



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique



Université Larbi Tébessi - Tébessa
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département d'Architecture

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

Domaine : Architecture, Urbanisme et Métiers de la ville

Filière : Architecture

Option : Architecture et environnement

Thème:

**L'exploitation des techniques
vernaculaires
Cas d'étude : Ksar Negrine**

Elaboré par :

BENNEDJOUE Khouloud
AKROUM Nour El Houda

Encadré par :

DEGHICHE Salim

Soutenu devant le jury composé de :

- 01- SAIDANE Lakhdar
- 02- DEGHICHE Salim
- 03- ZEGHICHIE Sara

Président
Rapporteur
Examineur

Année universitaire: 2018/2019



Remercîments :

Tout d'abord, nous remercions le Dieu, notre créateur de nos avoir donné les forces, la volonté et le courage afin d'accomplir ce travail modeste.

Nous adressons le grand remerciement et toutes nos gratitudes à notre encadreur Mrs DEGHICHE Salim pour son suivi, ses nombreux conseils et ses critiques constructives du début à la fin de ce travail.

Nous tenons aussi à exprimer nos profonds remerciements au Membres de jury à leurs efforts et leur soin apporté à notre travail, tout particulièrement :

Nous tenons aussi à remercier nos enseignants de département d'architecture de Tébessa pour leur disponibilité et encouragements tout au long de notre formation.

Merci à nos familles qui nous ont toujours soutenues et à tout ce qui participe de réaliser ce mémoire.

Merci à tous les amis qui ont fait preuve de compréhension et de patience.

A tous ceux dont nous avons croisé le chemin et qui d'un sourire ou d'un mot gentil, ont su nous encourager.

Nos sincères remerciements à vous tous

Khouloud et Nourelhouda



Dédicace :

Je dédie cet évènement à la mémoire de l'homme de
ma vie, mon exemple éternel, mon Source de
courage, celui qui S'était toujours sacrifié pour me
voir réussir, mon père.

A la lumière de mes jours, la source de mes efforts,
la Flamme de mon coeur, ma vie et mon bonheur ;
maman Que j'adore.

A mon adorable frère et toutes mes soeurs.

Aux personnes qui étaient toujours à mes côtés, et
qui

M'ont accompagnaient durant mon chemin d'études.

KHOULOU



Dédicace :

mon parcours.

Que Dieu lui accorde une longue vie.

Et j'espère que votre bénédiction m'accompagne
toujours. Que ce modeste travail soit l'exaucement
de vos vœux tant formulés.

Ce travail est également dédié

À mes chers frères

et mes chères soeurs et à toute la famille.

À tous mes amis et collègues.

A toute personne qui a su être présente lorsque j'en
Je dédie le présent travail à mon père qui a su nous
insuffler l'amour du savoir et des études.

À ma très chère mère qui m'a aidé à choisir et à tracer
avais besoin.

NOUR

Remerciements	
Dédicace	
Résumé	
Liste des figures	
Liste des graphes	
Liste des tableaux	
Introduction générale.....	I
Problématique :.....	II
Hypothèses.....	III
Objectifs de recherche :.....	IV
Méthodologie de recherche :.....	V
Structure de mémoire.....	VI
Chapitre 01 : L'énergie	
Introduction.....	01
I-L 'énergie, un regard sur le présent.....	02
1-Qu'est-ce que l'énergie ?.....	02
A-L' énergie grise	02
B- L'énergie primaire globale.....	02
C-L' énergie primaire	03
D-L' énergie finale.....	03
2-Son évolution historique.....	03
3-Les sources d'énergie :.....	04
A Les énergies renouvelables.....	04
B Les énergies non renouvelables.....	05
4-Utilisations de l'énergie.....	05
A- Le secteur résidentiel.....	05
B- la consommation mondiale dans le secteur résidentiel.....	05
C- La consommation algérienne dans le secteur résidentiel....	06
II - Le climat et le confort	07
1-Le climat.....	07
1-1- Les facteurs climatiques	07
1-2- Les échelles des éléments du climat :.....	08
1-3- Les effets climatiques sur l'homme.....	08
2-Le confort.....	09
2-1-Confort thermique.....	09

SOMMAIRE

2-2- Confort thermique et l'homme.....	10
A-L'équilibre du corps avec son environnement.....	10
B- Les exigences thermiques du corps humain.....	10
C- Capacité thermique.....	11
D - Échange de chaleur.....	11
2-1-2- Les indices de confort.....	12
a) Indices de confort directs.....	12
b) Indices de confort dérivés des directs.....	12
c) Indices de confort empiriques.....	12
III -Effets combinés des éléments climatiques sur la conception de la construction.....	13
1- Les propriétés thermo physique des matériaux de constructions.....	13
1-1-Absorption.....	13
1-2- Conduction thermique.....	13
1-3-Capacité calorifique	14
2-Propriétés des éléments de la construction.....	14
2-1-La conductance thermique (ou facteur de transmission):.....	14
2-2-L'inertie thermique.....	14
2-3-Le facteur solaire.....	15
2-4 Le déphasage.....	15
2-5 L'admittance:.....	15
3-Comportement thermique des Parois :.....	16
3-1 Les parois opaques :.....	16
3-2 Les parois transparentes.....	17
3-3 Fonctions Thermiques Des Parois.....	17
4- Ensoleillement.....	18
4-1 Mode de transfert de la chaleur à travers l'enveloppe.....	18
5-Ouvertures et protections :.....	19
5-1 Les Ouvertures.....	19
5-2-Les protections solaires.....	19
5-3-Les protections extérieures mobiles :.....	19
5-4-Les protections intérieures mobiles :.....	20
5-3- Systèmes d'occultation naturelle.....	20
Conclusion.....	20
Chapitre 02 : Architecture vernaculaire	
Introduction.....	21

SOMMAIRE

I -Architecture vernaculaire.....	22
1- Définition.....	22
a) architecture vernaculaire et spécificité régionale.....	22
b) architecture vernaculaire résultant de l'interaction de l'homme et son environnement.....	22
c) Architecture vernaculaire est une réponse de besoins et solution de problème.....	22
d) L'architecture vernaculaire est un phénomène culturel.....	22
2-Les caractéristiques de l'architecture vernaculaire :.....	23
2-1- Les ressources (matériel, climat, site) :.....	23
2-2- la culture typologie, mise en œuvre, savoir faire.....	24
2-3- L'identité.....	24
2-4- Temporalité.....	24
3-Les types de l'architecture vernaculaire :.....	26
3-1 architectures soustractives :.....	26
3-2Architecture de glace.....	26
3-3-Architecture végétale.....	27
3-4- Architecture mobile.....	30
3-5-Architecture en pierre.....	31
1-3 construction de terre.....	33
1-4architecture de terre.....	33
2- Architecture de terre	34
2-1 Aperçu historique Architecture de terre	32
1-les définitions de concept a étudié :.....	32
1-1 la terre	32
1-2 la terre crue.....	33
2-2 les avantages de l'architecture de terre :.....	34
2-2-1 la durabilité de l'architecture de terre :.....	34
- L'avantage socio-économique	35
L'avantage écologique et environnemental	35
- L'avantage de l'impact de l'architecture de terre sur la santé et le bien-être.....	36

SOMMAIRE

2-2-2 Force et solidité des architectures de terre :.....	36
2-2-3 Diversité des formes des architectures de terre :.....	36
2-2-4 Hauteur des bâtiments en terre.....	37
2-2-5 Une mise en œuvre simple :.....	38
2-3 Les inconvénients de l'architecture de terre :.....	38
2-4 l'architecture de terre et le Confort thermique.....	39
2-4-1Caractéristiques physiques de la terre crue	39
2-4-2 Confort thermique et la consommation énergétique.....	40
2-5 constructions de terre :.....	40
2-5-1 les techniques.....	40
A- La terre, utilisée à l'état plastique, sous forme de boue.....	40
B- La terre utilisé à l'état légèrement humide	42
Les formes de l'architecture de terre en Algérie.....	43
1-Définition de médina.....	44
1-1Les modèles de la médina.....	44
A- Les ksour.....	44
B- Les casbahs.....	44
Conclusion.....	45
Chapitre 03 : Présentation	
Introduction.....	46
I. Wilaya de Tébessa et la commune de Negrine.....	47
Présentation de la wilaya « Tébessa ».....	47
1-1 Situation géographique :.....	47
1-2-Aspect Administratif	47
1-3-Climatologie	48
1- La commune de Negrine :.....	48
2-1-Présentation du la commune « Negrine » :.....	48
2-2-Le climat de Negrine.....	49
II. La vieille ville de Negrine.....	50
1-Présentation de la vieille ville de Negrine :	50
2 Aperçu historique	51..
3-Description de ksar Negrine	54
4-Le coté urbain du Ksar de Negrine :.....	55
4-1- l'importance de site de Ksar de Negrine.....	55

SOMMAIRE

4-2 morphologie de Ksar de Negrine	56
4-3-hiérarchisation de l'espace urbain.....	57
4-3-1- hiérarchisation de trame voirie.....	57
5- Coté architectural de Ksar de Negrine	59
5-1-Lemosquée.....	59
5-2- RAHB.....	60
5-3-les ateliers d'artisanat.....	60
5-4- Les lieux réservés aux animaux.....	60
5-5- l'habitat ksourienne de Negrine.....	60
5-5-1 Les formes des maisons de Ksar Negrine.....	61
A- Maisons type 1 (RDC +étage)	61
B- B- type de maison B (RDC).....	61
5-5-2 les différents espaces de maisons :.....	62
A- La porte d'entrée.....	62
B- Askif.....	62
C- Patio.....	63
D- La cuisine	63
E- Les chambres.....	64
F- Salle de bain.....	64
5-5-3- les baies :.....	65
A- Les portes.....	65
B- les fenêtres.....	65
C- Ain dar.....	65
5-5-4 les façades.....	66
6-les matériaux et techniques de construction.....	66
6-1 les matériaux de construction.....	66
Les maisons construites en pierre.....	67
Les maisons construit en terre.....	67
6-2 Les techniques de construction de coté Ouest de Ksar Negrine	67
Le terre.....	67

