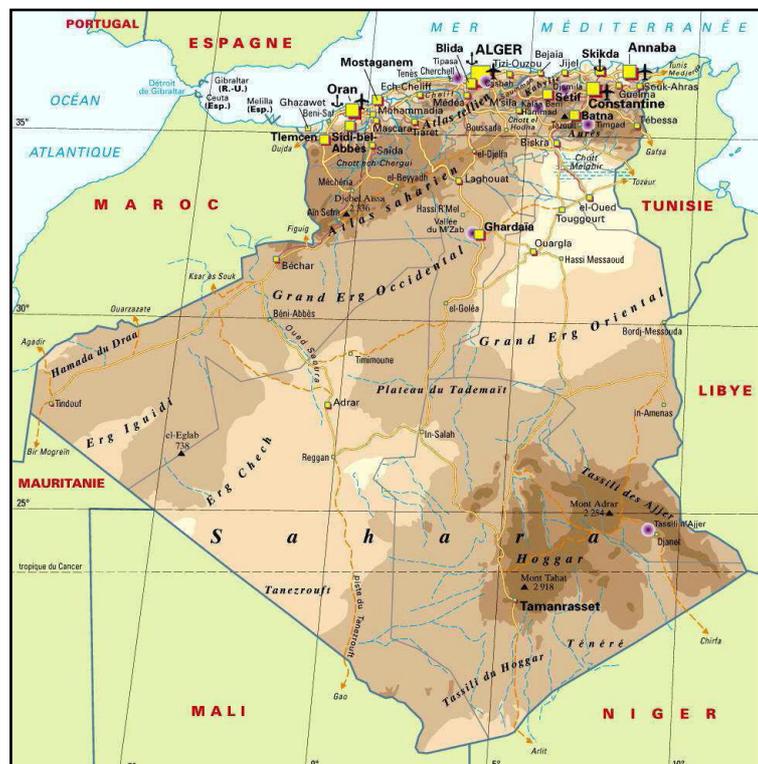


Figure III.38 : Situation wilaya de Ghardaïa

<sup>51</sup> OPVM : Office Protection la Vallée du M'zab.

<sup>52</sup> ONS : Office National du Statistique.

### III.2.4 Historique de L'évolution de la structure territorial

#### III.2.4 .1 le fondement historique

L'histoire de la doctrine ibadhite nous renvoie a la grande scission qui éclata entre les musulmans après la mort du troisième Khalifa Uthman ibn affane.

Les Ibadites avait dominé tout le Maghreb central ils sont les descentes de l'orient au début de 8ème siècle après JC, a partir de DJEBEL NAFOUSSA (Libye), puis DJERBA (Tunisie) sous la conduit de ABD ARRAHMEN BEN ROSTOME, qui il est ensuit fondé l'état Rostomide (premier état islamique algérienne) qui durant 136 ans à tiaret, puis la fuir vers sadrata (à proximité de Ouargla) après la destruction de la cite de (Tiherte) tiaret par lesquelles Fatimides ,et puis dans le M'Zab ce plateau austère<sup>53</sup> .

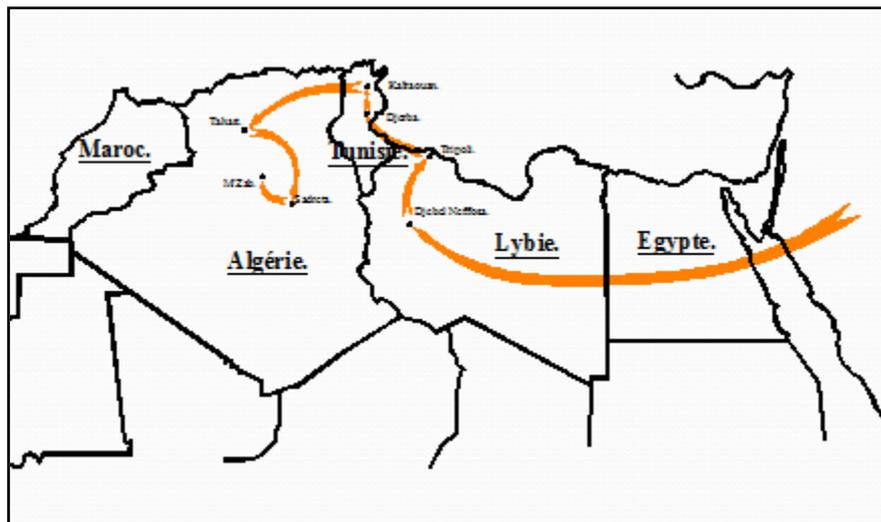


Figure III.39 : la propagation la doctrine Ibadite( 'Source Roche M)

#### III.2.4.2 Les cinq ksours de ghardaia

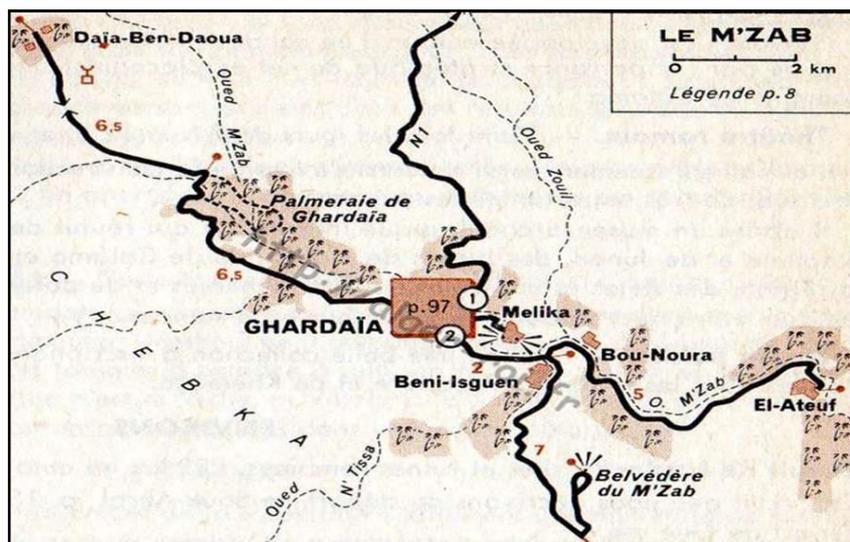


Figure III.40 La fondation des k'sours de la vallée ( 'Source Roche M)

<sup>53</sup> Roche M « le M'Zab, architecture Ibadite en Algérie » Paris 1973

**El-atteuf:(Tadjninte)en1012**

La plus ancienne ville du M'zab, fondée en 1012 Située à l'extrémité aval de la Pentapole et détachée par rapport aux autres ksours, El-atteuf est aujourd'hui une cité peu florissante en raison de sa situation géographique<sup>54</sup>.

**Bou-Noura:(Atbounour)en1046**

Fondée en 1046. Le ksar qui existe aujourd'hui fut rebâti sur le premier par les survivants des Oued Abdelah. Son oasis, limitée à quelques milliers de palmiers, est d'une importance tout à fait négligeable.



*FigureIII.42Bou-Noura( 'Source Auteur\*)*

**Ghardaïa : (Tagherdaïte) en 1053**

*FigureIII.43: Ghardaïa ( 'Source Auteur\*)*



*FigureIII.44: Melika ( 'Source Auteur\*)*

**Melika:(Atamlichet)en1124**

Petite cité guerrière qui domine la vallée de l'oued M'zab. Sa palmeraie est à peu près inexistante, mais les habitants deMelika possèdent à Metlili de très nombreux jardins

**Beniisguen:(Atisgen)en1321**

Cité sainte entourée de murailles. Fondée en 1321 au confluent de l'oued N'tissa et de l'oued M'zab, elle ne fut d'abord qu'un petit village grossi .



*FigureIII.45:Beniisguen ( 'Source Auteur\*)*

<sup>54</sup> Texte (in «habitation-Etat-société au Maghreb »sous la direction du P.R.BADUEL \_cote 718/115

\* Photo prise par Auteur 12-05-2017 .

### III.3 Le site d'étude : “ Le KSAR Du GHARDAÏA ”

#### III.3.1 Le site d'étude

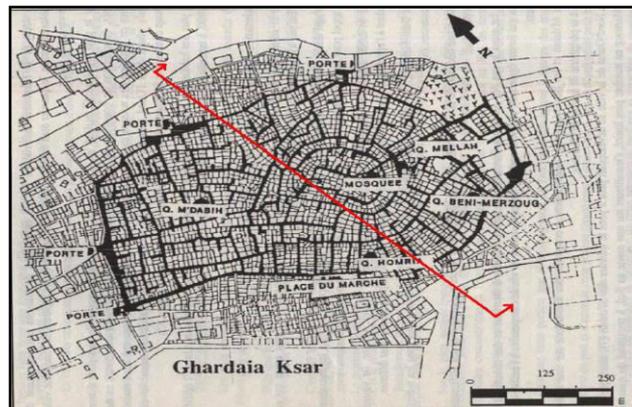
L'organisation spatiale et structurelle de ksar de Ghardaïa, offre beaucoup d'analogies avec les ksars à travers le monde arbo-musulmane. C'est le plus important de la vallée du M'Zab (Melika, Bounoura, El-Atteuf, Beni-Isguen...) créée en 1053, aujourd'hui c'est le chef lieu de la région.



FigureIII.46: Ghardaïa ('Source google)

#### III.3.2 Les limites du commune

Les limites de la commune de Ghardaïa, Au Nord par la commune de Berriane , A l'Est par la commune de Benoura ,Au Sud par la commune de Benoura, A l'Ouest par la commune de Dhayet bendahoua



FigureIII.47: Plan Ksar Ghardaïa ('Source DUC)<sup>55</sup>

#### III.3.3 L'accessibilité



FigureIII.48: la route nationale N° 01 de Ghardaïa ('Source Auteur)\*



FigureIII.49: un aéroport à 20 KM de la ville ('Source Auteur)\*

<sup>55</sup> DUC :Derection Architecture et d'Urbanisme du Wilaya Ghardaïa

\* Photo prise par Auteur 12-05-2017 .

### III.4 L'Analyse climatique de la région

#### III.4.1 Le climat

Le climat de la wilaya est de type désertique saharien (ARIDE); il se caractérise par des étés très chauds et des hivers doux et une grande différence entre les températures de jour et de nuit, d'été et d'hiver<sup>56</sup>.

#### Caractéristique du climat chaud et sec

- Une forte température en été et un faible taux d'humidité 5% à 10%
- Rayonnement solaire intense
- Eblouissement dû à la forte lumière réfléchi.
- Température maximum en été pouvant atteindre 50°C
- Hiver froid

#### Zone sur chauffée

Caractérisé par des températures supérieures à 25°C l'association de ces températures avec l'humidité provoque une sensation d'inconfort.

#### Zone de sous chauffée

Cette zone correspond à un abaissement des températures en dessous de la température de confort 20°C

#### Face à ce climat les objectifs sont

- Se protéger contre les fortes chaleurs.
- Réduire l'éblouissement.
- Se protéger contre les vents d'hiver et les vents de sable.

#### III.4.2 La température

	janv. 2016	fév. 2016	mars 2016	avr. 2016	mai 2016	juin 2016	juil. 2016	août 2016	sept. 2016	oct. 2016	nov. 2016	déc. 2016	Année complète
Tempé. <b>maxi</b> extrême	24,0 le 11	30,0 le 29	31,8 le 20	38,2 le 28	42,6 le 27	44,5 le 12	45,1 le 11	42,6 le 2	40,8 le 10	37,0 le 13	31,6 le 1	20,5 le 4	45,1 le 11 juil.
Tempé. <b>maxi</b> moyennes	19,7	20,8	23,3	29,6	33,3	38,2	40,6	38,9	35,4	31,3	22,2	17,1	29,2
Tempé. <b>moy</b> moyennes	13,9	15,1	17,0	22,9	26,8	31,3	34,2	33,0	29,5	25,1	16,7	12,6	23,2
Tempé. <b>mini</b> moyennes	8,2	9,3	10,7	16,0	20,3	24,4	27,7	27,1	23,6	19,0	11,2	8,1	17,1
Tempé. <b>mini</b> extrême	0,8 le 24	4,5 le 19	5,5 le 14	7,6 le 2	11,0 le 2	18,6 le 22	23,6 le 16	22,1 le 12	16,8 le 29	12,4 le 30	6,4 le 26	4,2 le 28	0,8 le 24 janv.

Figure III.50: Tableau de température Ghardaïa en 2016 ('Source -climat Info)<sup>57</sup>

Elle est marquée par une grande amplitude entre la température de jours et de nuit d'été et d'hiver.

La période chaude commence au mois de Mai jusqu'à Septembre, la température moyenne au mois du Juillet est de 36.3, le maximum de cette période est 43°C.

<sup>56</sup> Mémoire du mester logements dans la ville de Ghardaïa dans le cadre la démarche HQE ,Présenté par : Bousseta Mohamed Yazid Projet de 64 , Université Amar Thelidji- Laghouat, P 26

<sup>57</sup> Info-climat :Le site [www.infoclimat.fr](http://www.infoclimat.fr) climatologie Ghardia l'année 2016.

La température moyenne du mois de Janvier ne dépasse pas 12.2°C.

Le minimum de cette période est de 8.2°C

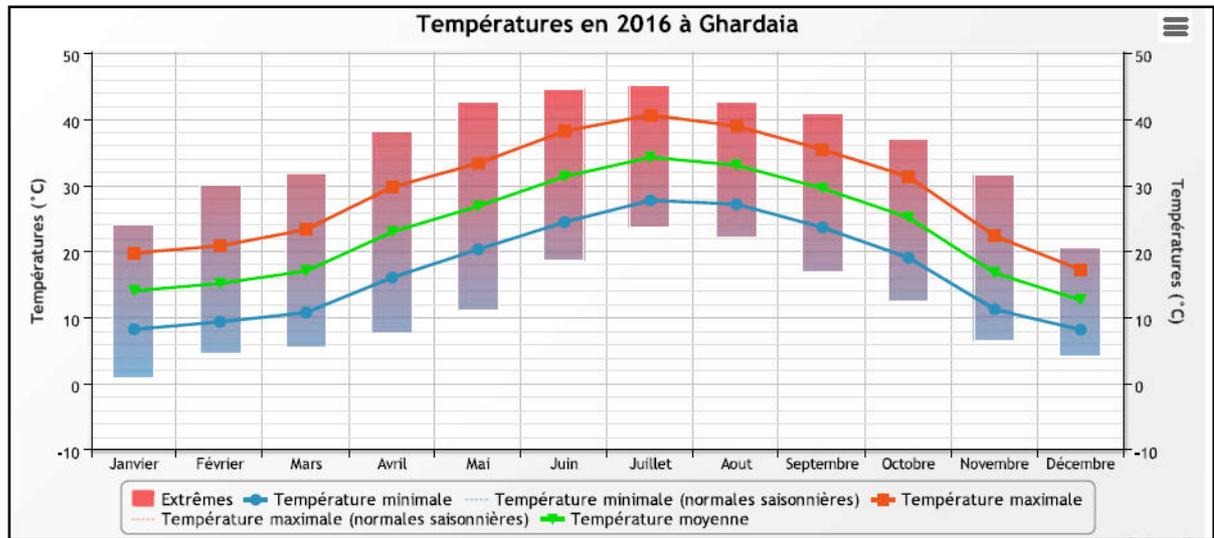


Figure III.51: Temperature Ghardaïa en 2016\*

- **T min** : moyennes de températures minimales mensuelles exprimées en (°C).
- **T max** : moyennes de températures maximales mensuelles exprimées en (°C)
- **T moy** : est la moyenne des températures mensuelles exprimées en (°C)
- T** : Température annuel exprimées en (°C)

### III.4.3 Pluviométrie

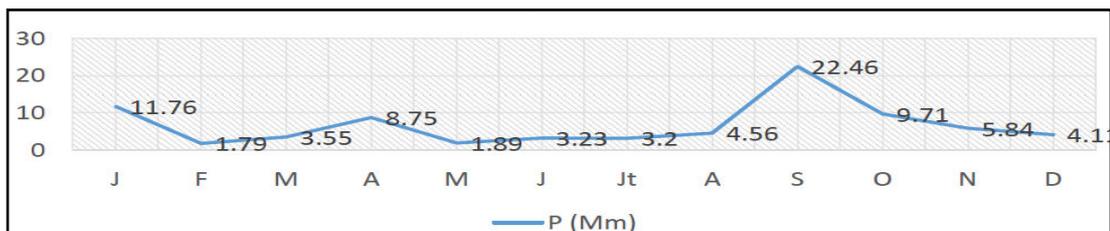


Figure III.52: Les précipitations Annuelles du Ghardaïa entre 2005 et 2015

Les précipitations sont très faibles et irrégulières. Généralement, elles sont torrentielles et durent peu de temps, sauf cas exceptionnel. avec un maximum 22.46 mm au mois septembre et minimum de aux mois de mois de février et juillet avec 1.79 et 3.20 mm (Graph 02), La pluviométrie de la Wilaya est très faible. Selon les données statistiques, sur une période d'observation de 10 ans, on constate que la pluviométrie est très faible. La moyenne annuelle est de 80.83 mm.