L'ossature.....	68
Conclusion.....	69

Chapitre 04 : Les méthodes pour l'évaluation

Introduction :	70
2.Les méthodes pour l'évaluation de la performance énergétique	71
2.1. L'évaluation énergétique par le calcul conventionnel 3CL... ..	71
2.2. L'évaluation énergétique par La méthode expérimentale.....	71
2.3. L'évaluation énergétique par la méthode enquête :.....	71
2.4. L'évaluation énergétique par Les logiciels :.....	71
3.Les logiciels de simulation thermique du bâtiment .:	72
A. TRNSYS.....	72
B. Design Builder :.....	73
C. Bleiades + Comfie :.....	74
D. Virtual Environnement :.....	75
E. Ecotect : (destiné aux archite.....	76
4.Le choix du logiciel de simulation :.....	77
4.1 Ecotect :	77
4. Analyse de énergétique:.....	78
Conclusion :	80

Chapitre 05 simulation

Introduction :.....	81
Méthodes de travail.....	82
I. Création des modèles et les variables de l'analyse.....	82
1-Les paramètres de l'analyse	82
2-Numérotation des scénarios.....	83
3-Création du modèle.....	83

SOMMAIRE

4-Les étapes de l'expérimentation (simulation)	87
4-1- la consommation énergétique.....	87
4-2- le confort thermique.....	88
II. Vérification générale de la consommation énergétique dans les 21 scénarios et pendant deux période heating et cooling :.....	90
1- Le groupement « Compacité urbaine ».....	90
2- La forme (patio).....	93
3-Partition spatiale :.....	95
3-1-L'orientation de patio :.....	95
3-2- l'orientation de pièce :.....	97
3-3- La taille de patio.....	99
3-4- les espaces tampons « Skifa » :.....	101
4- les matériaux de construction.....	103
Classement totale de consommation énergétique plus économie d'énergie pour (heating/cooling) et classement finale de performance énergétique plus économie d'énergie pour (heating/cooling)	105
6-Les choix optimaux :.....	106
Conclusion.....	108

Liste des figures :

Titre	Page
Figure 01 : les échanges thermiques du corps humain, Source : (énergie + 2019).	10
Figure 02 : les échanges de chaleur entre le corps humain et l'ambiance, Source : Alain Liébard et André De Herde, 2003.	11
Figure 03 : échange de chaleur dans les parois opaques Source :(Arch-energie , 2018).	17
Figure 04 : échange de chaleur dans les parois opaques Source :(Arch-energie , 2018).	18
Figure 05 : Protection solaire extérieur mobile, Source : CRTE, 2010.	20
Figure 06 : Partie d'une rangée de maisons sur cour (Amérique latine) à gauche: site plat, site collinaire à droite, Source : Rappopr 1669.	23
Figure 07 : la Cappadoce (Turquie), Source : www.tripadvisor.fr .	26
Figure 08 : l'igloo des esquimaux, Source : les maisons de monde,2013.	27
Figure 09 : les maisons de Tucanos, Source : Peuples amerindiens , 2019	28
Figure 10 : Les isbas Russie, Source : : (douce cahute 2019)	29
Figure 11 : : le village miao en Chine du sud, Source : www.china-roads.fr .	29
Figure 12 : le roulotte avec cheval, Source : les roulottes de Sud Vendée, 2019	30
Figure 13 : la Muraille de Tébessa, Source direction de la culture, tébessa, 2013	31
Figure 14 : la terre, Source : pintrest,2019.	32
Figure 15 : terre cuite, Source : pintrest,2019.	32
Figure 16 : Mosquée de Djenné (Mali), Source CRATerre, 2010	33
Figure 17 : Zones de répartition des architectures de terre inscrites sur la liste du patrimoine mondial de l'UNESCO, Source : FONTAINE L, ANGER R, 2009.	33
Figure 18 : Le cycle écologique vertueux des architectures de terre : de la terre à la terre,. Source : cycle de terre , 2019.	35
Figure 19 : Comparaison des coûts énergétiques de la brique de terre et du parpaing en béton, Source : BARDOU P, ARZOUMANIAN V, 1978.	35
Figure 20 : construction en terre, Source : Festival architecture de terre matières à construire, 2013	37

Figure 21: construction en terre, Source : Festival architecture de terre matières à construire, 2013.	37
Figure 22: construction en terre, Source : Festival architecture de terre matières à construire, 2013	37
Figure 23 : Maison urbaine, ville de Shibām, Yémen, Source Hadramaout, 1999	38
Figure 24: Adobe, Source : (dictionnaire sensagent le parisien)	41
Figure 25 : le Bauge, Source (dictionnaire sensagent le parisien).	41
Figure 26 : La casbah d'Alger située dans un site culminant de la mer, Source : Guellil f, et Merabt A, 2016.	45
Figure 27 : la situation de la ville de Tébessa, Source : ANDI 2013	47
Figure 28 : le découpage administratif de Wilaya de Tébessa, Source : ANDI 2013	48
Figure 29 : La vieille ville de Negrine , Source : www.google.dz/images_Negrine .	50
Figure 30 : situation de la vieille ville par apport la nouvelle ville, Source : POS de Negrine 2001.	50
Figure 31 : des outils en pierre pour l'homme préhistorique trouvé en Negrine , Source : Grébénart D. 1966..	51
Figure 32 : Negrine et le réseau routier associé à l'époque romaine, Source : B. Salama.	52
Figure 33 : le chemain de conquête Arabe islamique , Source : Furstenram, 1979.	53
Figure 34: plan de situation de la ville de Negrine, Source : POS de Negrine 2001.	54
Figure 35 : la route reliant entre la nouvelle ville et le Ksar, Source : auteur	55
Figure 36: palmeraie ksar, Source : Direction de la Culture. Tébessa 2013	56
Figure 37 : la compacité de Ksar de Negrine, Source : direction de la culture.2013	56
Figure 38 : les rues principales de Ksar Negrine, Source : Direction de la Culture, Tébessa.2013	57
Figure 39: les rues principales de Ksar Negrine, Source : auteur. 2019.	57
Figure 40 : les ruelles de Ksar Negrine, Source : auteur. 2019.	57
Figure 41 : les impasses de Ksar Negrine, Source : auteur. 2019.	57
Figure 42 : le mosquée Alatique, Source : auteur. 2019.	58
Figure 43: les maisons de Ksar Negrine, Source : auteur. 2019.	58
Figure 48: le schéma de Ksar Negrine, Source : auteur. 2019.	58
Figure 44 : la mosquée, Source : auteur. 2019.	59

Figure 45 : schème explique le position des entrées de maison ksourienne de Negrine, Source : auteur. 2019.	60
Figure 46 : les formes des maisons de Ksar Negrine, Source : direction de la culture , Tébéssa.	61
Figure 47 : les plans et la coupe de type Ade maison ksourienne Negrine, Source : auteur. 2019.	61
Figure 48 : les plans et la coupe de type B de maison ksourienne Negrine, Source : auteur. 2019.	62
Figure 49 : l'entrée en chicane, Source : auteur. 2019.	62
Figure 50 : la porte de maison a Negrine, Source : auteur. 2019.	62
Figure 51 : Askifa, Source : auteur. 2019.	63
Figure 52 : le patio de maison à Negrine, Source : auteur. 2019.	63
Figure 53 : végétation dans le patio, source : auteur. 2019.	63
Figure 54 : cheminée dans la cuisine, Source : auteur. 2019.	64
Figure 55 : la chambre de maison ksourienne de Negrine, Source : auteur. 2019.	64
Figure 56 : la salle de bain (kenif), Source : auteur. 2019.	65
Figure 57 : fenêtre en bois, Source : auteur. 2019.	65
Figure 58 : Ain Dar, Source : auteur. 2019.	65
Figure 59 : les façades aveugles, Source : hauteur.	66
Figure 60 : les types de matériaux de construction de maison Negrine, source : direction de la culture.	66
Figure 61 : les maisons en pierre, Source : auteur. ,2019.	67
Figure 62 : les maisons construits en terre, Source : auteur. 2019.	67
Figure 63 : le soubassement de mur en pierre, Source : auteur	68
Figure 64 : l'intégration des données climatique de la région et la précision de la date, Source auteur.	84
Fig 65 : la précision de l'heure, ventilation et la température, TOL, Source auteur, 2019.	84
Figure 66 : vue 3d sur le modèle 1, Source : auteur.	85
Figure 67 : vue 3d sur le modèle 2, Source :auteur.	85
Figure 68 : vue 3d sur le modèle 3, Source : auteur.	85
Figure 69 : vue 3d sur le modèle 4, Source :auteur.	85

Figure 70: vue 3d sur le modèle 5, Source : auteur.	85
Figure 71: vue 3d sur le modèle 6,7,8et 9, Source : auteur.	85
Figure 72: vue en plan sur le modèle 10,11,12,13, Source : auteur.	86
Figure 73: vue 3d sur le modèle 14,15,16, Source : auteur.	86
Figure 74: vue 3d sur le modèle 17,18et19, Source : auteur.	86
Figure 75 : type d'analyse et calculassions des résultats, source: auteur.	87
Figure 76 : les résultats d'analyse, source: auteur.	87
Figure77: le résultat d'analyse en tableau et en graphe, Source : auteur.	88
Figure 78 : type d'analyse et calculassions des résultats, Source :auteur.	88
Figure 79 : le modal optimal, Source: auteur 2019.	108

Liste des Tableaux

Titre	Page
Tableau 01 : évolution de la consommation énergétique de l'homme de la préhistoire à nos jours, Source :. Chabani Z, 2014	4
Tableau 02 : tableau climatique Negrine, Source : : climat Negrine 2018.	50
Tableau 03 : les variables d'analyse et les scénarios, source : l'auteur. 2019.	83
Tableau 04 : la consommation énergétique de climatisation « compacité urbaine », Source : auteur 2019.	90
Tableau 05 : la consommation énergétique de chauffage « compacité urbaine », Source auteur 2019	91
Tableau 06 : la consommation énergétique de climatisation « patio », Source : auteur 2019	93
Tableau 07 : la consommation énergétique de chauffage « patio » , Source : auteur 2019.	94
Tableau 08 : la consommation énergétique de climatisation « orientation de patio », Source : auteur 2019	95
Tableau 09 : la consommation énergétique de chauffage « orientation de patio », source : auteur 2019.	96
Tableau 10 : la consommation énergétique de climatisation « l'orientation de pièce », Source : auteur 2019	97
Tableau 11 : la consommation énergétique de chauffage « l'orientation de pièce », Source auteur 2019.	98
Tableau 12 : la consommation énergétique de climatisation « La taille de patio », Source : auteur 2019	99
Tableau 13 : la consommation énergétique de chauffage « La taille de patio », Source : auteur 2019	100
Tableau 14 : la consommation énergétique de climatisation « Skifa », Source : auteur 2019.	101
Tableau 15 : la consommation énergétique de chauffage « Skifa », Source : auteur 2019.	102
Tableau 16 : la consommation énergétique de climatisation « matériaux de construction », Source : auteur 2019.	103
Tableau 17 : la consommation énergétique de chauffage « matériaux de construction », Source : auteur 2019.	104
Tableau 18 : la consommation énergétique total « compacité urbaines », Source : auteur 2019.	105
Tableau 19 : la consommation énergétique total « la forme de maison », Source : auteur 2019.	105
Tableau 20 : la consommation énergétique total « l'orientation de patio », Source : auteur 2019.	105
Tableau 21 : la consommation énergétique total « l'orientation de pièce », Source : auteur 2019	105
Tableau 22 : la consommation énergétique total « La taille de patio », Source : auteur 2019.	105