\* 58 Info-climat :Le site [www.infoclimat.fr](http://www.infoclimat.fr) climatologie Ghardia l'année 2016.

### III.4.4 Les vents

La vitesse moyenne du vent au ghardaïa est inférieure à 5m/s et la vitesse maximale peut atteindre les 14m/s. Les vents sont violents entre Mars et juin.

La direction dominante est Nord-Ouest pendant l'automne, l'hiver et le printemps,

et aussi en été, en juillet et Août le sirocco **Figure III.53:A** Caractéristique vent du Ghardaïa (vent chaud et desséchant).

Les vents.	Direction.	Caractère.
Vents d'hiver.	Nord - Ouest	Froid et humide.
Vents violent Mars - Avril - Mai.	Sud - Est	La vitesse 16 m/s et plus, la durée 20 jour / an
Vents d'été.	Nord - Est	Fort et chaud.

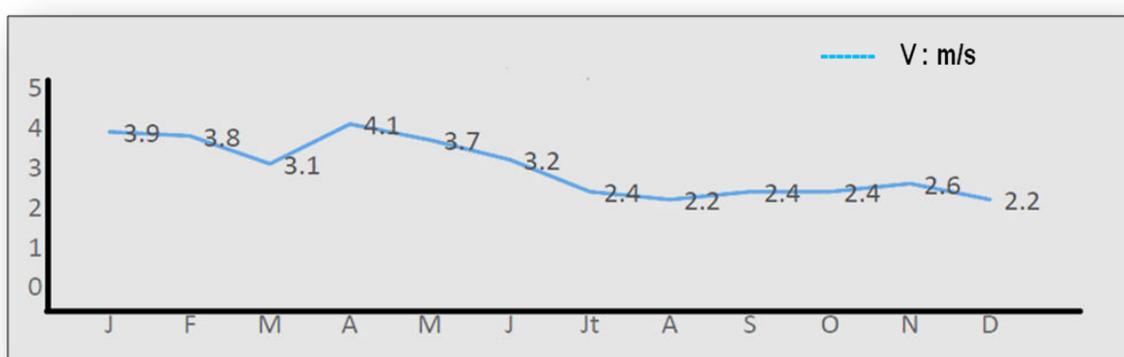


Figure III.53:B vitesses de vent de la région de Ghardaïa pour 2016( info-climat)\*

### III.4.5 L'humidité relative de l'air

Pendant l'été, elle chute jusqu'à 21,6% au mois de juillet, alors qu'en hiver elle s'élève et atteint une moyenne maximale de 55,8% au mois de janvier.



Figure III.54:Graph de pourcentage L'humidité relative de l'air de la région de Ghardaïa pour 2016( info-climat)\*

\* 59 Info-climat :Le site [www.infoclimat.fr](http://www.infoclimat.fr) climatologie Ghardia l'année 2016.

### III.4 La typologie architecturale de la ville “ KSAR GHARDAÏA”

#### III.4.1 A l'échelle urbaine

C'est l'ensemble des tracés ordonnateurs qui définissent la forme urbaine avec la structure de conformation. C'est la matrice, une armature géométrique de la morphologie urbaine que l'on essaye de saisir.

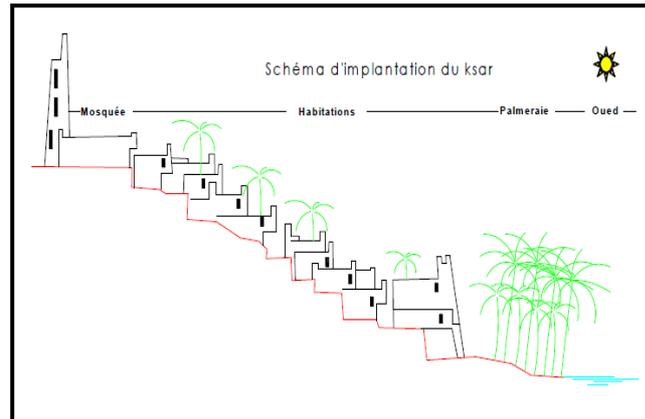


Figure III.55: Schema d'implantation du Ksar

La structure de conformation est aussi générée par la structure de permanence dont les éléments deviennent les points de la composition du plan de la ville<sup>60</sup>.

#### III.4.1.1 Les éléments structurants du KSAR

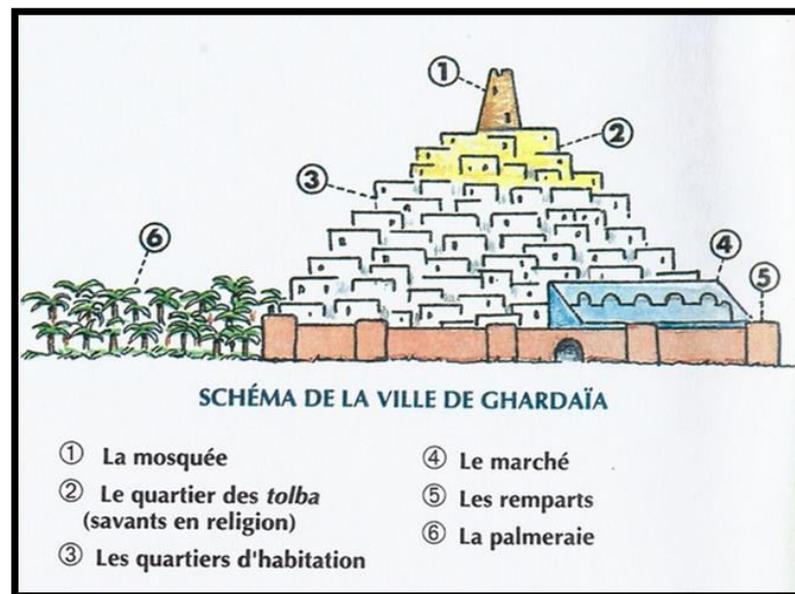


Figure III.56: Schema de la ville Ghardia source (Chabi M., Dahli M)

- 1- **la mosquée** : Dans une ville mozabite, le premier édifice à construire est la mosquée.
- 2- **L'habitation** : C'est autour de la mosquée que sont implantés les habitations selon le même procédé la construction de l'espace d'habitation résulte de la mise en réseau de cellule simple qui engendrant un espace central, centre vitale de la maison. La maison est le symbole de l'intimité, le lieu où la femme passe la plus grande partie de son temps. Elle est conçue pour elle, pour protéger son intégrité, pour laquelle y soit à l'aise. La maison est articulée à l'espace public impasse ou rue, par une entrée en chicane

<sup>60</sup> Article : Une nouvelle ville saharienne Sur les traces de l'architecture traditionnelle PAR : Chabi M., Dahli M. Enseignants au département d'architecture de l'université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou (Algérie)

**3 - Le quartier :** Ensemble des maisons viennent se greffer en cercle concentrique jusqu'aux remparts de la cité. Surface au sol Env iron 60 à 100 m<sup>2</sup> Surface du logement Env iron 100 à 150 m<sup>2</sup> Nombre d'étages RC + 1.

**4 - Les marché :** C'est le centre public de ksar, lieu de transaction, des bruits, de rencontre, de réunion de djamaa, ainsi il se trouve délibérément rejeté à la périphérie de la ville à proximité de la porte principale. Cette disposition sera toujours permise de limiter la pénétration étrangère dans la ville.

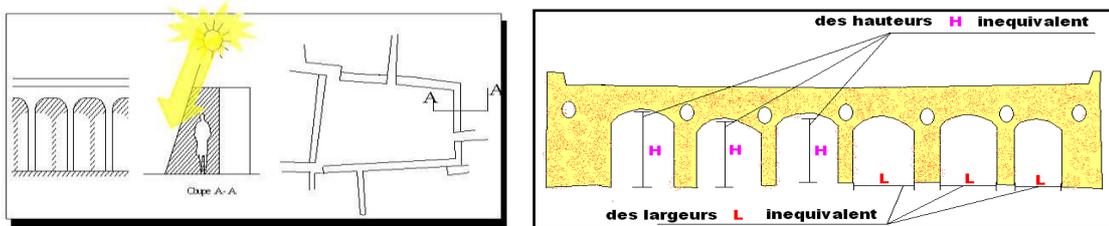


Figure III.57: Schema du Souk source :( Releve Auteur)

Le Souk est composé de deux espaces :

La place du marché (centre des activités, et lieu de rencontre masculin).

Galerie, paroi de la place : composé de magasins commerciaux.

**5 - les rempart:** Les cités sont protégées par des remparts ou des maisons remparts ainsi que par des tours de guet et de défense.

**6 - Les palmeraies :** Les palmeraies sont situées à proximité des villes. S'y trouvent de nombreux ouvrages hydrauliques, barrages d'absorption, galeries souterraines, puits, ruisseaux artificiels ou rigoles.

**7 - Parcours :** C'est à travers un réseau de rue assez étroite sinueuses que la circulation s'effectue en ville.

Les parcours sont des couloirs délimité par l'alignement des façades de longs murs percés des portes, de rare et petites ouvertures. Elle existe trois types des parcours :

- Les rues : Espace public relie les portes de la ville. *Figure III.58*
- Les ruelles : espace semi public. *Figure III.59*

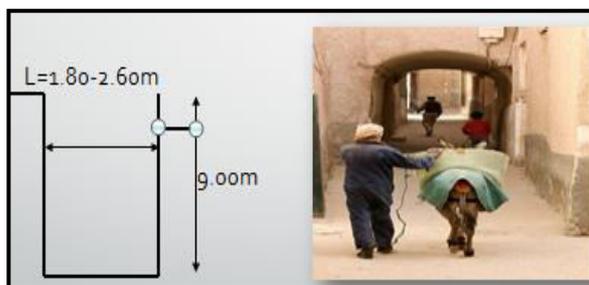


Figure III.58: Les rues :( Releve Auteur) \*

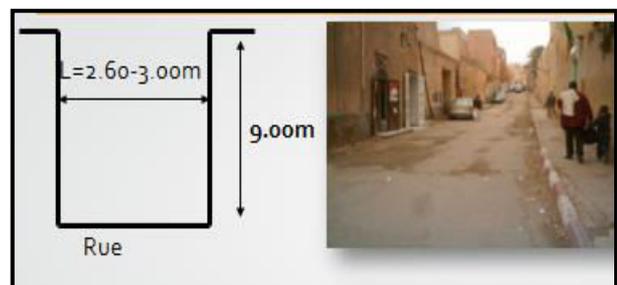


Figure III.59: Les ruelles :( Releve Auteur) \*

\* Photo prise par Auteur 12-05-2017 .

- Les impasses : Espace semi privé qui permet l'accès aux maisons .

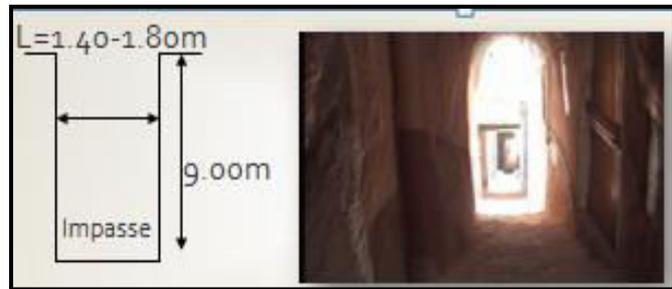


Figure III.60: Les impasses :( Releve Auteur)

## 8 - La médersa



Figure III.61: La médersa:(source :OPVM)

## 9 - Les places

Une grande place de caractère public.

Assure l'union sociale.

La place du marché à une position périphérie.

[Raison d'intimité].

## 10 - Cimetières

Une des caractéristiques des villes berbères, et la situation des cimetières en dehors de la ville.

Elle s'installe sur une grande surface et chaque fraction de la ville possède sa partie dans le cimetière de la ville, est souvent assimilées à une ville de mort.

### III.4.1.2 Compacité urbaine

La densité urbaine dans notre cas ne représente pas une densité vue par les géographes ou les spécialistes de l'aménagement du territoire (le nombre d'habitant par mètre carré), mais beaucoup plus l'occupation des parcelles ou sol par un bâti.

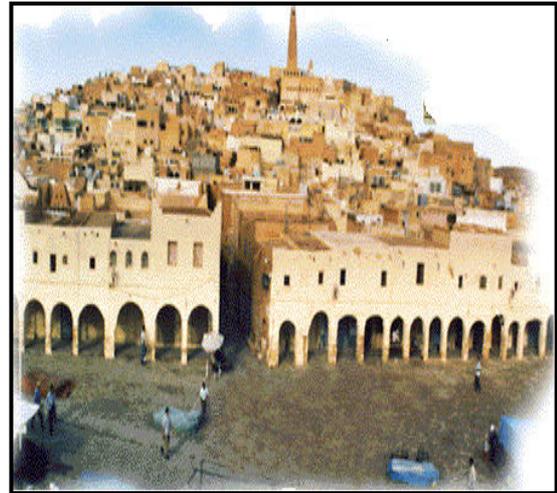


Figure III.62: La place:(source OPVM)



Figure III.63: Cimetière :( Auteur)



Figure III.64: Vue générale Ghardaia

Un urbanisme est dit dense si les habitations sont très proches l'une de l'autre et si les espaces communs 'rues, ruelles...' sont également réduits. Adossées les unes contre les autres favorisant la mitoyenneté et l'introversion.

Cette compacité urbaine génère de l'ombrage pendant la période estivale où le rayonnement solaire est intense et les températures ambiantes élevées.

Elle minimise également les déperditions thermiques pendant la période hivernale où les apports solaires sont minimisés et les températures ambiantes sont basses.

### III.4.1.3 la Topographie du Ksar et la ventilation naturelle

#### 1-la Topographie et Relief :

La vallée de m'Zab est supportée par le plateau rocheux de la hamada ainsi que sculptées les mailles de ce filet géant ouvert au nord-ouest et sud-est, renfermant la pentapole. Le plateau de la chebka du M'Zab est une vaste zone désertique rocheuse.

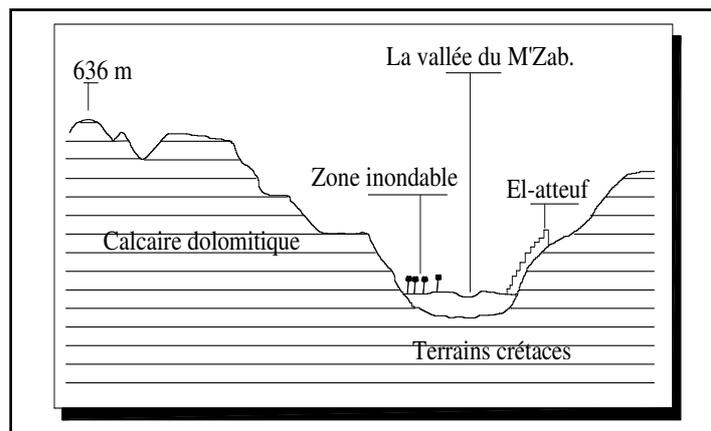


Figure III.65: Relief du la ville Ghardaia

Le fond de la vallée est occupé par la palmeraie et les extensions urbaines, les « ksour » émergent du massif calcaire isolé . La largeur de la vallée varie entre 300 et 400m.

#### 2- La ventilation naturelle

Le ksar est situé sur un plateau surplombant la vallée est exposé à toute les directions du vent ,comparativement à la palmeraie qui en demeure très protégée, en raison de son comportement comme un brise vent efficace. Dans les anciens ksour, l'association entre la géométrie des rues (prospect élevé, sinuosité et orientation oblique) et la direction des vents influe sur l'atténuation de la vitesse de l'écoulement de l'air.

### III.4.2 A L'échelle architectural

#### III.4.2 .1 L'organisation des espaces intérieurs

La maison mozabite a un double caractère :

- associatif
- mitoyenneté

➤ Au niveau du plan de masse:

##### 1. La Masse :

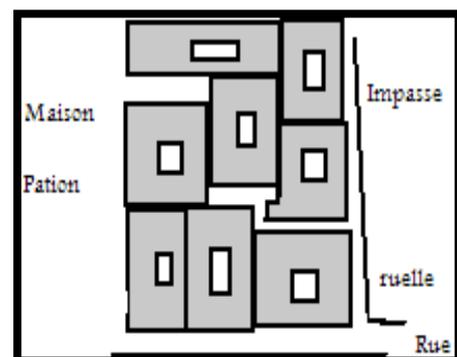


Figure III.66:schema d'organisation maison Patio

2. **L'enveloppe** : à une forme régulière qui s'approche d'une forme de rectangle
3. **La hauteur** : La hauteur des maisons est fixée par deux conditions essentielles:
  - La visibilité: - L'ombre
4. **Échelle**: La dimension soit d'une pièce ou d'un espace se fait à l'échelle humaine, et dépend de deux facteurs:
  - Besoin de l'espace,
  - Matériaux de construction.

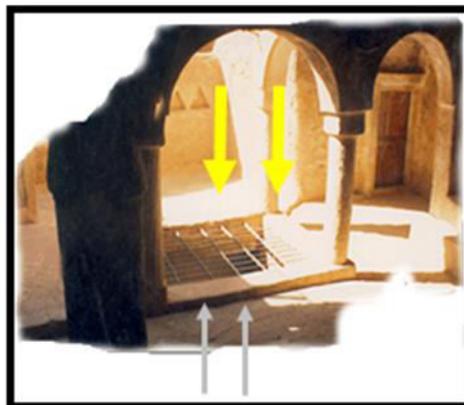


Figure III.67: Ventilation par chebeka

6. **L'éclairage**: Dans les maisons mozabites, on trouve que les ouvertures à l'extérieur de la maison sont très réduites, tant pour protéger l'intimité que pour se protéger du soleil.

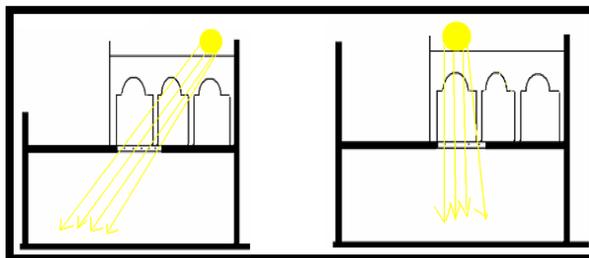


Figure III.68: éclairage en été et hiver

7. **Les façades**:
  - La simplicité de la façade.
  - Le rapport plein/vide est négligeable.
  - Les portes sont intercalées.
8. **Les ouvertures** : les ouvertures de l'extérieur des maisons sont très réduites.
  - Parfois il existe de petites fenêtres en étage.
  - Les dimensions des fenêtres carrées ou rectangulaires en générale ne dépassent pas les 50cm.
9. **La texture**: utilisation des couleurs claires tel que: le blanc, crème...etc.(facteur d'absorption).

➤ **Sur le plan du R.D.C**

1. **Taskift (Chikane)** : Est une pièce rectangulaire qui sert de passage et à l'installation du métier à tisser. Sa situation dans un courant d'air permet de travailler dans la fraîcheur. Des niches sont creusées dans les murs environ 0.5 m elles tiennent lieu de mobilier.

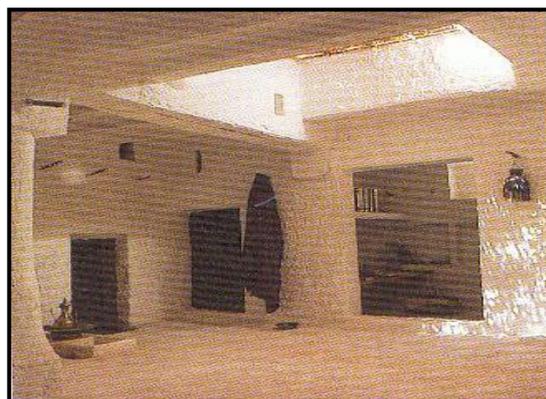


Figure III.69: Amestidar d'une Maison à Ghardaia

2. **Amestidar** : la pièce la plus vaste de RDC et la plus éclairée est un espace centre point de convergence et passage oblige il apparaît comme le rassemblement de plusieurs lieux niche ,emplacement pour un métier à tisser et petit chemine entoures et des étagères .

pour la préparation des repas cette pièce joue un rôle dans la distribution des autres ,c'est la seule partie de la maison qui reçoit une ouverture vaste sur l'extérieure elle est appelée le chebek.

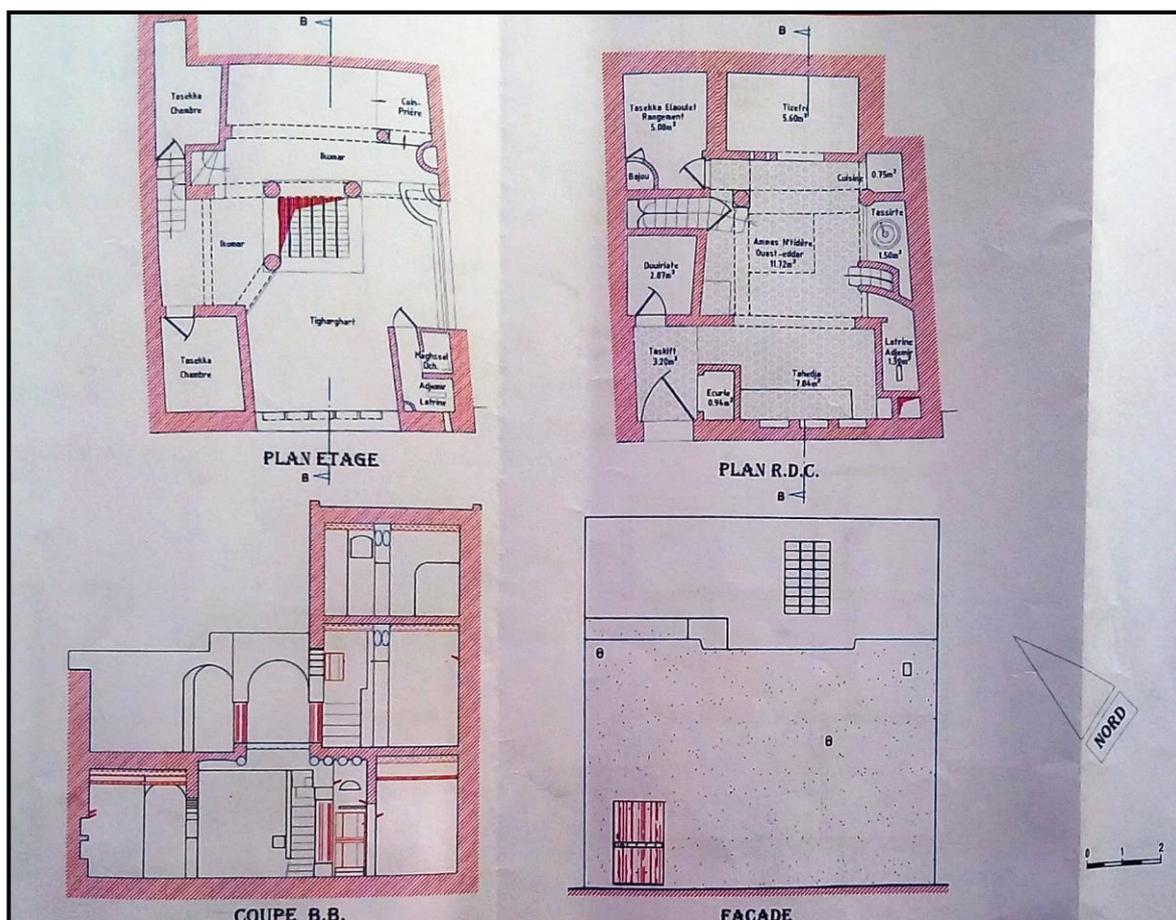


Figure III.70: relever d'une habitation mozabite de L'Association sobuboul Esslam par AUTEUR

3. **Tizefri** : Cette pièce est appelée (salon des femmes ) en fait c'est une sorte de salon familiale à l'écart des lieux, caractérisée par les activités domestique, c'est que l'ouverture de tizefri sur le Amestidar se fait selon la une orientation qui est toujours la même vers le sud et le soleil ,mais aussi à direction de la Mecque .

4. **Taskaa** :chamber reserve au parent avec pice étroite pour le stockage

5. **Ajmir** : Le WC C'est une fonte dans le sol se trouve dans un recoin le plus éloigné possible du volume central.

6. **Douieirt** : salaon pour hommes,pour ne pas derange la vie familiale dipose proche daces.

7. **Tahdja** : Est un espace assez large caractérisé par une rangée de niches et quelques anneaux scellés dans le mur.

**8. Bit :** ce sont des pièces obscures fermes ou non selon la nature de leur destination les plus petites servent de dépôt ,les autre ,une à deux aux RDC elles sont à peine plus vaste 4 à 6 m'une de ces chambre abrite sauvant une personne âgée.

➤ **Sur le plan d'Etage (Ineg)**

**9. L'escalier :** est situé dans un angle Une volée de 8 à 10 marches hautes de 20 à 25cm. L'escalier il ya deux types d'escaliers l'un féminin et familiale l'autre est masculin et réserve aux hôtes.

**10. Tigherghart:** CHEBAQUE : une ouverture vaste donne sur l'extérieur. C'est un percement au plafond qui joue le rôle d'un élément d'éclairage et de ventilation et d'enseillement. Il peut être ouvert ou recouvert avec une toile selon le besoin.

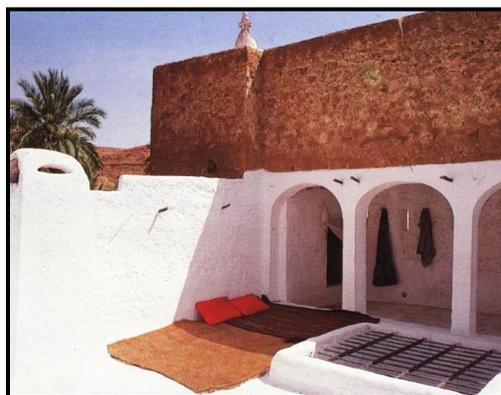


Figure III.71: Tigharghat , L'ikoumare d'une Maison

Il à une forme rectangulaire et il se situe généralement au dessus de la position centrale.

**11. L'ikoumare :** ouvre largement à travers deux ou trois arcs sur l'espace centrale c'est une circulation ouverte qui permis d'accéder à d'autre pièces qu'il commande Tigharghat.



Figure III.72: L'aali d'une Maison a Ghardaia

Cet espace se située au dessus du amesentidar, c'est une terrasse protégée par quatre murs et baignée ,c'est aussi la que trouvent quelque animaux domestique (Volailles et chèvres).

**12. L'Aali :** c'est un prolongement dans la maison de l'espace masculin c'est une pièce de réception pour les hôtes masculins.

Laali: Il n'est pas toujours à l'étage il peut se trouver au RDC ou en cave des chof permettent la vision toute fugitive d'un espace à l'autre .

- A l'étage on retrouve une organisation de l'espace qui apparaît similaire à celle du RDC, un espace central entouré par des pièces plus petites

- Le dernier niveau de la maison: Terrasse, les limites de la maison deviennent imprécises à ce niveau.

### III.4.2 .2 Les matériaux et techniques de construction

#### ➤ La technique de construction traditionnelle

- 1- Les éléments porteurs sont des murs (Imourane) de 40 à 60 cm de largeur qui montent en se rétrécissant. Ils sont exécutés en moellons relativement gros et au mortier de chaux.

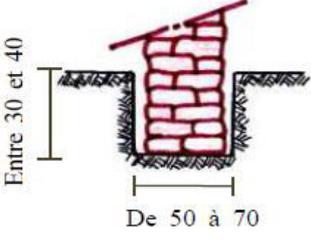
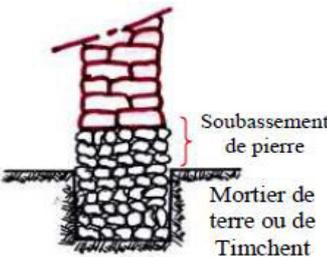
Premier cas.	Deuxième cas.	Troisième cas.
	 <p>Assises de pierres disposées au fond de la tranchée.</p>	 <p>Soubassement de pierre Mortier de terre ou de Timchent</p>
<p>les fondations en adobes, peu profondes, ne dépassant pas 40 cm, leur largeur varie entre 50 et 70 cm, ceci lorsqu'on est sur un sol rocheux.</p>	<p>les fondations avec quelques assises de pierres sèches disposées au fond de la tranchée, des fois maçonnées avec un mortier de terre.</p>	<p>la fondation est prolongée en élévation hors sol, formant alors un soubassement qui peut atteindre 1m de hauteur.</p>

Figure III.73: différents types de fondations locales (Source : IDIR .1)\*

- 2- Les cloisons peuvent être porteuses selon leurs épaisseurs qui varient de 10 à 20 cm. Elles sont exécutées en petites pierres et au mortier de plâtre.
- 3- L'escalier est exécuté en pierres et au mortier de chaux. La paillasse est armée avec le Jerid et finie avec l'enduit de plâtre. Il relie des niveaux ne dépassant pas 2.50 m.
- 4- Le plancher est constitué de Timouleft (solives) sur lesquels est fixée la Taghda (natte de Jrid) qui reçoit une couche damée de Tghouri (terre), d'épaisseur variable. Dans le cas d'une terrasse, c'est cette couche qui assure la forme de pente et l'isolation thermique.
- 5- Le plancher se termine par une chape de mortier de chaux qui, après séchage, est badigeonnée avec le lait de chaux pour colmater ses fissures. L'évacuation des eaux pluviales au niveau des terrasses se fait par des gargouilles en bois de palmier.