Tableau 23 : la consommation énergétique total « <u>les espaces tampons</u> », Source: auteur 2019.	106
Tableau 24 : la consommation énergétique total « <u>les matériaux de construction</u> », Source: auteur 2019	106
Tableau 25 : les choix optimaux, Source: auteur 2019.	107

Liste des Schémas

Titre	Page
Schéma 01 : les caractéristiques de l'architecture vernaculaire, Source : auteur.	25
Schéma 02: le schéma de Ksar Negrine , Source : auteur , 2019	59

Liste des graphes :

Titre	Page
Graphe 01 : Répartition de la consommation finale par type d'énergie, Source: (APRUE, 2014).	06
Graphe 02 : les données climatique de Negrine , Source : www.fr.climate-data.org-Negrine .	49
Graphe 03 : Courbe de température de Negrine, Source : www.fr.climate-data.org-Negrine .	50
Graphe 04 : la consommation énergétique de climatisation « compacité urbaine », Source: auteur 2019.	90
Graphe 05 : la consommation énergétique de chauffage « compacité urbaine » Source: auteur 2019.	91
Graphe 06 : schéma de conduction et les rayones solaire directe « compacité urbaine », Source: auteur 2019.	92
Graphe 07 : schéma de conduction et les rayones solaire directe « absence de compacité urbaine », Source: auteur 2019.	92
Graphe 08 : la consommation énergétique de climatisation « patio », Source: auteur 2019.	93
Graphe 09 : la consommation énergétique de chauffage « patio », Source: auteur 2019.	94
Graphe 10 : la consommation énergétique de climatisation « orientation de patio », Source: auteur 2019	95
Graphe 11 : la consommation énergétique de chauffage «orientation de patio », Source: auteur 2019.	96
Graphe 12 : la consommation énergétique de climatisation « l'orientation de pièce », Source: auteur 2019.	98
Graphe 13 : la consommation énergétique de chauffage « l'orientation de pièce », Source: auteur 2019.	99
Graphe 14 : la consommation énergétique de climatisation « La taille de patio », Source: auteur 2019.	100
Graphe 15 : la consommation énergétique de chauffage « La taille de patio », Source: auteur 2019.	101
Graphe 16 : la consommation énergétique de climatisation « Skifa », Source: auteur 2019.	101
Graphe 17 : la consommation énergétique de chauffage « Skifa », Source: auteur 2019.	102
Graphe 18: la consommation énergétique de climatisation « matériaux de construction », Source: auteur 2019.	103
Graphe 19 : la consommation énergétique de climatisation « matériaux de construction », Source: auteur 2019.	104

I. Introduction générale :

L'architecture vernaculaire est une architecture durable sans technologie qui permet de vivre dans des conditions climatiques acceptables en utilisant des ressources disponibles localement pour répondre à des besoins locaux et atteindre le confort des occupants avec la manière la moins énergivore. Cependant, les pratiques constructives de sont en rupture avec les savoirs acquis par les générations précédentes et la preuve le nombre infini des dérapages liés à notre société de consommation : gaspillage énergétique, négligence du climat, construction avec un immense impact sur son environnement...etc. Malgré le progrès technique, l'architecture de nos jours a perdu son intégrité et son sens et elle devient plus énergivore que celle du vernaculaire. (Mercier, E, 1979)

L'architecture vernaculaire s'inscrit dans cette démarche et elle pourrait participer à atteindre cet objectif puisqu'elle présente de nombreux avantages à la fois environnementaux, sociaux et économiques ... Cette étude vise l'exploration de nouvelles stratégies inspirées des techniques vernaculaires de construction afin de les adapter à l'architecture d'aujourd'hui. Elle sera focalise sur l'aspect thermique lié à l'énergétique du bâtiment.

Il s'agit de mettre l'accent sur la performance de la forme, localisation, matériaux de construction De la maison vernaculaire en tant que réponse efficace face à des contraintes environnementales. Pour cela, nous intéressons à la maison vernaculaire, toujours caractérisée par des formes simples et adaptées à leurs contextes socioculturels et géo-climatique

Problématique :

L'architecture vernaculaire existant en Algérie a subit une rupture historique durant l'époque coloniale et même après l'indépendance car la politique d'urbanisme actuelle est une copie de l'architecture occidental. Cette dernière n'est pas adaptée a notre climat, elle privilège la quantité au détriment de la qualité. L'expert français en architecture bioclimatique, Parlus, P a dit, lors de sa visite en Algérie en 2010, *"j'étais déçu de constater la prédominance de la politique du chiffre au détriment de la qualité, ce qui va se répercuter de manière négative sur le modèle architectural propre à l'Algérie"*.

L'architecture actuelle consomme plusieurs énergie selon M. Iskander ingénieur d'affaire dans la direction de distribution de gaz et électricité de Tébessa (SONALGAZ) qui déclare " la consommation d'électricité en 2018 dans l'Algérie 31807372320 KWh, et le Gaz 131147887008 Th, la consommation d'électricité en 2018 de Wilaya de Tébessa est

662653590 KWh et le Gaz 2732247646 Th, et pour un seul quartier de Skanska l'électricité 4174956 KWh et le Gaz 33271119 Th ".

Pierre PARLUS (2012) a ainsi estimé que l'Algérie gagnerait à s'inspirer de sa propre architecture traditionnelle, adaptée au confort moderne, en construisant des habitations alliant notamment écologie et économie d'énergie. Cette idée est confirmée par monsieur RARDEHEB, F (2010), spécialiste de l'habitat qui a dit *"Je ne veux pas dire qu'il faille retourner à la maison à patio mais reprendre certains caractéristiques de cette maison traditionnelle qui regroupait les membres de la famille et les voisins, contrairement aux immeubles à étages et aux balcons confinés qui ne reflètent pas nos valeurs sociales"*.

C'est pour ça le retour aux caractéristiques du modèle architectural traditionnel adapté aux critères climatiques algériens dans le domaine de la construction est de plus en plus recommandé par les experts. Ce retour permettra une économie d'énergie, une durabilité de la construction ainsi que la protection de l'environnement, à partir de ces constats, on pose la question suivant :

Comment l'architecture vernaculaire peut – elle nous offrir un modèle de construction adapté à notre climat présentant une économie d'énergie ?

Pour répondre à cette question nous avons choisi un des modèles architecturaux vernaculaire connus dans l'Algérie " les ksour", qui ont prouvé leur adaptation au climat aride durant des siècles et ont assuré un équilibre avec une parfaite harmonie avec leur milieu. Parmi ces Ksour se trouve celui de Negrine situé dans la wilaya de Tébessa, celui-ci malgré sa dégradation et son abondance, présente une source d'inspiration importante, d'où pas mal de questions se posent:

- **Quelles seraient les leçons à apprendre de l'architecture vernaculaire de Negrine ?**
- **A-ce-que il est vraiment économe en énergie et assure un meilleur confort thermique ?**
- **Quelle sera donc, la stratégie de construction adaptée dans notre climat ?**

II. L'hypothèse:

Suite aux observations, constats et réflexions menés sur le sujet abordé dans notre présente introduction et en réponse aux questions posées dans notre problématique, nous pouvons émettre l'hypothèse suivante:

C'est dans l'exploitation des techniques vernaculaires utilisé dans l'architecture du Ksar de Negrine que réside les ingrédients d'un modèle architecturale adapté à notre climat et présentant une économie d'énergie.

L'analyse conceptuelle de cette hypothèse met en évidence pas mal d'objectifs.

III. Les objectifs :

- Maitriser le thème de l'énergie a travers l'examen de ses sources, ses mode de transfert (...optimisation d'énergie.....)
- Mettre en exergue la notion d'architecture vernaculaire avec sa typologie et ses techniques
- Présenter les atouts de Ksar de Negrine (valeur historique, technique de construction ...etc.).
- Mettre en évidence la pertinence de l'architecture vernaculaire de ksar de Negrine et son ajustement avec les normes en vigueur.
- Établir une stratégie de construction capable d'offrir un modèle architectural inspiré du vernaculaire et adapté au climat.

IV. Méthodologie de mémoire :

Cette recherche sera développée en trois principales parties. Commencer par chapitre introductif et finaliser par une conclusion qui affirme ou infirme l'hypothèse de départ présentée au-dessus.

La première partie : approche théorie concerne les thèmes de recherches.

La deuxième partie : approche descriptive présentative de cas d'étude.

La troisième partie : approche analytique, expérimentale de cas d'étude.

V. structure de la mémoire :

Après le chapitre introductif (introduction, problématique, les hypothèses et les objectifs de recherche) Le reste de mémoire est divisé en cinq chapitres distribués comme suit :

La première partie : approche théorie : composer de deux chapitres :

-On s'intéresse dans le **premier chapitre** : à l'énergie et le confort thermique dans les bâtiments, pour définir les points les plus intéressants en matière de la préservation de l'énergie.

-Dans Le **deuxième chapitre** : nous serons amenés à traiter la définition de nos concepts à savoir l'architecture vernaculaire et leurs caractéristiques, l'architecture de terre et les ksour.