\* Mémoire « présentation un guide technique de réhabilitation du patrimoine architectural en terre en Algérie, université Tizi Ouzou, Architecture et développement durable, par IDIR Lydia .p 49

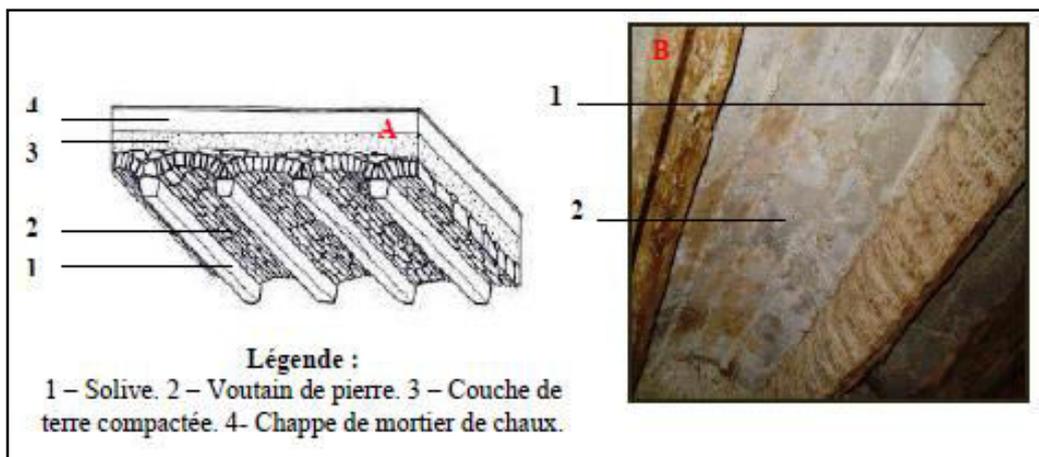


Figure III.73: Plancher avec voutains des pierres ksar Ghradia (Source : IDIR .I)\*

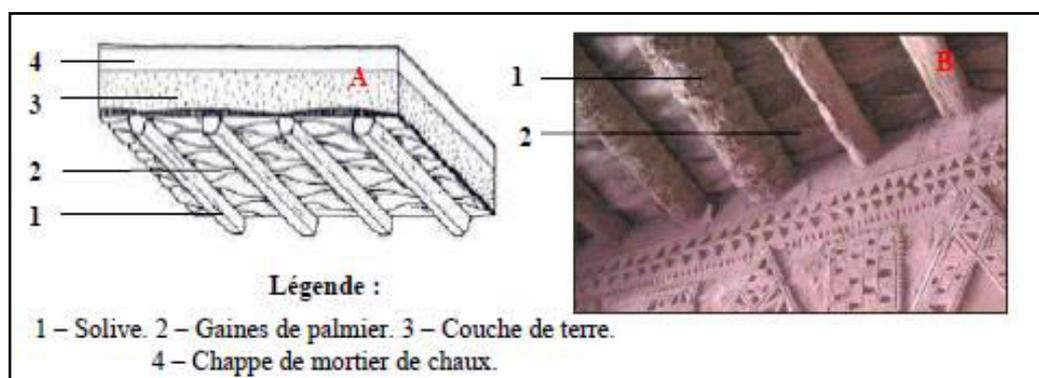


Figure III.74: Plancher gaines des palmiers ksar Ghradia (Source : IDIR .I)\*

6-L'arc est l'élément architectural le plus remarquable. Timouleft est utilisé pour la réalisation des ouvertures et le franchissement des espaces à couvrir. La particularité de l'arc Mozabite réside dans sa spontanéité, sa simplicité et son échelle humaine.

7-Il est exécuté en pierres liées par le Timchemt. L'arcature est obtenue par le cintrage perdu des Jrids, fixés au plâtre sur le mur ou les piliers de support.

8-La voûte et la coupole, employées généralement dans les édifices religieux et les maisons des potables, sont exécutées dans la même technique que l'arc .

#### ➤ Les matériaux de construction

1 - La pierre extraite du site rocheux en blocs de dimensions variables, est utilisée, sans taille, dans toute la construction. La pierre plate est destinée au pavage du sol.

3 - Le plâtre traditionnel est obtenu après cuisson du gypse hydraté, tiré des gisements dans le même site. Les morceaux calcinés sont nettoyés et broyés pour obtenir le matériau en question, appelé Timchent. Il est utilisé seul comme enduit et comme mortier pour les finitions et la confection des formes plastiques. Grâce à sa prise rapide, il s'emploie aussi comme liant mélangé avec du sable dans la maçonnerie mince faite en pierre.

\* Mémoire « présentation un guide thecnique de rehabilitation du patrimoine architectural en terre en Algerie, univercite Tizi Ouzou ,Architecture et deloppemnt durable , par IDIR Lydia .p 51

Matériaux	Densité $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Chaleur spécifique [ Wh/kg K ]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.K]
Enveloppe			
Pierre calcaire tendre	1650-1840	0,23	1,05
Toub (Argile)	1700-2000	0,26	1,15
Structure			
Bois	650	0,7	0,085
Palmier	120		
Roseau	250	0,17	0,06
Isolation			
Branchage alfa	120	0,17	0,05
Feuillages de palmier	120	0,17	0,05
Feuillages divers	120	0,17	0,05
Paille			
Terre	1700-2000	0,26	1,15
Matériaux	Densité $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Chaleur spécifique [ Wh/kg K ]	Conductivité thermique $\lambda$ [W/m.K]
Enveloppe			
Brique de ciment	1200-1400	0,26	0,56
Brique silico-cal. pleine	1600-1800	0,28	0,80
Brique silico-cal. creuse	1400-1600	0,26	0,56
Brique cuite pleine	1400	0,26	0,52
Parpaing plein	2000	0,28	0,9
Parpaing creux	1500		
Béton /armé	2450	0,15	1,4
Béton de terre stab.	1700-2000		1,15
Structure			
Béton	2200-2500	0,3	1,75
Isolation			
Brique creuse	1200	0,26	
Liège	120	0,41	0,044
Polystyrène	16-20	0,39	0,040
Laine de verre	12-18	0,17	0,038
Revêtement			
Produit en céramique	1900	0,26	1

**Figure III.75:** Les caractéristiques des matériaux locaux et modernes. \*

4 - La chaux est un autre type de mortier, plus résistant que le plâtre. Elle est notamment utilisée comme liant mélangé avec du sable dans les gros éléments porteurs et les endroits sensibles à l'humidité, tel que les ouvrages hydrauliques et les fondations. Son enduit s'applique avec le Ardjoune (branchage des dattes), trempé dans le mortier et fouetté contre le mur. Cette technique donne une surface rugueuse qui se polit au fil du temps.

5 - Le tronc de palmier (Tmaleft): utilisé en entier comme poutre

6 - longitudinalement comme solive, avec une portée maximale de 2 m. Il s'emploie aussi dans la menuiserie des ouvertures en planches de 3 cm d'épaisseur.

7 - La nervure de la palme (Jrid: dépourvue de feuilles, souvent utilisée comme armature.

\* DTR c3-2 règles de calcul des déperditions calorifiques, 1997)

### III.5 Synthèse

#### III.5.1 Synthèse partielle de l'étude climatique

Le climat de la région du M'Zab a certain point analogue du Sahara, c'est à dire un climat de contrées désertique si l'on considère sa pauvreté en végétation, la sécheresse de l'air, le manque d'eau en surface et l'irrégularité des précipitations.

#### Climat : sec et chaud Par des Caractéristique :

Une forte température en été et un faible taux d'humidité 5% à 10% , Rayonnement solaire intense ,Eblouissement du à la forte lumière réfléchié,Température maximum en été pouvant atteindre 50°C Hiver froid

**Zone sur chauffe :** températures supérieurs à 25°C l'association de ces températures avec l'humidité provoque une sensation d'inconfort.

**Zone de sous chauffe :** Cette zone correspond à un abaissement des températures en dessous de la température de confort 20°C.

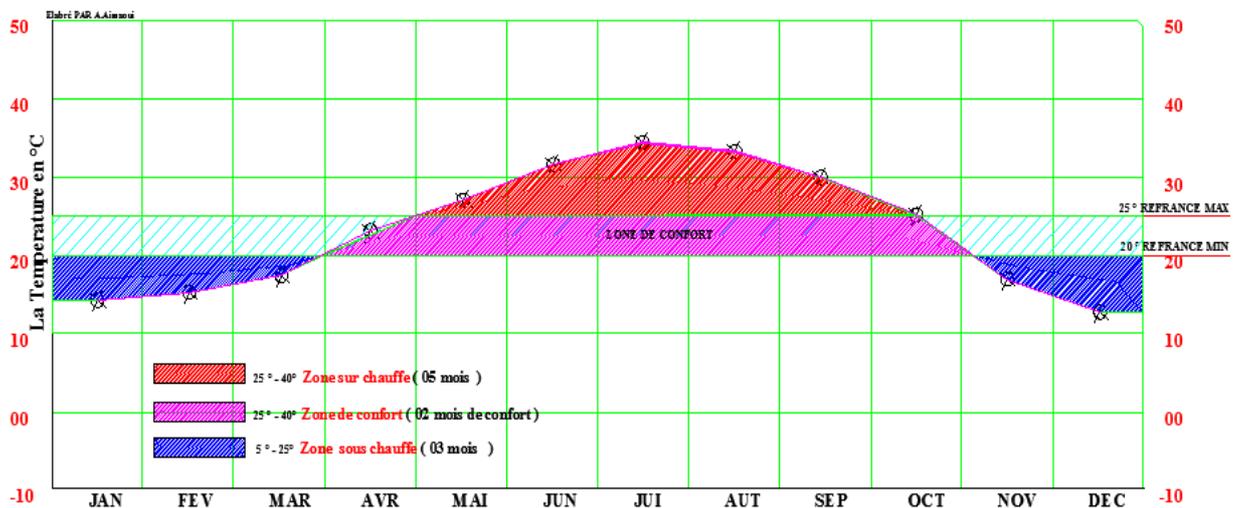


DIAGRAMME DE CONFORT LA REGION DE GHARDIA

On a trouvé que la région de Ghardaïa souffre de deux problèmes :

Le premier est de la période surchauffe

Le deuxième est de la période sous chauffe période de l'utilisation période froid

Le deuxième est le plus important puisque la période dure plus que la première mais prendre en considération de trouver les solutions pour la première période

#### III.5.2 Synthèse partielle de l'étude contextuelle

1-Ghardaïa ou le M'Zab comme certaines villes sahariennes, une leçon d'architecture exemplaire qui répond aux besoins élémentaires de l'homme et qui répond aux besoins d'environnement dans cette région en matière de climat.

#### Généralement on remarque :

- 1-Utilisation d'un tissu compact ,Limiter l'action des rayons solaires (l'ombrage).
- 2-Rues étroites et courbées ; Ruelles ; impasses Brise les vents dominants (chaud ,froid).
- 3-Juxtaposition des constructions .Minimiser les surfaces exposées au soleil.

4-Préservation de la température à l'intérieur des constructions (déperdition de la chaleur).

5-Limiter les déplacements par la concentration des activités. Moment fort, espace des changes et de rencontres.

6-Utilisation la végétation .Protection contre les vents dominants ; contre le soleil (Humidification, Réfraîchissement.)

7-Passages couverts .Galerie à arcades.

8-Jeux de terrasse. L'effet de l'ombre en été,Introversion .Cours intérieures qui joue le rôle régulateur thermique .

Au niveau de l' Enveloppe	Type	Type compacté a pour but de diminuer la surface exposé au soleil. - Cos : 1,5- Ces : 0,9 - Densité en logement 66 logt /Ha. - Rapport : Plein/Vide-Plein : 85%.* Vide : 15%. - C'est une masse homogène avec un vide centrale à l'intérieur [Patio].
	Forme	- L'enveloppe à une forme régulière qui s'approche de rectangle. -Forme en cascade a fin de pénétré le soleil a chaque maison, avec un gabarit de [R + 2].
Au niveau du plan de masse	Type	- Compact et homogène. Il y a un module unitaire qui se répète à chaque fois
	Forme.	La forme des parcelles suit la morphologie du terrain. Le bâti est collé directement sur la rue.
	Intégration au site	La densification se fait du centre vers la périphérie, a fin de protéger la mosquée [lieu sacré].
Les parcours et les rues	Type.	Type étroit avec une hauteur importante. $7.5 < H < 9 \text{ m. } 1.5 < L < 3 \text{ m.}$ - A pour but de protéger contre le soleil et crée des zones d'ombre.
	Logique.	- Organisation arborescente des parcours. - pour éviter l'engouffrement des vents. - Orientation selon les axes [Nord/Sud. Est/Ouest]. - A pour but de protéger contre le vent
	Caractère.	- Parfois les parcours sont couverts, a fin de créer le mouvement d'air.
L'espace public	Type	- Une grande place de caractère public. -Assure l'union sociale.
	Logique et caractère.	-La place du marché à une position périphérie.[Raison d'intimité]



# **Partie 04**

## **Le Cas d'Etude**

**LA SIMULATION DE L'EFFET DU MATERIAUX  
SUR LE CONFORT DANS L'HABITAT DU M'ZÂB**

## Introduction

L'objectif de cette recherche est de déterminer la relation qui existe entre le confort thermique et le matériau dans la région aride de Ghardaia, et quantifier la consommation des énergies en conséquent la préservation de l'environnement.

Pour cela nous avons fait une lecture de la ville de Ghardaia, à travers laquelle nous avons pu ressortir les principaux éléments caractérisant la ville.

Dans cette partie de notre recherche, nous analysons la maison de la ville de Ghardaia sur le plan thermique. Le but étant d'évaluer le confort procuré par ce type d'habitation et de faire ressortir les points forts ainsi que les défaillances de ce modèle de construction, et essayer ensuite de trouver les solutions les plus adéquates à ce type de climat à travers l'amélioration de son enveloppe.

Pour cela nous faisons une analyse par simulation du confort thermique à l'aide du logiciel Revit et Icotect.

### III.6.1 Présentation du modèle de simulation

L'étude menée concerne des échantillons d'habitation dans les quartiers traditionnels dans la ville Ghardaia, la typologie urbaine est compacte, le bâtiment choisi est une habitation individuelle (maison avec patio).