La deuxième partie : approche descriptive : contient un seul chapitre :

-Pour le **troisième chapitre** : nous présentons l'air d'étude « Ksar Negrine », situation, historique, techniques utilisées, caractéristiques

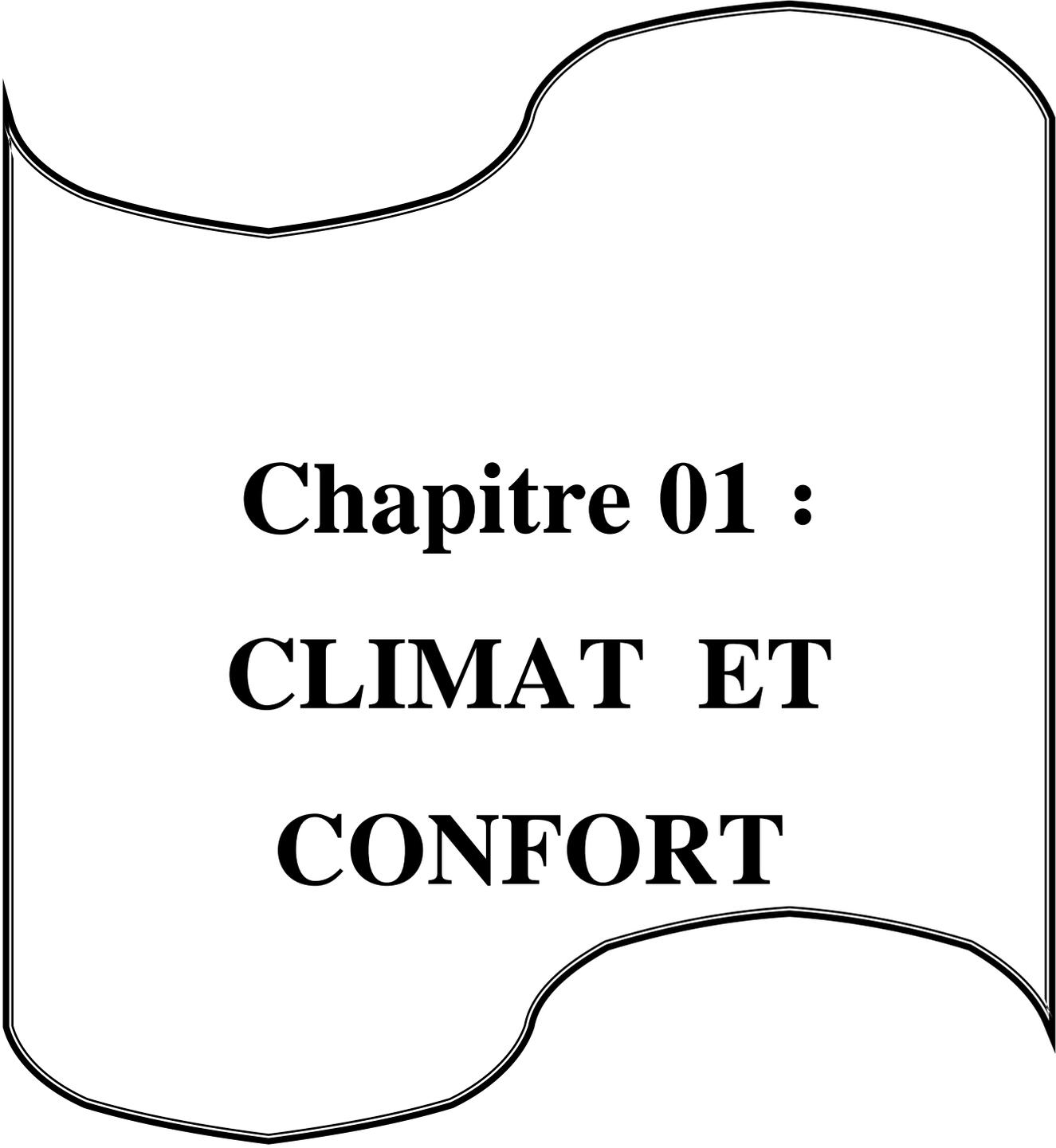
La troisième partie : approche analytique : composer en deux parties :

-Sur le **quatrième chapitre** : on va analyser les méthodes pour l'évaluation de la performance énergétique, Afin de pouvoir trouver le meilleur type d'analyse dans la partie analytique de la recherche Et c'est : L'évaluation énergétique par Les logiciels.

-Et dans le **cinquième chapitre** nous effectuons des simulations informatiques de la consommation énergétique de plusieurs modèles développés au chapitre précédent qui nous conclut 22 scénarios à optimiser, une fois les résultats obtenus, nous procédons à leur présentation et interprétation. Pour arrive au modèle optimal le plus performant.

En fin :

- La **conclusion générale** : expose les conclusions et les synthèses tirées de travail, des recommandations architecturales pour l'optimisation de maisons dans la zone climatique du Tébessa.



Chapitre 01 :
CLIMAT ET
CONFORT

Chapitre 1 : Confort thermique et l'énergie

Introduction

L'énergie est un enjeu majeur placé au centre des préoccupations des nouvelles politiques urbaines durables, car elle est en augmentation et a un grand impact sur notre environnement. Les principales conséquences sont : la pollution atmosphérique causant une augmentation de l'effet de serre qui provoque un réchauffement climatique, qui a aussi un effet négative sur le confort thermique.

L'objectif de ce chapitre est la maîtrise de thème d'énergie, il est structuré en deux dimensions; la première concerne de définir ce concept, son évaluation historique, ces sources, ces domaines d'utilisation, sa situation énergétique actuelle ... en visant une meilleure compréhension de notre recherche par la détermination de relation entre la conception architecturale et consommation énergétique

La deuxième dimension est une compréhension théorique basée sur une bibliographie climatologique et environnementale générale qui s'articule autour de la relation entre le climat, et l'homme. « *Le maintien de l'équilibre thermique entre le corps humain et son environnement est l'une des principales exigences pour la santé, le bien-être et le confort* » (GIVONI, 1978). L'objectif est de traiter et comprendre l'ensemble des phénomènes climatiques; et rendre clair les éléments du climat pour pouvoir comprendre toutes les caractéristiques d'une ambiance confortable.

Chapitre 1 : Confort thermique et l'énergie

I. L'énergie, un regard sur le présent

L'énergie est essentielle pour améliorer la qualité de la vie, c'est pourquoi l'humanité tout entière doit relever le défi qui consiste à garantir un approvisionnement énergétique suffisant fiable et respectueux de l'environnement à un prix reflétant les paramètres fondamentaux du marché.

1-Qu'est-ce que l'énergie ?

Comme nous l'avons précisé précédemment, l'énergie est présente partout autour de nous et nous ne pourrions pas vivre sans elle. Nous l'utilisons au quotidien, sous des formes différentes. La nourriture que nous mangeons contient de l'énergie, le papier sur lequel nous écrivons nécessite de l'énergie pour être fabriqué, la lumière qui nous permet de lire est également de l'énergie. On peut le définir " comme une capacité d'un système à réaliser un travail. La quantité d'énergie que possède un système représente la quantité de travail qu'il peut réaliser". (IUESES, 2010).

L'énergie est le moteur de tous les phénomènes naturels : la croissance des plantes, le vent, les courants des rivières, les vagues, la chute d'objets ... en physique , on la définit comme la capacité d'un système à produire un travail . Elle se présente sous de multiples facettes (thermique, cinétique, électrique...), et l'une de ses propriétés majeures est de pouvoir être convertie d'une forme en une autre.

A-L'énergie grise : Selon le dictionnaire de l'environnement 2010 : "*L'énergie grise correspond à la dépense énergétique totale pour l'élaboration d'un matériau, tout au long de son cycle de vie, de son extraction à son recyclage en passant par sa transformation, une énergie évaluée en kWh/tonne*" Elle est de but de mesurer l'impact environnemental des matériaux. D'autre part, elle présente la somme des apports énergétiques importants durant toutes les étapes de la durée d'un produit.

B-L'énergie primaire globale : Est l'énergie brute qui n'a pas encore été soumise à une conversion ou à une transformation. Il s'agit de la somme d'une part d'énergie primaire renouvelable (éolienne, biomasse, solaire, hydraulique) et d'autre part, d'énergie primaire non renouvelable (nucléaire, fossile, bois issu de déboisement des forêts primaires). (BENHARRAH., 2016)

Chapitre 1 : Confort thermique et l'énergie

C-L'énergie primaire : "C'est la première forme d'énergie directement disponible dans la nature avant toute transformation : bois, charbon, gaz naturel, pétrole... etc.". Elle est mesurée en KWh. L'énergie primaire est l'énergie disponible dans l'environnement : bois, charbon, gaz naturel, pétrole... etc.". Et directement exploitable sans transformation. Étant donné les pertes d'énergie à chaque étape de transformation, stockage et transport, la quantité d'énergie primaire est toujours supérieure à l'énergie finale disponible.(futura.planète, 2002).

D-L'énergie finale : On appelle énergies finales les énergies qui sont utilisées par l'homme (gaz, électricité, fioul ...etc.). Pour arriver à ces énergies, il aura fallu les extraire, les produire, les stocker et les distribuer, c'est en fait l'énergie qui arrive chez le consommateur et qui lui est facturée.

2-Son évolution historique :

Le seul source dont disposait l'homme primitif était sa nourriture ou il consomme environ 200 Kcal/jour , soit environ 66 kg de pétrole par année ou 100 Kg de charbon . Il y a environ 10000ans, après la maîtrise du feu , avait plus d'aliments et brûlait bois pour se chauffer et cuisiner ; il consommait environ 5000 kcal/jour . Par contre au moyen âge , l'homme utilisait déjà le charbon pour se chauffer , l'énergie hydraulique , éolienne et l'énergie animale pour le transport ; sa consommation d'énergie était double de la précédente soit 24000 Kcal/Jour « Avec la révolution industrielle , l'homme consommait en moyenne 70000 Kcal/jour ; dont environ 10% pour sa nourriture , 10% pour le transport , 50% pour le domestique et le tertiaire (chauffage ...) et 30% pour l'industrie et l'agriculture . La société technique se représente vers les années 70, l'énergie était disponible à l'échelle de l'unité individuelle le taux de croissance de la consommation d'énergie par habitant aux États-Unis par exemple avait atteint 230000 Kcal/jour/habitant » (Chabani Z, 2014). Donc la plus grand partie de cette énergie était consommée sous forme d'électricité les valeurs de la consommation d'énergie de l'homme à travers les âges sont indiquées dans le tableau suivant :

Chapitre 1 : Confort thermique et l'énergie

Consommation individuelle (10 ³ Kcal/Jour)	Alimentation		Industrie et agriculture	transport	total
	unitaire	domestique			
Homme primitif (-million d'années)	2	-	-	-	2
Chasseurs (- 100 000 ans)	3	2	-	-	5
Agriculture primitifs (- 7000 ans)	4	4	4	-	12
Agriculture évolué (+1400 ans)	6	12	7	1	26
Hommes industriels (+ 1870)	7	32	24	14	77
Homme technologique	10	66	91	63	230

Tableau 01: évolution de la consommation énergétique de l'homme de la préhistoire à nos jours, **Source:**.