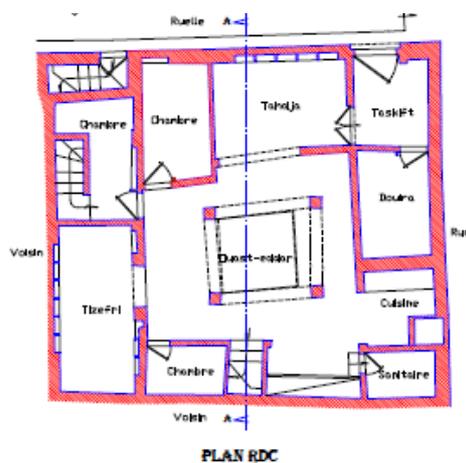
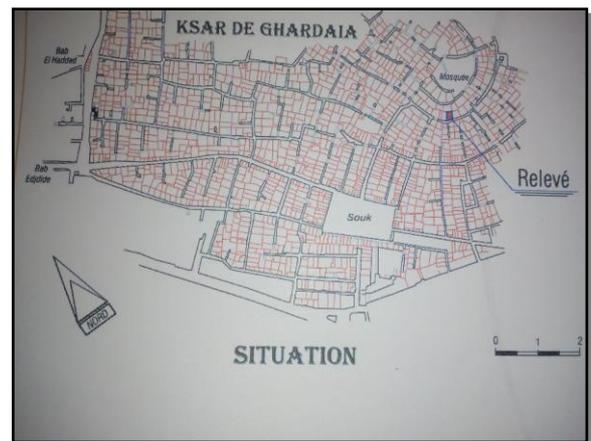
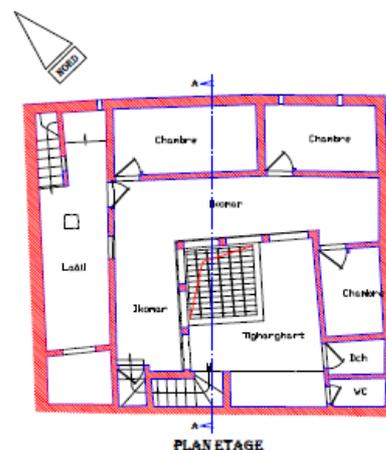


Figure III.76 model d'habitat étudié

Figure III.76 a Caractéristique thermique des murs



**Murs :** Moellons de pierre hourdés avec un mortier à base de sable et de chaux locale ou timchent à prise rapide.

**Ossature :** Troncs de palmiers, en quart ou en demi, utilisés pour la construction une fois que l'arbre est mort. Solive de bois, ou poutrelle métallique ; voûtaines construites en pierre à l'origine sur un cintre de branche de palmier, aujourd'hui voûtaines préfabriqués en plâtre.

**Couverture :** Couverture en terrasse ; sur les voûtaines de pierre, on égalise le niveau par un conglomerat de cailloux dont la cohésion est assurée par du timchent, puis une couche d'argile de 5 à 8 cm d'épaisseur est étalée pour assés en une couche de mortier de chaux.

**Revêtements de finition :** Les murs reçoivent un enduit composé de sable et de timchent, et un badigeon au lait de chaux coloré en bleu, rose, ocre, etc.

### III.6.2 Caractéristique des matériaux de construction

#### a- Murs :

Matériaux de construction	épaisseur en m	Densité Kg/ m3	Conductibilité thermique W/ m* K	La chaleur spécifique Wh/Kg *K
<b>A – MUR EXTERIEUR</b>				
ENDUIT EN PLATRE	0.025	1150	0.570	1000
PIERRE	0.45	1840	1.05	828
ENDUIT EN CHAUX	0.025	1550	0.7	850
<b>B – MUR INTERIEUR</b>				
ENDUIT EN PLATRE	0.025	1150	0.570	1000
PIERRE	0.20	1840	1.05	828
ENDUIT EN PLATRE	0.025	1150	0.570	1000

#### b- Plancher :

Matériaux de construction	épaisseur en m	Densité Kg/ m3	Conductibilité thermique W/ m* K	La chaleur spécifique Wh/Kg *K
<b>c – plancher /sol</b>				
MORTIER EN CHAUX	0.07	1550	0.7	850
TERRE COPACTE	0.07	2000	1.15	828
MORTIER CHAUX	0.02	1550	0.7	850
PIERRE PLAT	0.04	2000	1.05	828

#### Usage/activité associée

Habitation résidence ville

#### Datation :

Ghardaïa en 1053.

#### Altitude :

470 m.

#### Orientation :

Les orientations Est et sud sont les plus recherchées.

#### Surface au sol :

40 m<sup>2</sup>

#### Surface du logement :

Env iron 100 m<sup>2</sup>

#### Nombre d'étages :

RC + 1, en partie en terrasse + sous -sol

#### Nombre de logements :

Un logement.

#### Nombre de familles :

Une famille.

#### Nombre moyen de membres par famille :

08 personnes

Figure III.76 Caractéristique thermique des murs utilisés\*

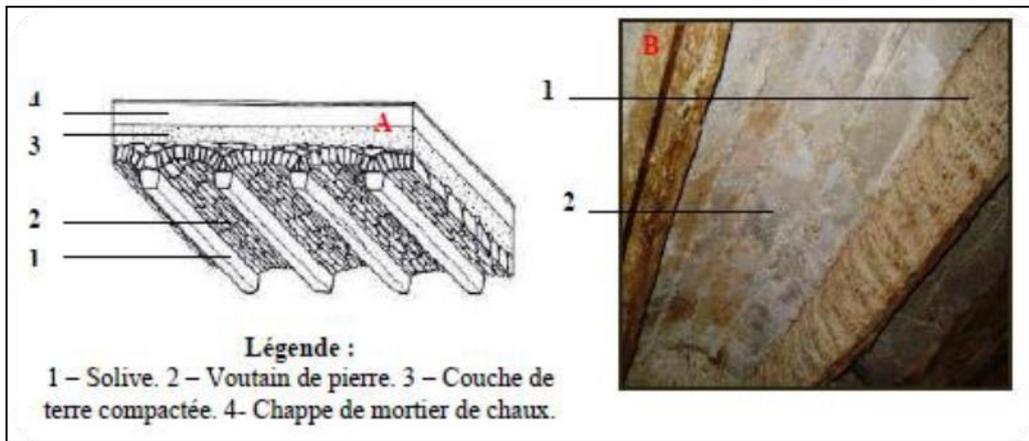


Figure III.76 Caractéristique thermique Du plancher utilisés.

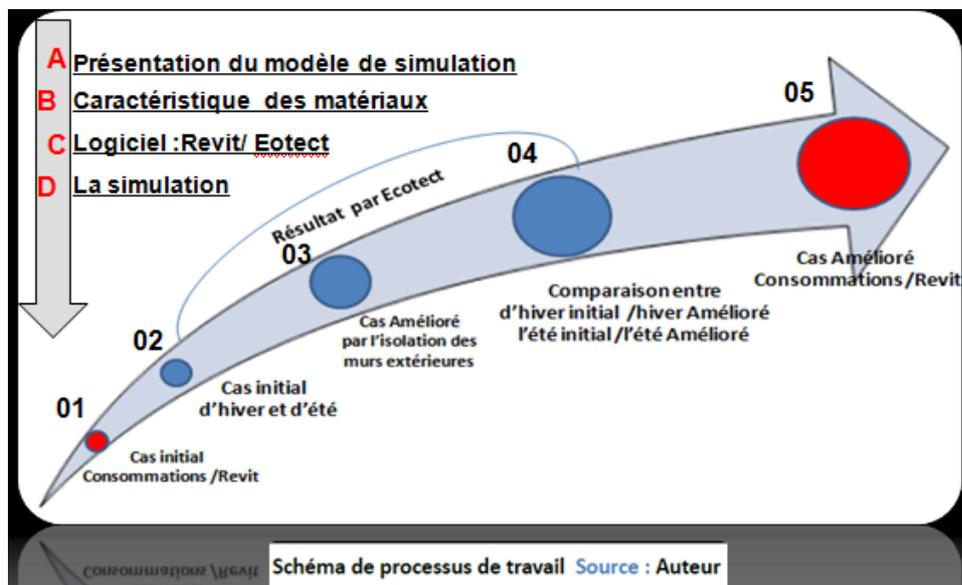


Figure III.77

### III.6.2 Présentation du logiciel de simulation



1- **Revit** : est un logiciel d'architecture édité par la société américaine Autodesk qui permet de créer un modèle en 3D d'un bâtiment pour créer divers documents nécessaires à sa construction (plan, perspective, ...). Il est actuellement disponible en version 2017 depuis le 18 avril 2016.\*\*



Figure III.78: Charles River Software a été fondée à Newton, Massachusetts, le 31 octobre 1997, par Leonid Raiz et Irwin Jungre

\* DTR.document du Règlement thermique Algérien

\*\* <https://fr.wikipedia.org/wiki/Revit>

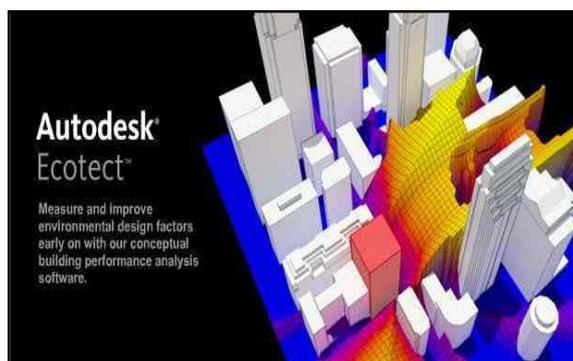
**Revit peut aussi se décliner en différentes versions métier, on peut compter :**

- Revit Architecture: outil de modélisation pour architectes.
- Revit Structure : outil de modélisation d'éléments de structure.
- Revit MEP : outil de modélisation de réseaux, qui se concentre vers la ventilation, l'électricité, les sanitaires, la plomberie, le chauffage, et la climatisation.

## 2. ECOTECT

Logiciel de simulation complet qui associe un modèleur 3D avec des analyses solaire, thermique, acoustique et de coût.

ECOTECT est un outil d'analyse simple et qui donne des résultats très visuels. ECOTECT 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 étendues 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.

ECOTECT est bon pour enseigner au débutant les concepts importants nécessaires pour la conception efficace de bâtiment.

### III.6.3 Résultat de la simulation

Notre base esenceillemet sur deux model :

#### Scénario 01 : Simulation état initiale

- Simulation état initiale de l'habitat par logiciel REVIT

Pour determine la consommation énergetique.

Grâce à la quantité d'énergie consommée pour le le model d'habiat, il est possible de déterminer les différents lieux et pièces de la consommation.

ce qui nous aide à utiliser les résultats dans les courbes résultantes pour expliquer la justification de la sélection de l'échantillon a simulee.

## ✓ Paramètres énergétiques

1-Usage du bâtiment Revit : habitat

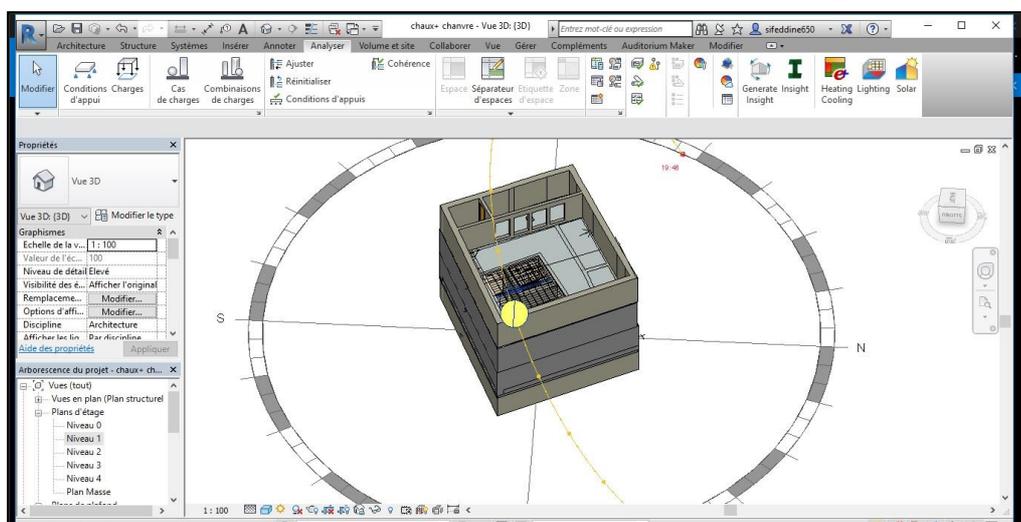


2- Géolocalisation : la ville de Ghardia ,presce situation exacte.

(Revit permet de géo localiser le bâtiment de manière très précise. la latitude et la longitude définies dans Revit pour en déduire le département de travail du modèle de calcul).

Emplacement:	Ghardaïa, Algeria
Station météo:	1575381

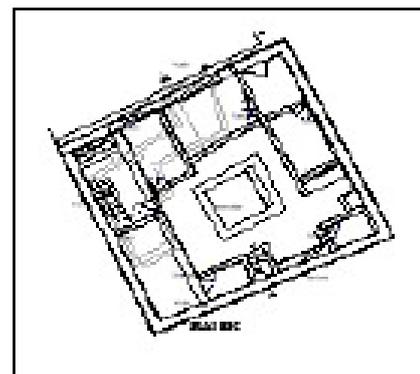
3-Enveloppe : Pour chaque couche de la structure de la famille Revit, il est possible de définir des propriétés thermiques.



*La modélisation par logiciel REVIT 2017*

4 -Espaces :

Creier tous les parois et les murs intérieurs.



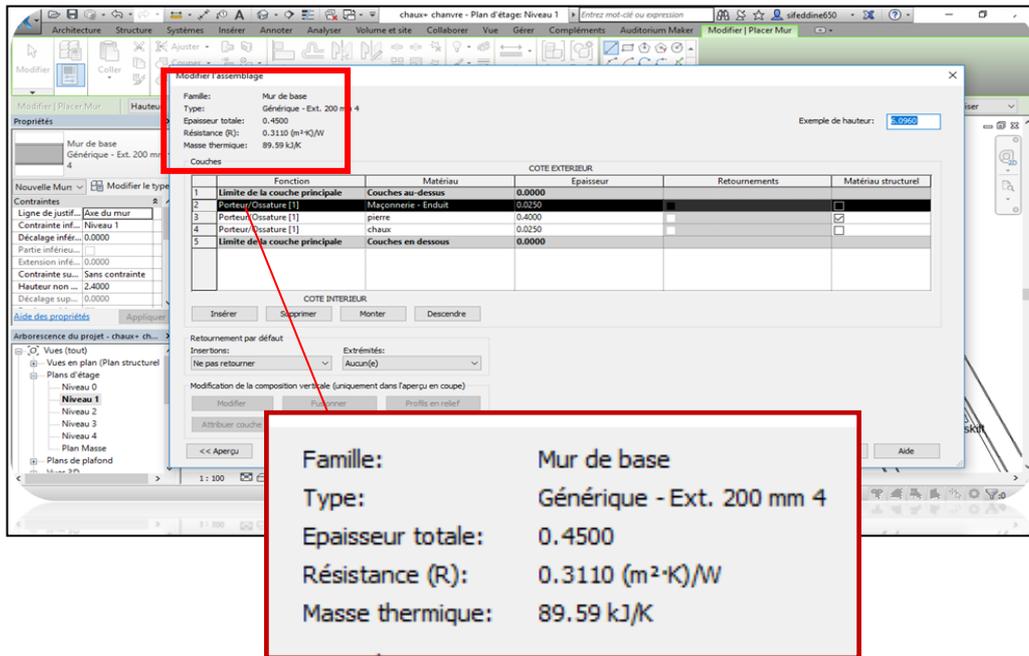
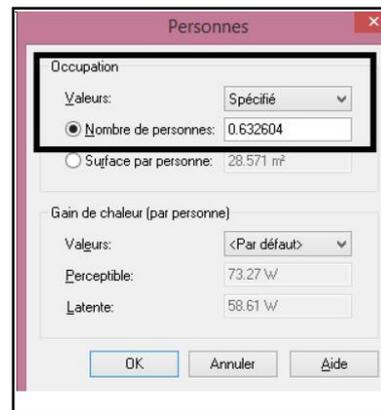


Figure III.79 formule d'inclre les caractéristiques du mur sue logiciel

5-Persones : 06 Personnes.