Chabani Z, 2014

3-Les sources d'énergie :

Les applications indirectes de l'énergie solaire commencent avec la découverte du feu. En brûlant du bois, l'homme libère à son profit une énergie d'origine solaire accumulée pendant la croissance de l'arbre. Le bois de feu, utilisé pour la cuisson ou pour le chauffage, reste la forme prédominante d'utilisation de l'énergie solaire dans le monde moderne. Avec un peu plus de 10 du bilan énergétique de la planète, il arrive en tête des énergies renouvelable, devant l'hydraulique

Certains auteurs font remarquer que les combustibles fossiles, charbon, pétrole, gaz naturel, ont une lointaine origine solaire dans la mesure où les biomasses (matières végétales ou animales) dont ils sont issus ont utilisé l'énergie solaire pour leur croissance (Benamra, M, 2013)

A- Les énergies renouvelables : Les énergies renouvelables sont des sources d'énergies que la nature renouvelle en permanence. Elles n'émettent pas de gaz à effet de serre, sont beaucoup moins polluantes et engendrent peu de déchets. Les énergies renouvelables surnommées "énergies propres" ou "énergies vertes", moins puissantes, s'opposent aux énergies fossiles, non renouvelables. : Énergie solaire, Énergie éolienne, Énergie hydraulique, Énergie Biomasse, Énergie Géothermique

Chapitre 1 : Confort thermique et l'énergie

B- Les énergies non renouvelables : Les énergies non renouvelables sont mêmes des sous-produits fossiles végétaux ou animaux de l'énergie solaire (charbon, gaz, pétrole,...) ou des gisements naturels (uranium). Ces énergies sont disponibles en quantités limitées, mais leur exploitation permet d'obtenir des installations à hautes puissances (central thermique ou nucléaire) capable de faire face à des applications industrielles.

4-Utilisations de l'énergie

Les domaines d'utilisations d'énergie sont : Le transport, L'agriculture, L'industrie ainsi que le secteur résidentiel qu'on va le détailler par la suite :

A- Le secteur résidentiel : Au niveau mondial, ce secteur est le premier consommateur d'énergies commerciales et il absorbe également la quasi-totalité du milliard de tep d'énergies traditionnelles. Le résidentiel correspond à l'ensemble de l'habitat individuel ou collectif. La répartition des usages énergétiques dans le résidentiel peut être estimée à 80% d'usages thermiques (chauffage, eau chaude, cuisson) et 20% d'usages spécifiques de l'électricité (éclairage, électroménager, audiovisuel et climatisation). Les besoins thermiques peuvent être satisfaits soit par la biomasse (sous forme traditionnelle ou sous forme moderne comme les chaudières à bois alimentant des réseaux de chaleur) soit par les combustibles fossiles (fuel, gaz, charbon)

C- la consommation mondiale dans le secteur résidentiel : Selon l'Agence Internationale de l'Énergie (AIE), la consommation énergétique mondiale va augmenter en moyenne de 2% par ans. La consommation énergétique va donc doubler dans 35 ans. La consommation d'énergie est généralement liée aux performances économiques mais l'énergie utilisée dans les pays les plus développés est totalement différente de celle qu'utilisent les pays plus pauvres, Par exemple l'individu moyen aux États-Unis utilise 57 fois plus d'énergie qu'un habitant du Bangladesh

Donc le bâtiment est un gros consommateur d'énergie dans les pays industrialisés, les bâtiments consomment une partie importante de l'énergie utilisée par la société et, en conséquence, ils sont source d'une partie non négligeable de la pollution. Cette énergie est utilisée pour de nombreux usages, notamment:

- ✓ le chauffage et/ou le refroidissement, pour assurer un climat intérieur confortable
- ✓ la circulation de fluides tels que l'air (ventilation), l'eau (eau chaude, chauffage)
- ✓ les transports (ascenseurs)
- ✓ l'éclairage

Chapitre 1 : Confort thermique et l'énergie

- ✓ les communications (téléphone, radio, télévision)
- ✓ la production de biens (fabriques, cuisines, couture, etc.)

Dans les climats tempérés et froids, la plus grande part de l'énergie utilisée par un bâtiment sert au chauffage. Le flux de chaleur généré dans le système de chauffage aboutit inévitablement à l'extérieur par différentes voies plus ou moins directes. Dans les climats plus chauds, il peut être nécessaire et en tous cas confortable d'abaisser la température intérieure des bâtiments. Ce refroidissement, et l'assèchement de l'air (sous les tropiques) peut aussi être un grand consommateur d'énergie.

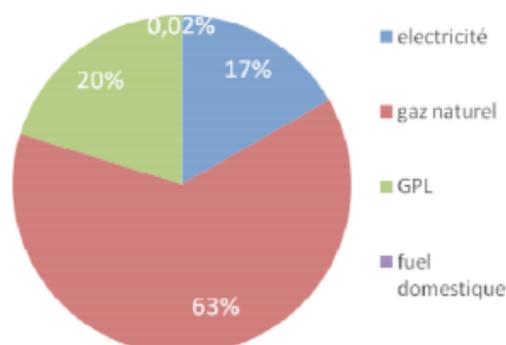
5- La consommation algérienne dans le secteur résidentiel :

L'analyse de l'évolution et de l'utilisation finale de l'énergie par secteur d'activité et par type d'énergie met en lumière l'importance du secteur résidentiel dans la consommation énergétique nationale algérienne:

La consommation électrique du secteur résidentiel a atteint 1414KTEP. Elle représente 40% de la consommation totale d'électricité. Il a atteint 7056 KTEP en produits gazeux soit 60% de la consommation totale des produit gazeux, Il représente, de ce fait, le premier secteur grand consommateur d'énergie électrique et de gaz naturel au niveau national.

Selon BOUZRIBA .M. «Aujourd'hui, la conception des bâtiments jouent un rôle très important dans la dépense énergétique. Pour cela, nous devons réfléchir aux procédés qui permettront la réduction de cette dépense énergétique. Plusieurs paramètres agissent sur le comportement thermique du bâtiment dont la forme, l'orientation, ses éléments constructifs et les aménagements intérieurs qui déterminent l'utilisation de son énergie», la consommation finale du secteur résidentiel a atteint 8.5Millions de TEP.

Graphe 01 : Répartition de la consommation finale par type d'énergie, Source : (APRUE, 2014)



II. Le climat et le confort :

On va détailler on climat et confort :

1-Le climat :

Il correspond aux conditions météorologiques moyennes (températures, précipitations, ensoleillement, humidité de l'air vitesse des vents ,etc) qui règnent sur une région donné durant une longue période . Pour l'organisation météorologique mondiale, il doit être d'au minimum 30 ans , Le climat est défini comme une généralisation des conditions « temps » de jour en jour et à travers toute l'année. « Le climat est l'une des principales données de la morphologie des systèmes architecturaux et urbains » (DUPLAY, 1982)

1-1- Les facteurs climatiques:

Les climats résultent de trois groupes de facteurs :

- les facteurs cosmiques (la source d'énergie solaire : variation de l'activité solaire
- les facteurs planétaires (répartition de cette énergie en fonction de la sphéricité de la Terre, de ses mouvements; de l'état, en même temps que du dynamisme de l'atmosphère);
- les facteurs géographiques (les terres, le lien entre l'atmosphère et les océans), les reliefs, la végétation, les volcans, les installations humaines) ; (Williams F ; 2019).

Comme nous venons de le voir ci-dessus : le système climatique de la Terre est composé de trois groupes de facteurs. Le moteur de ce système est le Soleil, qui est notre propre source d'énergie. Ces éléments provoquent une circulation de l'air et des océans et contrôlent les processus d'évaporation et de précipitation, qui font partie du cycle de l'eau. De nombreux facteurs, naturels ou d'origine humaine, déterminent le climat de la Terre. Le climat dépend de la redistribution de l'énergie du Soleil suivant les courants atmosphériques et océaniques. Les climats dépendent largement de la latitude, la longitude et de l'altitude. Ils sont également conditionnés par la proximité de grandes étendues d'eau, comme les océans ou les mers intérieures. D'une manière générale, notre climat est défini par l'interaction complexe de tous **les éléments** principaux : le Soleil, la terre, la mer, l'air, la calotte glaciaire de la Terre, la faune et les autres formes de vie.

Chapitre 1 : Confort thermique et l'énergie

1-2-Les échelles des éléments du climat :

Tout concepteur a besoin de connaître le climat du lieu où il doit construire. C'est-à-dire le régime de température et de l'humidité de l'air, le régime et la nature des précipitations, l'ensoleillement, le régime et la nature des vents. (Bouchahm.Y 2004) Ces éléments peuvent orienter la conception architecturale et influence le confort à l'intérieure des espaces. A partir de ce principe on rencontre différents types de climats qui sont : climats zonaux, généraux, régionaux locaux et microclimat. En fait, ce sont les bilans radiatifs locaux et le mouvement de l'air de faible amplitude qui joue le rôle essentiel dans la conception architectural consciente de l'énergie.il est difficile de comprendre la nature d'un climat à partir d'une donnée, il faut combiner les facteurs les plus significatifs (températures, précipitation et humidité relative) la confrontation des données est très utile pour plusieurs domaines scientifiques dont l'architecture.

1-3 -Les effets climatiques sur l'homme :

La sensation de confort est basée sur deux groupes d'organes des sens. Ces organes enregistrent les flux d'émission et de réception de chaleur par le corps. La base de sensation de confort est simplement le manque de sensation de malaise. La sensation thermique peut être notée selon la sévérité de la sensation de froid ou de chaleur. Dans de nombreuse étude d'ambiance, on a utilisé l ' échelle suivante : 0 - froid insupportable ; 1 - très froid ; 2 - froid ; 3 - frais ; 4 - neutre ; 5 – légèrement chaud ; 6 - chaud ; 7 - assez chaud ; 8 - très chaud ; 9 - chaleur insupportable.

Les expériences ont montré qu'une personne pouvait non seulement faire la différence entre les divers niveaux, mais aussi déterminer des niveaux intermédiaires [B. GIVONI, 1978] « La sensation de confort thermique est tout ce qui constitue le bien-être d'un individu en rapport avec la chaleur », « Le confort thermique est une sensation qui fait intervenir des facteurs physiques, physiologiques et psychologiques » [LAVIGNE. P ; 1989], Le confort physiologique s'établit donc par un équilibre thermique nécessitant une quantité minimum de régulation thermique, ceci est dû à la faculté du corps humain à maintenir sa température constante en dépit des conditions ambiantes. Le confort peut être résumé comme une interaction permanente entre le métabolisme activité (= production de l'énergie), la tenue vestimentaire (= isolation thermique), la température de l'air, la température radiante de l'environnement et la vitesse de l'air (= données climatiques) [IZARD.J.L ; 1993]

Donc le maintien de l'équilibre entre le corps humain et son environnement est l'une des principales exigences pour la santé, le bien-être et le confort thermique. « *Le but du*

Chapitre 1 : Confort thermique et l'énergie

concepteur est donc de proposer une architecture dans laquelle l'évolution des paramètres physiques permettra en fonction de l'environnement climatique de maintenir les conditions thermiques dans la zone de confort que définit comme étant la plage des conditions climatiques dans laquelle la majorité des personnes ne sentent pas le confort dû à l'excès de chaleur ou de fraîcheur » (Abdou S, 2004).

2-Le confort

L'examen de la notion de confort thermique a pour objectif de situer le confort dans les espaces intérieurs pour les climats semi-aride (chaud et sec en été et froid en hiver). Toutefois il faut souligner que le confort est tout ce qui contribue au bien être des individus par la commodité de la vie matérielle, intellectuelle et sociale. Le confort est l'ambiance qui évite au corps de réagir aux conditions extérieures et d'économiser de l'énergie de son métabolisme. La base de la sensation de confort est simplement le manque de sensation de malaise, le confort physiologique s'établit par un équilibre thermique nécessitant une quantité minimum de régulation thermique ceci est dû à la faculté du corps humain de maintenir sa température constante en dépit des conditions d'ambiance.

2-1-Confort thermique :

L'intérêt porté à la notion de confort thermique date depuis le 19ème siècle avec la naissance du mouvement de la réforme des conditions de travail dans l'industrie et dans l'habitat. Les premières réglementations ont été établies aux endroits les plus touchés par les accidents et les maladies dues aux excès de chaleurs, d'humidité et d'obscurité, c'est-à-dire dû aux éléments de l'environnement.

Le confort thermique peut être défini comme l'absence de « gêne thermique » en psychologie, on dit qu'il y a confort thermique lorsque pour une activité sédentaire et un habillement donné, les systèmes thermorégulateurs n'ont pas à intervenir selon des taux dépassant des valeurs de seuils (sudation, métabolisme) Le confort thermique peut être défini comme étant l'état d'esprit qui exprime la satisfaction vis-à-vis de l'environnement thermique .



Fig 01 : les échanges thermiques du corps humain, **Source**: (énergie + 2019)

Le **confort thermique** est le bilan équilibré entre les échanges thermiques du corps humain et l'ambiance environnante (B. Givoni 1978), Le **confort thermique** est d'abord un phénomène physique soumis à une faible part de subjectivité, il peut être défini comme une sensation complexe produite par un système de facteurs physiques, physiologiques et psychologiques, conduisant l'individu à exprimer le bien être de son état.

2-2- Confort thermique et l'homme

A-L'équilibre du corps avec son environnement :L'équilibre du corps humain dépend :

- ✓ Des **facteurs d'ordre individuel** [activités – acclimatation –le vêtement....]
- ✓ Des **facteurs de l'environnement** [la température d'air - le rayonnement -l'humidité - le mouvement de l'aire]

La prise en compte de l'environnement relatif à l'individu nécessite la connaissance précise de quatre paramètres micro climatiques importants :

- température de l'air
- température radiante moyenne
- humidité de l'air
- vitesse de l'air

B- Les exigences thermiques du corps humain :La température du corps humain est pratiquement constante quelles que soient les conditions d'ambiance ou l'activité physique. Elle oscille autour de 36.7°C (A, Liébard et André, D, 2003) , Pour assurer l'équilibre thermique du corps humain, l'individu dispose d'un système de régulation qui lui permet de lutter contre le froid et la chaleur par des réactions appropriées (frissons, sudation,...) (the building centre 2003)

Chapitre 1 : Confort thermique et l'énergie

D- Capacité thermique : La chaleur est l'énergie liée à l'agitation aléatoire des molécules constituant la matière. Cette agitation se mesure par la température, et la chaleur par l'augmentation de température obtenue dans un matériau donné. Pour chauffer une masse m [kg] d'un matériau de chaleur spécifique c [J/kg K], de la différence de température $\Delta\theta$ [K], il faut une quantité de chaleur Q [J] donnée par l'expression ci-dessous:

$$Q = m c \Delta\theta$$

E- Échange de chaleur

- **Échange de chaleur entre corps humain et ambiance environnementale :** Les différents échanges thermiques sont les transferts de chaleur sensible (échange radiatif et convectifs) ainsi que les pertes par respiration, diffusion et par sudation (tableau 2-5) Les échanges entre la surface du corps et des vêtements et l'ambiance se font suivant quatre modes principaux :

- **Échange de chaleur par convection** avec l'air, dépend de la température de la peau du corps, température de l'air et la vitesse de l'air, pour cela le corps perd ou gagne de la chaleur selon les différences de températures entre l'air et la peau.

- **Échange par conduction** qui se produit entre le corps humain et les objets en son contact direct et qui dépend de la différence de température entre eux.

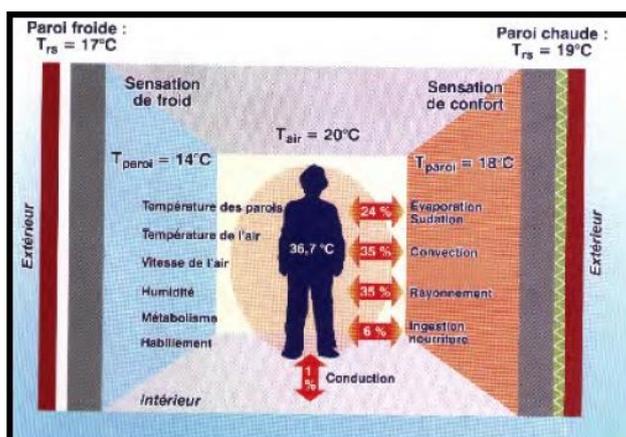
- **Échange par rayonnement** avec l'environnement [les parois, le soleil ...] qui dépend de la différence de température entre la peau et l'objet environnant. L'échange

augmente avec l'augmentation de la surface du corps exposé.

- **Évaporation** de la sueur ou transpiration. (Bellara 2005)

Fig 02 : les échanges de chaleur entre le corps humain et l'ambiance

Source: Alain L et André D, 2003.



2-1-2- Les indices de confort

Le confort est la résultante d'une interaction complexe de paramètres. (Géographiques, climatiques, personnels, caractéristiques des espaces. Afin de pouvoir simplifier la prise en compte de ses paramètres on a créé des indices de confort qui s'utilisent en fonction du degré de précision et des objectifs poursuivis

Directs, dérivés des directs (qui proviennent des indices de confort directs) et empiriques (Javier, F, 2004).

- ✓ **Indices de confort directs** : Température air, Humidité, Vitesse de l'air. Apportent des informations **partielles du confort**
 - Température: bonne information parfois elle induit à l'erreur .
 - L'humidité : significative dans des valeurs extrêmes inconfortables >20-30% ou par dessus 70-80% .
 - Vitesse de l'air toute seule: pas de sens. (Javier, F, 2004)

a) **Indices de confort dérivés des directs (qui proviennent des Indices de confort directs)**

- ✓ **Température moyenne radiante** moyenne pondérée des températures des parois
- ✓ **Température équivalente** C'est la température d'une parcelle d'air dont on aurait complètement retiré sa vapeur d'eau par un processus adiabatique
- ✓ **Température opérative...** Elle est 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
- ✓ **Température opérative humide** Évaluation simplifiée : température de l'air et température des parois définissent "la température opérative" (Lopez, M, 2012)

b) **Indices de confort empiriques**

- Température effective
- Indice de refroidissement par le vent
 - Degré de satisfaction observée
 - Degré de satisfaction prévu
 - Pourcentage de personnes insatisfaites

III -Effets combinés des éléments climatiques sur la conception de la construction :

Cette dimension, consistera à une étude des éléments de la conception architecturale qui participent au confort intérieur, et pour comprendre ce phénomène il faut d'abord maîtriser le système de transfert de chaleur par rapport à l'enveloppe (opaque et transparente). Ce qui permettrait une meilleure utilisation des techniques constructives pour une meilleure protection du bâtiment contre les effets combinés des éléments climatiques (radiations solaires, vent..).

1- Les propriétés thermo physique des matériaux de constructions :

Selon les conditions climatiques extérieures, les parois (opaques ou transparentes) influent sur la modification des conditions intérieures, cependant le choix du matériau dépend des trois principales propriétés thermiques à savoir ; l'absorption, la conduction de la chaleur par le matériau et la capacité thermique du matériau. Ces derniers déterminent le bilan des échanges de chaleur entre l'extérieur et l'intérieur.