Personnes:

6 personnes

Facteurs de performances du bâtiment	
Emplacement:	GhardaĀa, Algeria
Station météo:	1575381
Température extérieure:	Max: 45°C/Min: 0°C
Surface au sol:	28 m²
Surface des murs extérieurs:	101 m²
Puissance d'éclairage moyenne:	11.41 W/m²
Personnes:	6 personnes
Proportion de fenêtres extérieures:	
Coût électrique:	0,09 \$/kWh
Coût de carburant:	0,78 \$/therm

Figure III.81 Résultat de l'Analyse d'énergie Revit

## Diagnostic de performance énergétique

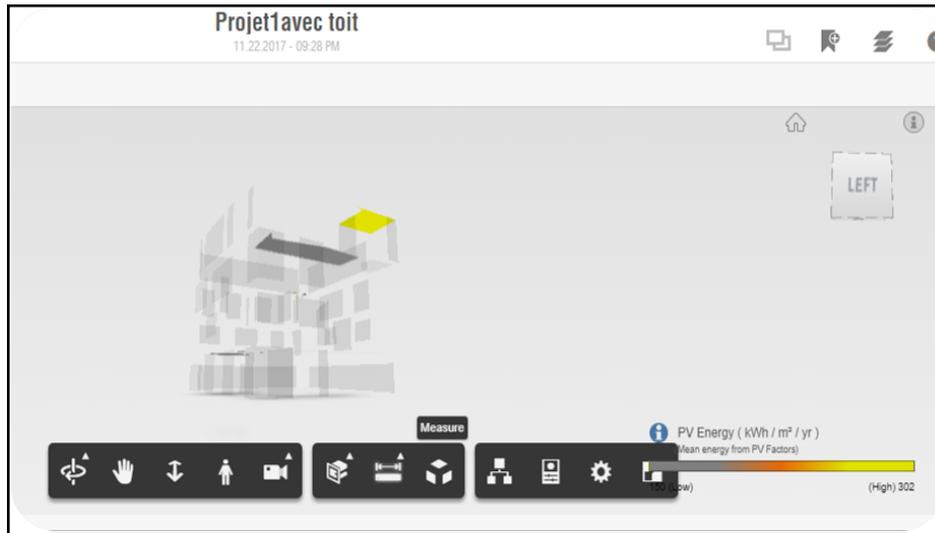
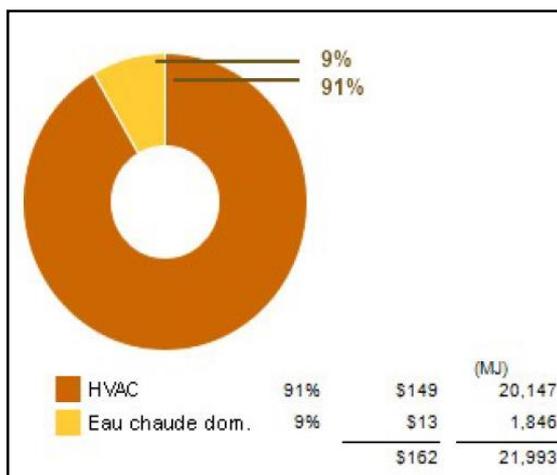
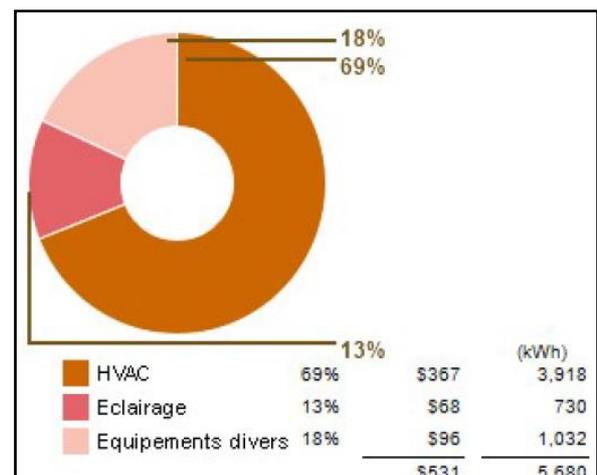


Figure III.82 Rapport énergétique d'après modélisation

- 1) Ce qui est perceptible sur l'interface de cette plaque analytique est la déclaration de la position de chaque vide, chambre et paroi avec la quantité de sa contribution à la **consommation d'énergie** et son impact sur le climat et les facteurs externes.
- 2) Alors que la maison total est ne pas consomme l'énergie selon ce qui est indiqué dans la couleur, à l'exception de ceux qui ont un lien direct à l'extérieur par la toiture, **la chambre** à l'étage supérieur et utilisé pour le séchage qui a été initialement développé pour le même but, alors que la deuxième chambre, moins consommatrice par rapport à plus, Il est situé au premier étage et a une relation à l'extérieur à travers la surface du toit ainsi que les deux murs car il a deux faces.



Utilisation d'énergie: carburant



Utilisation d'énergie: électricité

Figure III.82 Utilisation (état initiale) d'énergie/ carburant \*

\* Résultat de l'analyse d'énergie Revit par Auteur

**HVAC** est un sigle pouvant désigner :

Heating, Ventilation and Air-Conditioning, en français Chauffage, ventilation et climatisation, Comme dans le titre, l'abréviation signifie les mots suivants:

- **Heating**, le chauffage. Prend soin de l'échauffement de l'espace en et toutes les installations autour de celui.
- **Ventilation**, Prend soin de l'air frais et un environnement de travail agréable.
- **Air Conditioning**, la climatisation. L'Air est refroidi en continu par le système.\*\*

$$\begin{aligned}
 &1. \text{ HVAC Carburant } 20147 \text{ MJ} \\
 &\text{HVAC Carburant } 20174 \text{ MJ} / 3.6 = 5597 \text{ Wh} \\
 &\text{Consommation HVAC Carburant} = \text{HVAC Carburant}/\text{Surface} \\
 &\text{Con.HVAC car} = 5597 / 203 \text{ m}^2 \\
 &\text{Con.HVAC car} = \underline{\underline{27.57 \text{ kWh /m}^2. \text{ an}}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &2. \text{ HVAC electricite} = 3918 \text{ kWh} \\
 &\text{Consommation HVAC electricite} = \text{HVAC electricite} \\
 &\quad / \text{Surface} \\
 &\text{Con.HVAC elec} = 3918 / 203 \text{ m}^2 \\
 &\text{Con.HVAC elec} = \underline{\underline{19.30 \text{ kWh /m}^2. \text{ an}}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &3. \text{ DPE} = \text{Con.HVAC car} + \text{Con.HVAC elec} \\
 &\text{DPE} = 19.30 + 27.57 \text{ (kWh /m}^2. \text{ an)} \\
 &\underline{\underline{\text{DPE} = 46.87 \text{ kWh /m}^2. \text{ an}}}
 \end{aligned}$$

Selon l'étiquette énergie notre habitat calsse dans la catégorie A

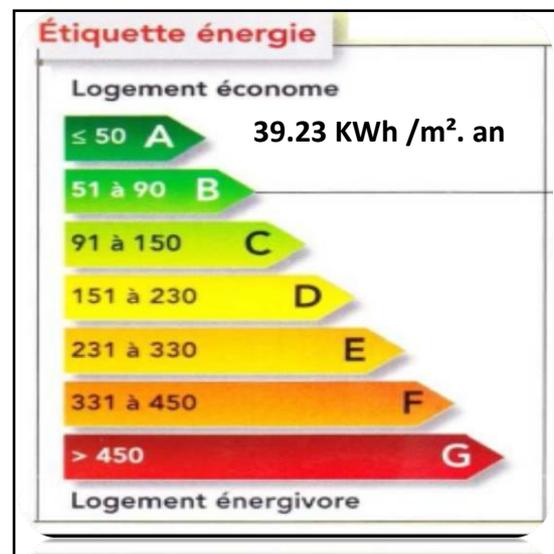


Figure III.83 Etiquette Energie \*\*\*

Classification du bâtiment selon le niveau de consommation annuelle d'énergie par m2 (en kWh/m2.an). **Classe A :**

Logement économe, avec une consommation annuelle d'énergie primaire pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire et le refroidissement inférieure à 51 kWh/m2/an et **DPE = 46.87 kWh /m². an.**

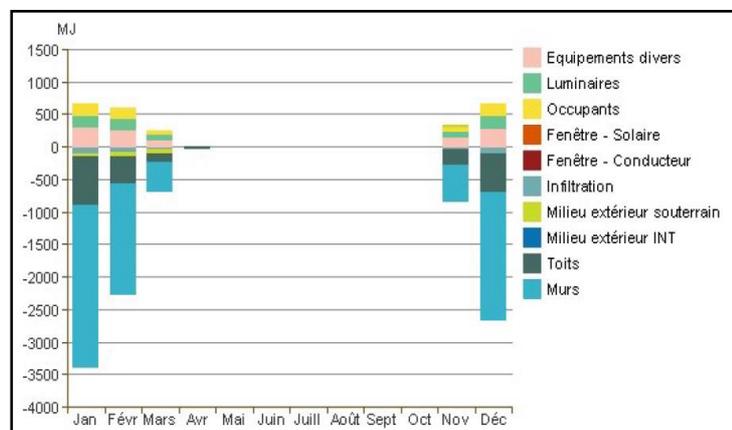


Figure III.84 Charge de refroidissement mensuelle

\*\* [https://fr.wikipedia.org/wiki/Chauffage,\\_ventilation\\_et\\_climatisation](https://fr.wikipedia.org/wiki/Chauffage,_ventilation_et_climatisation).

\*\*\* Ministère de l'écologie du développement et de l'aménagement durables - Ademe, avril 2008.

- ✓ Selon ( Figure III.84) à la représentation graphique colonnaires comme décrit dans la note affectée par des **murs** et a une grande énergie pendant **les mois de Janvier et Juillet**, ce qui nous permet d'intervenir dans ces deux mois plus tard.

D'après la simulation par revit et déterminer la quantité d'énergie consommée Nous avons décidé de sélectionner et de choisir la pièce la plus affectée pour les phénomènes externes, entraînant d'autres effets internes qui affecteraient le confort de la pièce. Le matériau de construction et le facteur de confort thermique apparaissent plus clairement dans l'Ecotect par l'étude la température ambiante que nous voulions utiliser cette simulation pour consolider davantage les résultats de recherche

❖ **CAS 01: Simulation état initiale du chambre par logiciel ICOTECT**

**Plan descriptif du chambre :**

On considère que une chambre pour l'habitation de dimensions intérieures:  $3,40 \times 2,40 \times 2,40$  m<sup>3</sup>, avec un plancher bas en contact avec extérieure. Il dispose d'une fenêtre de  $0,50 \text{ m} \times 0,50 \text{ m}$  à une distance de  $1,50 \text{ m}$  . au-dessus du niveau du plancher bas et d'une porte de  $0,76 \text{ m} \times 1,80 \text{ m}$  (Fig. 1). La chambre avec deux murs extérieure exposée a la suite EST et SUD ..

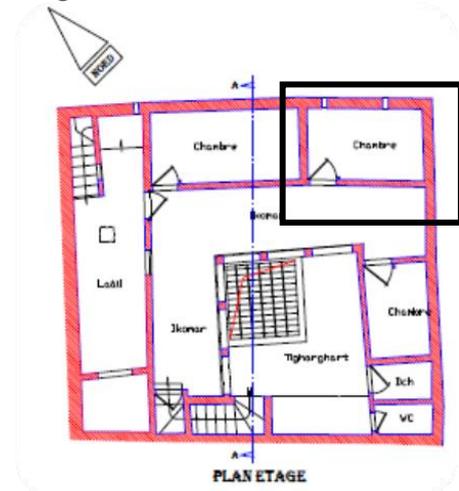


Figure III.85 Chambre au niveau du plan

**Les variables et la Définition de la maquette numérique du chambre**

	Le jour d'étude	Température	Humidité	Nombre des personnes	Vitesse moyen de vent	Direction du Vent	Orientatio n	Forme/ Volume/ Ouverture	Matériaux
CAS ETAT INITIAL	21 JUILLET	-Max Moy Quoti 41° -Min.Mou Quot 25° -Jour chaud 45° -Nuis froids 20° -Précipitation 01mm	Max 21.6 %	02 Pers	5 m/s	Direction du vent selon la forme Orienté au niveau d'Ecotect	Sud Fixé	Rectangulaire V= 20m <sup>3</sup> Ouv surf 0.5m <sup>2</sup>	État du lieu Mus 50 cm Matériaux en a détaillé dèjà
	12 JANV	-Max Moy Quoti 17° -Min.Mou Quot 03° -Jour chaud 22° -Nuis froids - 01° -Précipitation 09mm	Max 55.8 %						
CAS Avec une amélior ation	21 JUILLET	-Max Moy Quoti 41° -Min.Mou Quot 25° -Jour chaud 45° -Nuis froids 20° -Précipitation 01mm	Max 21.6 %	02 Pers	5 m/s	Direction du vent selon la forme Orienté au niveau d'Ecotect	Sud Fixé	Rectangulaire V= 20m <sup>3</sup> Ouv surf 0.5m <sup>2</sup>	État du lieu Mus 50 cm Matériaux en a détaillé dèjà + Isolation extérieure 7cm en chanvre
	12 JANV	-Max Moy Quoti 17° -Min.Mou Quot 03° -Jour chaud 22° -Nuis froids - 01° -Précipitation 09mm	Max 55.8 %						

Figure III.86 Tableau: variables et caractère de jour d'étude 21 juillet e 12 janvier .