1-1-Absorption:

Est un quotient de l'énergie absorbée par une surface sur l'énergie totale incidente (ce quotient est toujours inférieur à un

Energie absorbée par une surface / Energie totale incidente < 1

La couleur d'une surface donne une bonne indication de son facteur d'absorption par rapport aux rayonnements solaires. A cet effet les peintures noires et blanches possèdent des facteurs d'absorption différents. A ce titre une surface noire s'échauffe beaucoup plus qu'une surface blanche, pendant une exposition au soleil. Le coefficient d'absorption pour différents matériaux et différentes couleurs est donné par le tableau suivant et qui montre que les couleurs claires offrent une meilleure protection des parois au soleil. (Bellara,S 2005)

1-2- Conduction thermique:

En physique, la conductivité thermique est le grandeur introduite pour quantifier l'aptitude d'un corps à conduire de la chaleur. Elle représente la quantité de chaleur transférée par unité de surface et par unité de temps sous l'action d'une différence de température entre les deux extrémités d'un échantillon de ce corps , donc en présence d'un gradient de

Chapitre 1 : Confort thermique et l'énergie

température égale à l'unité (K en $w/m^{\circ}C$), L'inverse de la conductivité (1/K) est la résistance thermique. (futura-sciences, 2002)

1-3- Capacité calorifique :

La capacité calorifique est la quantité de chaleur qu'il faut fournir pour élever de un degré la température d'une substance. Sous *régime variable (un régime est variable quand les flux de chaleur sont variables* (David,N, 2019), cette variabilité résulte des fluctuations suivantes : De la température extérieure (au cours de la journée, par exemple), de la température intérieure (ouverture ou fermeture des fenêtres au cours de la journée), de la température de consigne intérieure, des apports internes (période de cuisson ou lavage), de l'ensoleillement (variation jour nuit et position du soleil, période de nébulosité passagère) la capacité calorifique joue un rôle important dans la détermination des conditions intérieures (D, Bernstein, 1997)

2-Propriétés des éléments de la construction :

Les éléments de la construction interviennent directement dans le régime du processus d'échange thermique entre l'ambiance intérieure et celle de l'extérieure. La quantité du flux de chaleur qui passe à travers une paroi dépend de plusieurs propriétés thermiques et qui influent sur le degré de confort intérieur :

2-1-La conductance thermique (ou facteur de transmission):

La coefficient de transmission thermique d'une paroi est la quantité de la chaleur traversant cette paroi en régime permanent, par unité de temps, par unité de surface et par unité de différence de température entre les ambiances situées de part et d'autre de la paroi, Le coefficient de transmission thermique est l'inverse de la résistance thermique totale (R_t) de la paroi (énergie plus 2019)

$$U=1/R_t$$

U (ou K) s'exprime en W/m^2K

Plus sa valeur est faible et plus la construction sera isolée

2-2-L'inertie thermique :

L'inertie thermique est la capacité d'un matériau à stocker de la chaleur et à restituer petit à petit. Cette caractéristique est très importante pour garantir un bon confort notamment en été, c'est-à-dire pour éviter les surchauffes.

Chapitre 1 : Confort thermique et l'énergie

2-3-Le facteur solaire :

Le facteur solaire désigne « la proportion de l'énergie transmise par une paroi à l'environnement quand la température de l'air des deux côtés de la paroi est constante » (GIVONI, 1978), la combinaison des effets du rayonnement solaire peut s'exprimer au moyen de la température (air soleil) dont le concept a été introduit par :

$$T_s = T_0 + I a r_o$$

T_s = température air soleil ou différence de température équivalente (°C)

T_0 = température extérieure

I = intensité des radiations incidente (w/m^2)

a = facteur d'absorption de la paroi.

r_o = résistance de la surface externe ($m^2 \cdot ^\circ C / w$)

2-4 Le déphasage :

Le déphasage c'est le temps qu'il faut à la chaleur pour pénétrer à l'intérieur de l'habitat. Le déphasage thermique dans un élément de construction est une donnée déterminante pour le confort d'été, car il indique combien de temps après le pic de la chaleur de la journée, à la face interne de matériaux atteint sa température maximale. Pour une paroi constituée par plusieurs composantes, l'estimation du déphasage est complexe et dépend de la constante (pic bleu, 2018) :

Q / U qui est la somme des temps de chaque composant.

$$Q / U = Q_1 / U_1 + Q_2 / U_2 + Q_3 / U_3 + \dots + Q_n / U_n \text{ (MARTIN EVANS, 1980)}$$

- Q : représente la capacité calorifique de la couche du matériau
- U : Flux de chaleur qui est transmis

2-5 L'admittance:

L'admittance thermique est une grandeur exprimant l'aptitude d'un matériau admettre volumiquement la chaleur en son sein, grâce aux inter-chocs entre ses molécules. Pour une paroi homogène dont l'épaisseur est inférieure à 75 mm, son admittance est à peu près égale à son coefficient de transmission thermique K , d'autre part, si son épaisseur dépasse 20mm, l'admittance devient constante et égalisée à peu près à $6w/m^2 \cdot ^\circ C$. (Hamoudaa , A, 1996).

3-Comportement thermique des Parois :

Le confort thermique dans une habitation dépend principalement du comportement thermique de son enveloppe soumise aux contraintes climatiques. L'enveloppe extérieure du bâtiment est la première protection de l'intérieur contre la chaleur et le froid. On distingue deux types de parois opaques comme les murs, les toitures Et transparente comme les vitrages.

3-1 Les parois opaques :

A l'échelle d'un bâtiment, les trois modes de transmission se combinent : la chaleur transmise à une paroi en partie par convection et rayonnement s'y propage par conduction, si la paroi est solide (opaque). L'hiver, le chaud cherche à sortir de l'enveloppe du bâtiment ; l'été, c'est l'inverse : le chaud cherche à y entrer. Lutter contre ces déperditions de chaleur (ou de froid) revient donc à limiter ce flux de chaleur par conduction à l'intérieur même de la paroi. Par ses propriétés intrinsèques, chaque matériau est plus ou moins conducteur. La conductivité thermique, exprimée en W/m.K, traduit la quantité de chaleur qui traverse un mètre d'épaisseur de ce matériau par seconde et par mètre carré de surface lorsque la différence de température entre les deux faces du matériau est de °C ,(Arch-energie , 2018). Ce coefficient permet ainsi de comparer des matériaux entre eux. Plus est petit, plus le matériau freine le flux de chaleur et plus il est isolant. Afin de ramener la performance d'un matériau seul à la performance globale d'une paroi, il est nécessaire d'y intégrer les différents matériaux qui la composent mais aussi l'épaisseur de ces derniers. La résistance thermique d'une paroi (R), *exprimée en m .K/W*, caractérise la résistance thermique globale d'une paroi :

$$R = e / \lambda$$

- *e* : épaisseur du matériau (m) ;
- λ : conductivité thermique du matériau (W/m.K).
- Les résistances thermiques des éléments successifs d'une paroi s'additionnent. Plus la résistance thermique d'une paroi est grande, plus elle est isolante.

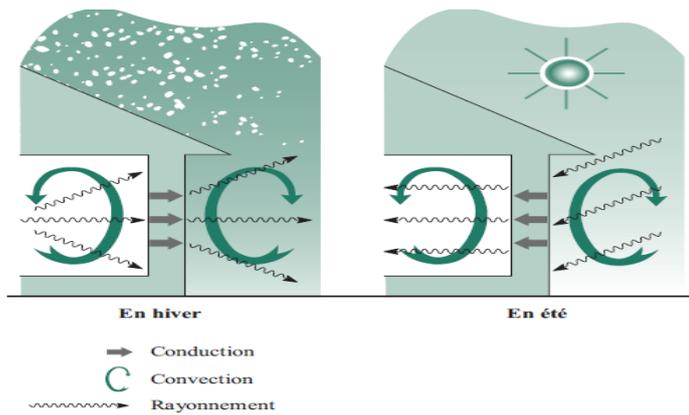


Fig 03: échange de chaleur dans les parois opaques

Source : (Arch-energie , 2018).

3-2 Les parois transparentes :

Les surfaces vitrées ont des propriétés de transmettre totalement le rayonnement visible, ce matériau est caractérisé par une résistance thermique faible, ce qui nous donne des surchauffes en été et des refroidissements en hiver. (Bensaada ,S)

3-3 Fonctions Thermiques Des Parois :

- **Fonctions d'échange des enveloppes :** l'enveloppe échange perpétuellement des flux avec l'environnement extérieur et les ambiances intérieurs. Par conséquent l'enveloppe filtre et transforme les sollicitations.

- **Fonctions de captation :** en plus des fonctions d'échange il y a celles des **captations** du rayonnement solaire. A cet effet on peut concevoir des enveloppes économes en énergie, qui contribuent à créer des ambiances thermiques confortables. Malgré que les effets de captation des parties opaques de l'enveloppe soient mineurs, celles des parties vitrées sont particulièrement importantes Un vitrage classique permet, grâce à l'effet de serre, de récupérer plusieurs centaines de kWh Par an : 10 à 25 % des besoins de chauffage (selon l'orientation et les caractéristiques du Logement) sont apportés par l'énergie solaire pénétrant par les vitrages d'une habitation. Une conception bioclimatique permet d'optimiser cette part d'apports solaires en jouant sur les Orientations, la nature des vitrages et l'inertie thermique. Mais d'autres techniques de chauffage solaire sont possibles comme la serre ou la véranda habitable, accolée ou intégrée à l'habitat ou des murs capteurs disposés en façade sud, La palette des solutions de chauffage solaire est donc étendue et permet de s'adapter à la Plupart des situations architecturales. Stocker l'énergie dans la masse du bâtiment et amortir les variations de température se fond grâce à L'inertie thermique.

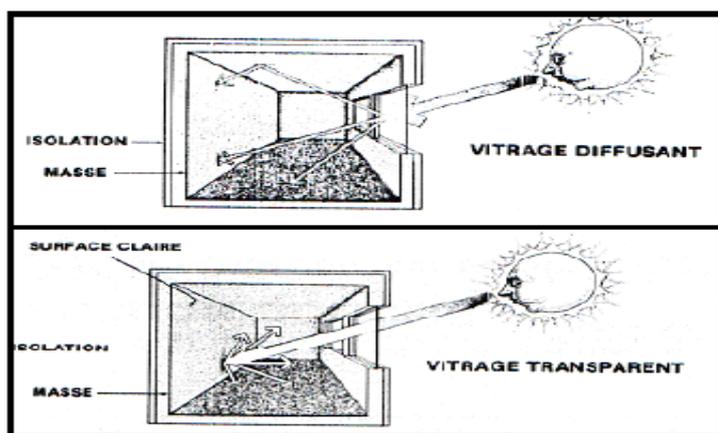


Fig 04: échange de chaleur dans les parois opaques

Source:(Arch-energie , 2018).

4- Ensoleillement :

Le confort thermique est lié à l'accès au soleil à l'intérieur des espaces. Dans l'intérieur, les gains solaires sont utilisés pour assurer le chauffage passif, lorsque la radiation risque de provoquer une surchauffe, il devient nécessaire la protection du soleil et le rafraîchissement. Les grandes portions de bâtiment exposées aux radiations solaires sont des façades ou les murs en pignon, percés ou non de baies, et les toitures ; Les balcons, loggias, brise soleil et autres éléments de la construction. Les radiations solaires à l'intérieur des constructions sont désirables en hiver, mais elle reste indésirable en été. En générale le principe du contrôle solaire est de laisser l'énergie solaire à l'intérieur pendant l'hiver et l'intercepter en été (période chaude).