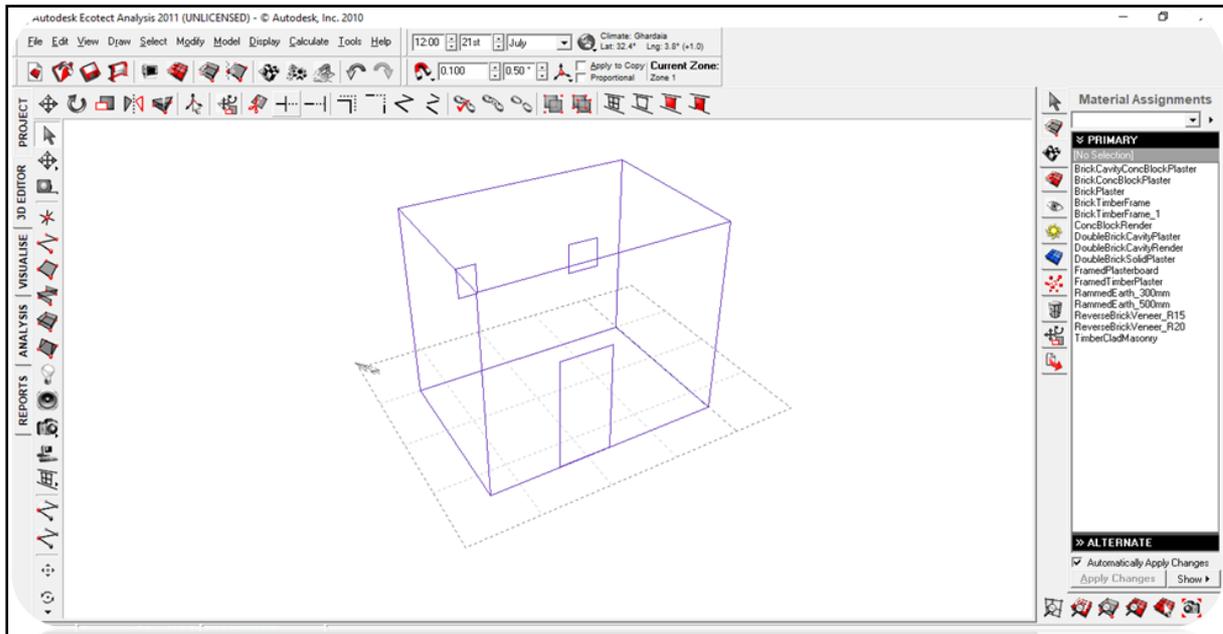


Figure III.87 maquette de la chambre d'après modélisation par logiciel

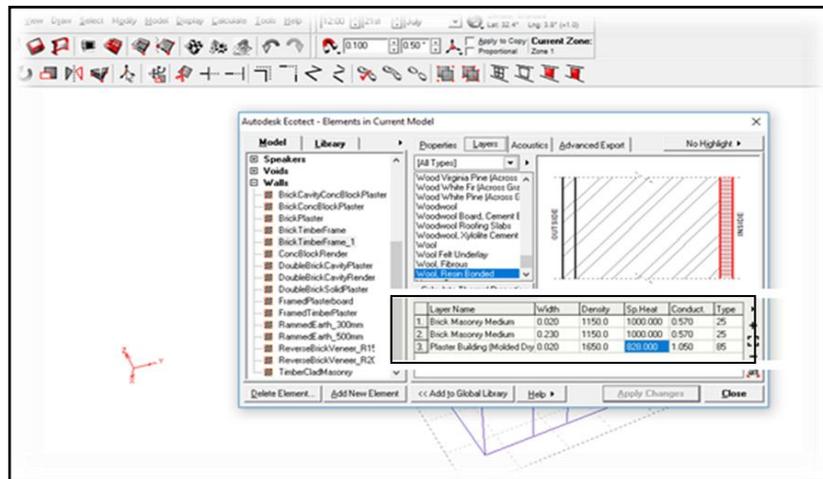


Figure III.88 inclure les caractéristiques des matériaux sur Ecotect

Résultat cas 1

ETUDE THERMIQUE APPROPRIÉE DE LA PIÈCE (PÉRIODE D'HIVER)

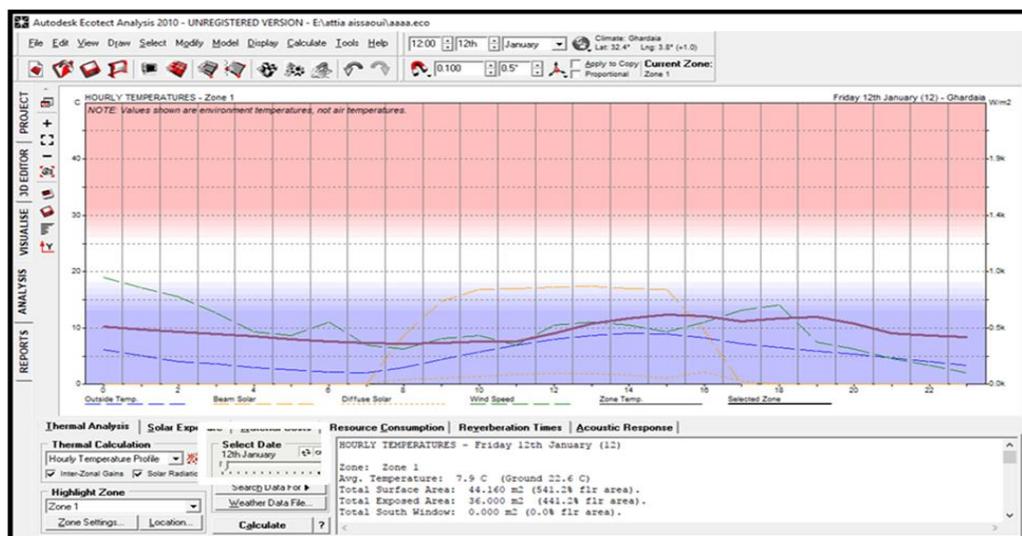


Figure III.89 étude thermique appropriée de la pièce en 12 janvier

## ETUDE THERMIQUE APPROPRIÉE DE LA PIÈCE (PÉRIODE D'ÉTÉ)



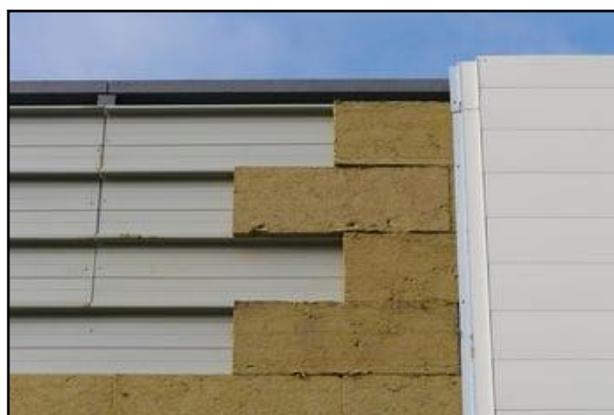
Figure III.90 étude thermique appropriée de la pièce en 21 juillet

### Isolation du mur extérieur

#### Le chanvre

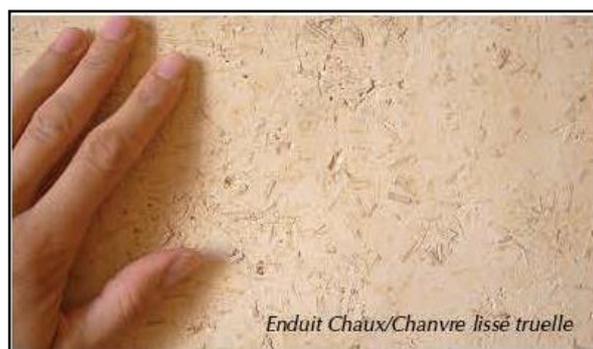
L'isolation au chanvre est une technique à la fois écologique et durable économiquement.

Le chanvre prolifère à l'état naturel sans aucun besoin de traitement, de pesticides ou autre accompagnement. Entièrement naturel,



Isolation extérieure par l'utilisation du chanvre

le chanvre utilisé en tant qu'isolant naturel ne constitue aucun risque pour la santé ou l'environnement. Son énergie grise est extrêmement faible 48 kWh/m<sup>3</sup>. Au niveau de ses performances thermiques, le chanvre peut se glorifier d'un très faible coefficient de conductivité thermique (0,039)



Matériau du chanvre

Avantages du chanvre :

- Isole du froid- Isole de la chaleur- Réduit les nuisances sonores- Régule le taux d'humidité- Régule la température de l'habitat- Solide et résistant.

**Mise en œuvre :** Pour coller les blocs de chanvre, utiliser un mortier-collé composé d'un mélange de plâtre gros, de chaux et de sable.

## Deux techniques de mise en oeuvre sont actuellement pratiquées

manuelle: consiste à déverser entre deux banches le béton de chanvre ou au projeté traditionnel à la truelle

à la machine : consiste à projeter le béton de chanvre contre une banche ou directement contre un mur avec une machine adaptée. Les bétons de chanvre étant peu fluides, on utilise des machines de projection pour le béton (gunitouse) qui transportent le mélange liant-granulats sec en le propulsant par air dans des tuyaux, le mouillage s'effectuant peu avant la sortie de la matière.<sup>60</sup>

### ❖ CAS 2: Simulation avec une amélioration de la chambre par ICOTECT

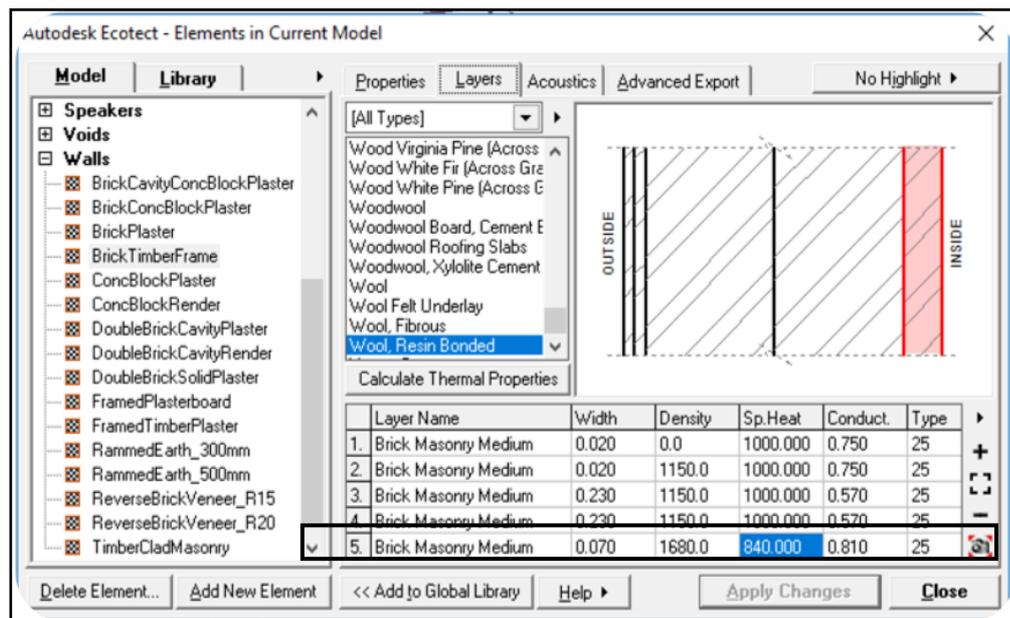


Figure III.88 inclure les caractéristiques de l'isolation sur Icotect

Résultat :

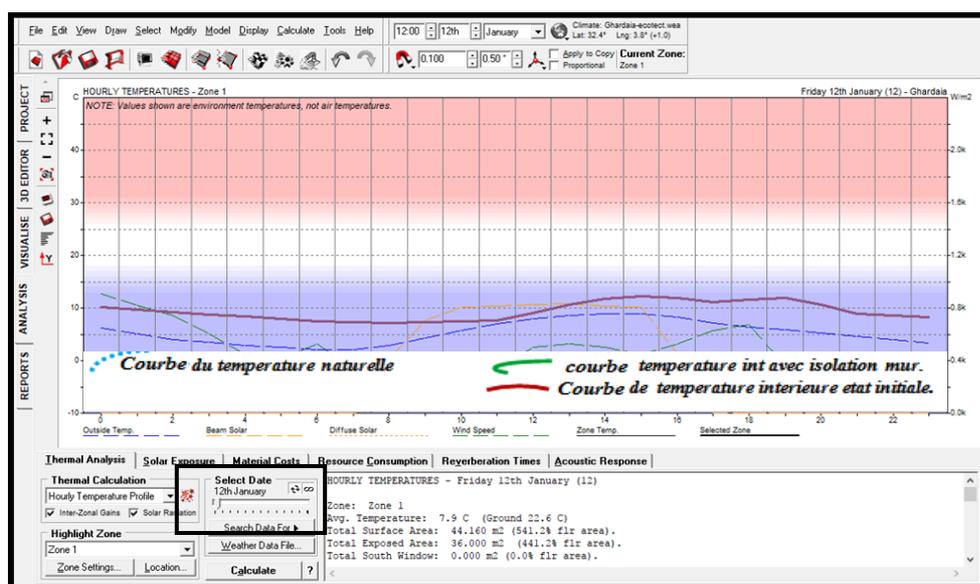


Figure III.89 étude thermique a posteriori de la pièce avec amélioration en 12 janvier

<sup>60</sup> [Livre] L'isolation thermique-acoustique, solutions combinées écologiques par Jean-Louis Beaumier et Franck Janin.

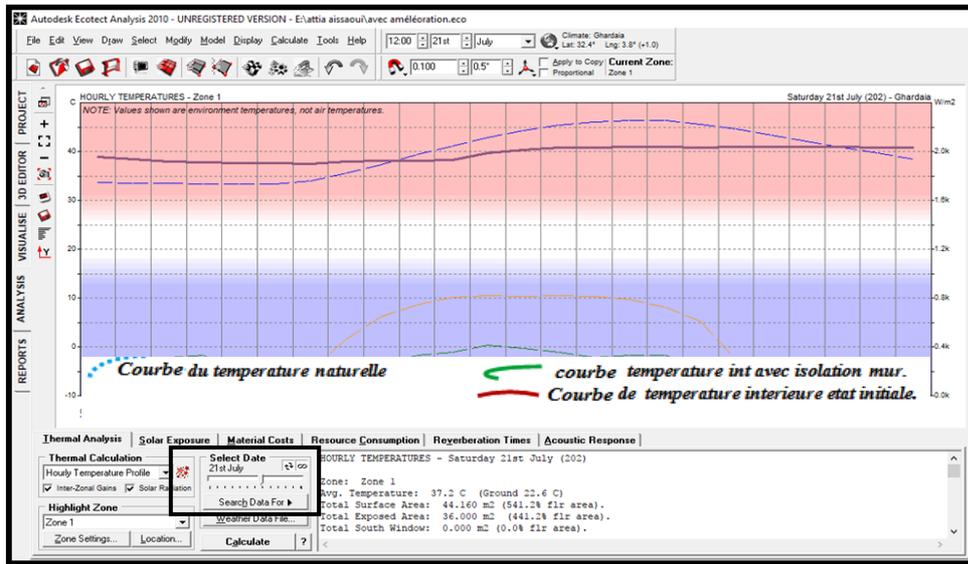


Figure III.90 étude thermique a posteriori de la pièce avec amélioration en 21 juillet

### III.6.4 Interpretations

#### 1. Dans le Cas 1 la Simulation une chambre par logiciel ICOTET en marque que : (PERIODE D'HIVER) En 12 janvier le jour plus froid

- Pour la courbe du pièce l'état initiale : la courbe interne de la chaleur du bâtiment est bien sur moins de chaleur étant donné la courbe de température naturelle et avec du fluctuation constante quelque soit le variation au niveau du chaleur extérieure.

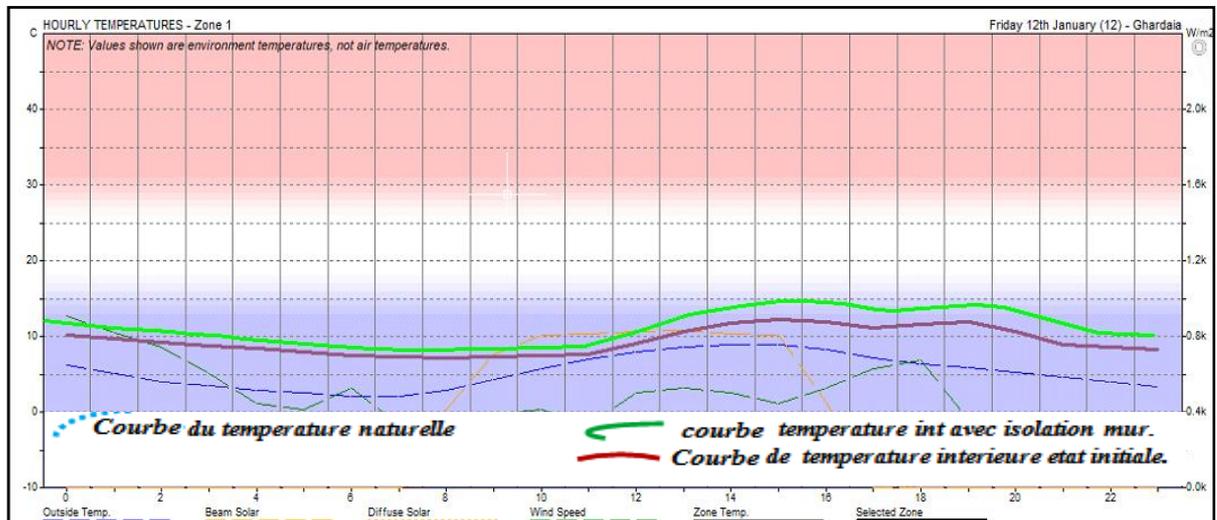


Figure III.92 représentation synthèse du température en 12 janvier

- La température de la pièce est basse avec ne changement de la fraîcheur dans la température naturelle jusqu'à 12.00 h et commence alors à augmenter relativement jusqu'au 15 °.
- le même chose que précédemment, pour le courbe du pièce après l'isolation, nous sommes préoccupés de commenter: la température qui a augmenté de deux degrés, en plus la courbe est plus stable qu'avant. Surtout dans la dernière moitié de la journée.

- (PERIODE D'ETE) En 21 juillet le jour le plus chaud

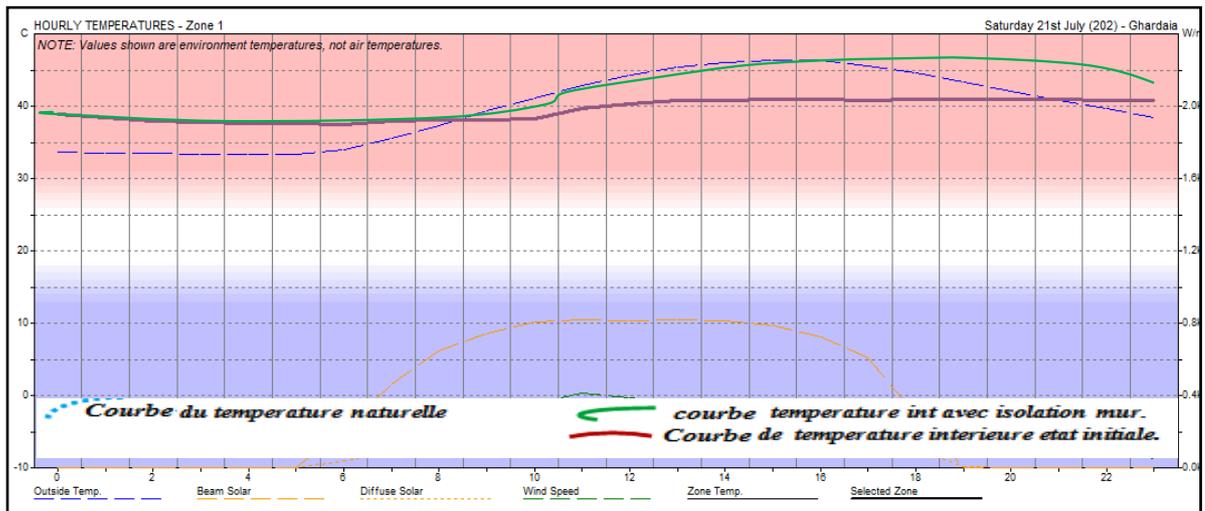
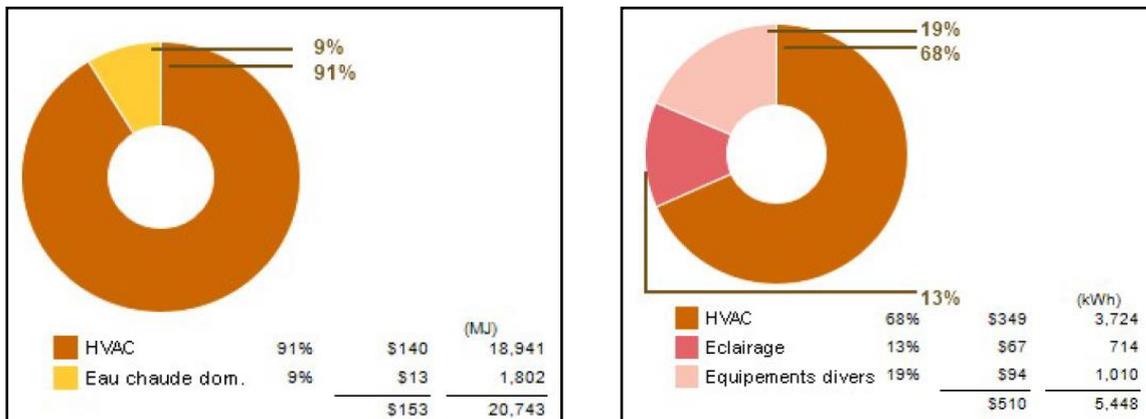


Figure III.93 representation synthese du temperature en 21 juillet

En comparant les données nous notons que la période du matin jusqu'à 8.00h est caractérisée par une forte chaleur malgré l'ajout d'isolation, après cette période une légère augmentation du degré est presque négligeable, ce qui indique la capacité de la stabilité de la température ambiante indépendamment du changement externe.

**Scénario 02: Simulation avec une amélioration de l'habitat par REVIT**

Dans cette partie c'est seulement la confirmation des résultats positifs de Icotect et de celle d'état initial de Revit.



Utilisation d'énergie: carburant

Utilisation d'énergie: electrecite

Figure III.94 Utilisation (avec amélioration) d'énergie/ carburant

HVAC electricite= 3724 kWh  
 Con.HVAC elec = 3724 / 204.47 m<sup>2</sup>    **Con.HVAC elec = 18.21 kWh /m<sup>2</sup>. an**  
 HVAC carburant = 18941 MJ = 18941/3.6 = 5261.38 kWh  
 Con.HVAC car = 5261.38 / 204.47 m<sup>2</sup>    **Con.HVAC elec = 25.73 kWh /m<sup>2</sup>. an**  
 DPE = Con.HVAC car + Con.HVAC elec

$$DPE = 18.21 + 25.73 \text{ (kWh /m}^2 \text{. an)}$$

$$\text{DPE} = 43.90 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{an}$$

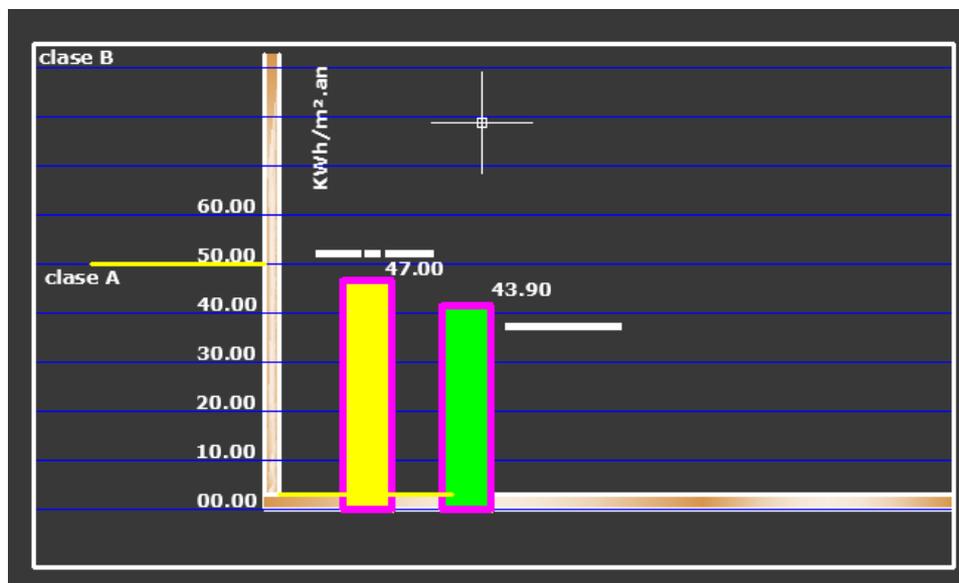
Selon l'étiquette énergie notre habitat classe dans la catégorie **A**

## 2. Dans le scénario 01 la Simulation l'habitat par logiciel REVIT en marque que :

L'état initial de l'habitat par logiciel REVIT, Classification du bâtiment selon le niveau de consommation annuelle d'énergie par m<sup>2</sup> (en kWh/m<sup>2</sup>.an).

Classe A : habitat économe, avec une consommation annuelle d'énergie primaire à 47kWh/m<sup>2</sup>/an.

Et d'après l'amélioration avec l'isolation thermique chanvre par l'extérieure on a fait une importante réaction pour la consommation énergétique tel que :



*Figure III.91 Représentation Classification du bâtiment selon le niveau de consommation d'énergie*

Classe A : habitat économe, avec une consommation annuelle d'énergie primaire pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire et le refroidissement 42.10 kWh/m<sup>2</sup>.an

Grace au changement et aux différences entre les deux résultats, nous remarquons que la quantité de la consommation énergétique a minimiser par 3.10 kWh/m<sup>2</sup>.an.

on peut dire que la quantité de consommation énergétique a une corrélation et un impact réel sur les type let la nature les matériaux de construction utilisé dans la réalisation des habitations Mozabite sans oublier les autre facteurs et techniques agissantes. Aussi l'isolation interieure mieux que l'exterieure dans les villes sahrienne .

## CONCLUSION

D'après cette recherche nous pouvons les résultats suivants :

- L'habitat traditionnel dans la région du M'Zab procure aux usagers un niveau de confort thermique acceptable.
- Les matériaux locaux de la région du Ghardaïa jouent un rôle dans le confort thermique.
- L'agent de l'isolation dans le mur extérieur dans habitat mozabite, nous permis d'améliorer le confort thermique intérieur.
- L'enveloppe (caractéristique thermique) extérieur dans habitat traditionnel du M'Zab a un impact fort sur le confort thermique et la consommation énergétique.

Dans l'architecture traditionnelle Mozabite des milieux arides, le confort de l'utilisateur était assuré par une combinaison de plusieurs stratégies passives de contrôle thermique, qui sont le résultat d'une connaissance approfondie des conditions climatiques.

Ainsi, la réduction des températures internes pouvait être réalisée au moyen de concepts de refroidissement passifs tels que :

Un choix judicieux des matériaux de construction participe à la réduction des températures de l'air ambiant à l'intérieur des maisons. Leurs effets thermiques dépendent de deux qualités principales, la résistance thermique et la capacité calorifique.

Les parois et le renouvellement de l'air sont les principales sources de déperditions thermiques dans une construction.

Il faut donc, réduire les besoins en assurant une bonne étanchéité à l'air (isolation) et une bonne aération en privilégiant la ventilation naturelle.

La conception du bâtiment doit mettre en oeuvre des principes simples, basés sur le bon sens et qui ont prouvé leur efficacité dans les constructions anciennes.

Favoriser au maximum l'apport solaire passif et minimiser les déperditions.

Dans ce cadre, nous dirons que l'architecture bioclimatique, par l'utilisation des matériaux massifs pour augmenter l'inertie thermique.

## **Bibliographie**

### **Ouvrage :**

- Jean-Louis Izard/Alain Gutot, Archi bio, Page 08, Année 1979
- George Sebillé, l'architecture d'aujourd'hui, décembre 1954
- Lavigne Pierre, Architecture climatique une contribution au développement durable Tome1 : bases physiques, EDISUD 1994.
- G. Alexandroff et J .M, Architecture et climat soleil et énergies naturelles dans l'habitat; édition architectures Berger-Levrault, Paris1982.
- Rey Alain « vernaculaire », in Dictionnaire historique de la langue française, v3, Paris, dictionnaire Le robert 2004.
- A.Liebard, Traité d'architecture et d'urbanisme climatiques, ed le moniteur, 2004.
- ASHRAE: American Society of Heating Refrigerating and Air conditioning Engineers.
- ISO 10551 (International Standard Organization) : Evaluation de l'influence des ambiances thermiques à l'aide d'échelle de jugements subjectifs.
- Cité par Narçon, 2001, Caractérisation des perceptions thermiques en régime transitoire .
- Cité par CANDAS V. Confort thermique. In: Génie énergétique. Vol. BE 4. Paris: Techniques de l'ingénieur, 1998.

### **Thèses :**

Mémoire de magister ,EPAU , " LABORATOIRE ARCHITECTURE ET ENVIRONNEMENT ", CONTRIBUTION METHODOLOGIQUE A LA CONCEPTION DES LOGEMENTS A HAUTE PERFORMANCE ENERGETIQUE (HPE) EN ALGERIE *Développement d'une approche de conception dans les zones arides et semi-arides* , Mr. SEMAHI Samir, Soutenu le : 16/06/2013.

- Mémoire de magister ,EPAU ,Option "Architecture et Technologie", L'impact des matériaux sur le confort thermique dans les zones semi-arides, *CAS D'ETUDE : LA VILLE DE DJELFA*, M. Benhouhou Med Naim, Soutenu le : 17/06/2012.
- Mémoire de magister, Université TIZIOUZO ,Option Génie Mécanique , Rehabilitation thermique d'un local dans une zone aride,*cas de Gharadia* , Melle FARIDA Sam, Soutenu le : 04/03/2012.
- Mémoire de magister, Université TIZIOUZO, Option " *Architecture et Développement durable*", POUR UNE REINTERPRETATION DU VERNACULAIRE DANS L'ARCHITECTURE DURABLE, *CAS DE LA CASBAH D'ALGER*, Mme ATEK Amina, Soutenu 2012.

**Article :**

- Etude par simulation de l'effet d'isolation thermique d'une pièce d'un habitat dans la région de Ghardaïa, S.M.A. Bekkouche , T. Benouaz et A. Cheknane, *Revue des Energies Renouvelables Vol. 10 N°2 (2007) 281 – 292* .
- Architecture et confort thermique dans les zones arides Application au cas de la ville de Béchar. A. Mokhtari , K. Brahimi et R. Benziada, *Revue des Energies Renouvelables Vol. 11 N°2 (2008) 307 – 315*.
- Influence des caractéristiques dynamiques de l'enveloppe d'un bâtiment sur le confort thermique au sud Algérien, N. Fezzioui<sup>1</sup>, B. Droui<sup>1\*</sup>, M. Benyamine<sup>1</sup> et S. Larbi<sup>2</sup>, , *Revue des Energies Renouvelables Vol. 11 N°1 (2008) 25 – 34*.

**Pages web :**

<http://www.coeurdefense.com/fr-FR/> [page consultée le 13/09/2015].

<http://www.expandi.fr/v4/default.asp/> [page consultée le 15/03/2015]

[http://fr.wikipedia.org/wiki/La\\_D%C3%A9fense/](http://fr.wikipedia.org/wiki/La_D%C3%A9fense/) [page consultée le 10/09/2015].

<http://DIALux.de/> [page consultée le 20/05/2016].