4-1 Mode de transfert de la chaleur à travers l'enveloppe :

L'enveloppe est naturellement le lieu privilégié des relations entre espaces intérieurs et extérieurs. Au niveau énergétique l'interaction se traduit par l'ensoleillement disponible (course apparente du soleil et effet de masque), la pression du vent et l'humidité de l'air. Le concepteur devra donc, tout au long du processus de conception, gérer simultanément le rôle que joue la façade dans l'image de son bâtiment, et celui qu'elle assure comme élément de contrôle des échanges intérieurs/extérieurs. Cette double fonction condamne le concepteur à manipuler des dispositifs architecturaux adaptés aux conditions climatiques et aux spécificités environnementales, mais participant activement à l'expression architecturale de son projet. L'enveloppe d'un bâtiment est constituée de deux types de parois, les parois opaques et les parois transparentes. « Les murs et vitrages comme organes d'action, pas comme éléments statiques. » (Izard, 1979)

5-Ouvertures et protections : on va voir les ouvertures et différents type de protections :

5-1 Les Ouvertures

Les portes et les fenêtres sont les deux principales ouvertures qui permettent de diminuer l'opacité des murs, elles fonctionnent différemment : la fenêtre permet de regarder à travers facilite l'aération et aussi la pénétration de la lumière, alors que la porte est principalement traversée (Outil solaire , 2012)

5-2-Les protections solaires :

On entend par "protection solaire" tout élément dont le rôle est d'éviter que tout ou seulement une partie du rayonnement solaire ne pénètre à travers une ouverture. Ainsi, La protection solaire des parois vitrées peut se faire à la fois par le vitrage lui même (caractérisé notamment par son facteur solaire, FS) et par les différentes protections, extérieures ou intérieures, fixes ou mobiles, que l'on peut leur associer. La conception d'une protection solaire, efficace est fondamentale pour qu'un bâtiment soit thermiquement et énergétiquement performant, par contre l'architecture moderne, conformément aux principes de la charte d'Athènes, est caractérisée par l'usage largement répandu du vitrage, qui a entraîné, une considérable évolution des rapports entre les ambiances intérieures et le climat extérieur. Les problèmes de surchauffe se sont alors posés avec plus d'acuité, surtout que nous devons prendre en compte d'autres exigences qui varient suivant la nature des locaux, comme celles relatives aux domaines thermiques, visuels et de lumière naturelle.

La protection solaire des baies doit être conçue en fonction de leur orientation et peut être du type fixe ou mobile, extérieur ou intérieur. La combinaison de ces différents types sera recherchée pour une efficacité maximum (Drid , M,2015)

5-3-Les protections extérieures mobiles :

Il s'agit de stores vénitiens (lamelle horizontale), de stores enroulables, de stores de lamelles verticales, etc... Disposés du côté extérieur de la fenêtre. Permettant une protection efficace en été tout en bénéficiant des apports solaires en hiver.



Fig 06 : Protection solaire extérieur mobile,
Source : CRTE, 2010.

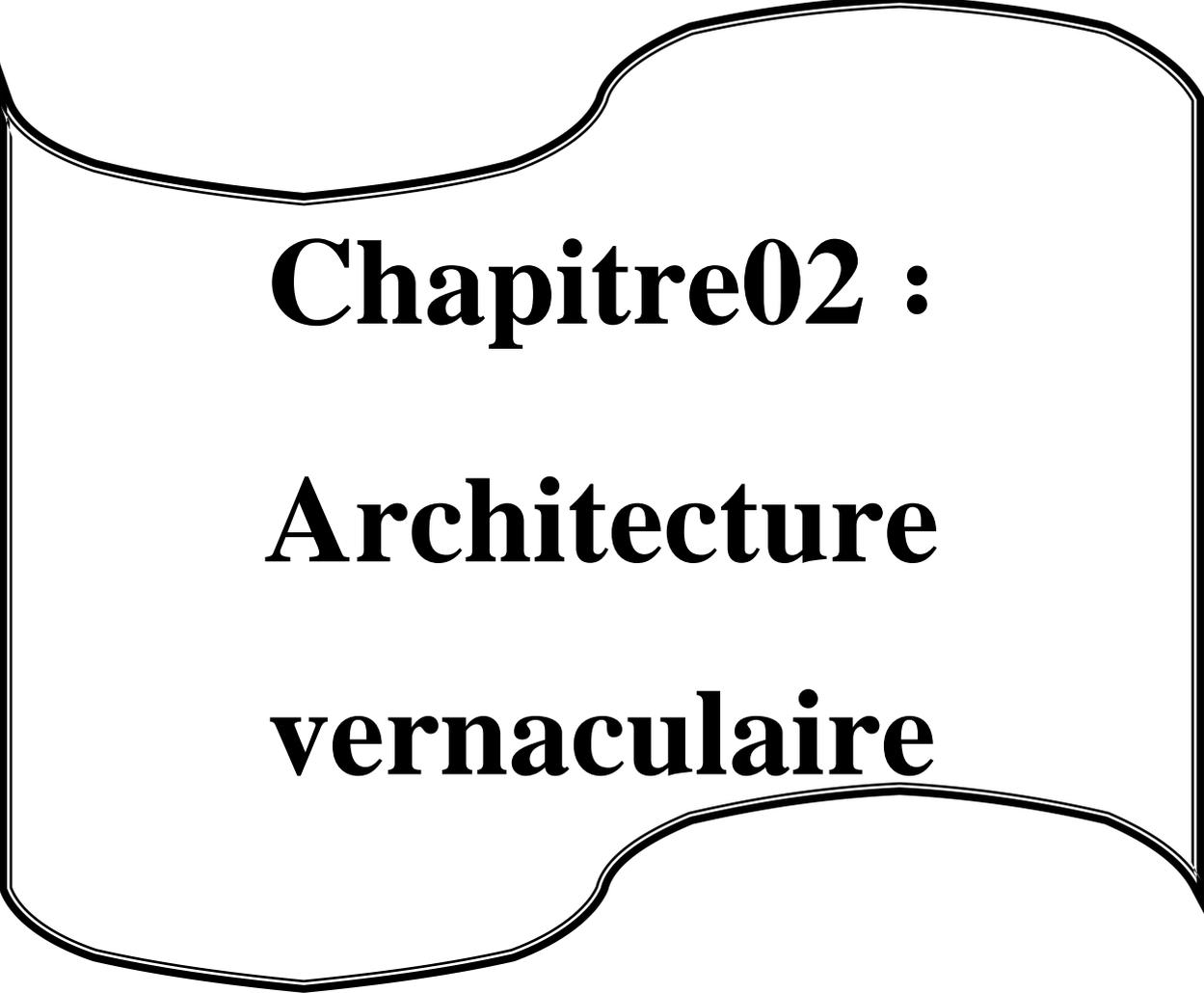
5-4-Les protections intérieures mobiles : Stores extérieurs, claustras, panneaux coulissants..etc. permettent d'éviter le rayonnement direct sur une personne. Bénéficiant des apports solaires en hiver, mais elle ne sont pas très efficaces en été, puisque ce rayonnement solaire se transforme après en chaleur. (Spitz,C,2008).

5-3- Systèmes d'occultation naturelle : Fondée sur des choix judicieux de la forme du bâtiment, de son orientation en fonction des particularités du site (climat, ensoleillement, vents dominants, topographie...etc.), de la disposition des espaces, des matériaux utilisés....., l'architecture bioclimatique est une conception qui vise l'utilisation des éléments favorables du milieu pour la satisfaction du confort et du bien-être de l'homme.

En été comme en hiver, l'architecture bioclimatique a développé des stratégies passives, profitant des aspects favorables de l'environnement, pour créer une ambiance intérieure confortable, deux stratégies résument l'approche bioclimatique du confort thermique.

Conclusion

Ce chapitre permet nous de connaître que l'architecture n'a pas de rêve, le bâtiment n'a pas d'âme. Mais s'il ne respecte pas les contraintes physiques ou s'il ne sait pas interpréter son rêve dans le langage des contraintes physiques, son rêve ne trouvera pas de matérialisation. L'art de bâtir en prenant en compte l'influence des facteurs climatiques, n'est pas une invention du 21^{ème} siècle. L'architecture climatique se distingue de l'architecture conventionnelle par le fait que l'exploitation de l'énergie solaire est intégrée dans la conception du bâtiment, cette conception permet de diminuer considérablement les besoins de chauffage et de climatisation. Cependant pour minimiser ces dépenses énormes en matière de consommation énergétiques, (Chauffage, climatisation), on doit adapter l'habitation aux éléments du climat.et donc on va voir un autre thème « l'architecture vernaculaire ».



Chapitre02 :

Architecture

vernaculaire

Chapitre 2 : Architecture vernaculaire

Introduction

Ce chapitre présente le concept de l'architecture vernaculaire, le thème de notre recherche, et avec l'approche de classification on a focalisé sur l'architecture de terre et l'un de type de ce dernier est le Ksar.

En premier lieu, on va essayer de comprendre l'architecture vernaculaire, de la définir et de l'expliquer par la présentation ces caractéristiques, et ses classifications.

En deuxième lieu, nous allons exposer les différentes approches de définitions de l'architecture de terre et ses avantages et les inconvénients ainsi que, ses techniques

En dernier lieu, pour mieux comprendre l'objet d'étude « Ksour », il est judicieux d'avoir une idée sur les ksour Algériens et connaître principales caractéristiques.

I. Architecture vernaculaire

1- Définition

Avant de définir l'architecture vernaculaire, on va faire un aperçu sur les différentes définitions données par les chercheurs selon plusieurs dimensions :

a) **architecture vernaculaire et spécificité régionale** : Étymologiquement sa définition désigne quelque chose de spécifique à une région donnée, produite sans le recours à des produits ou à des processus sophistiqués (dictionnaire Larousse). Cela va créer une confusion avec l'architecture populaire ou primitive (les deux termes sont relativement semblables pour admettre de les définir ensemble), ce sont les termes les plus proches du vernaculaire.

b) **architecture vernaculaire résultant de l'interaction de l'homme et son environnement** : Architecture vernaculaire est l'une des manifestations les plus concrètes de l'interaction entre l'homme et son environnement physique et environnement social. (FATHI H., 1986). Elle est le résultat d'un individu qui, à l'aide d'une collaboration, construit sa propre maison. De cette collaboration né un échange, qui au fil des générations, se transforme en savoir. Il concerne souvent les ressources en matériaux, le climat, les techniques de mise en œuvre...

c) **Architecture vernaculaire est une réponse de besoins et solution de problème** : Cette architecture est construite pour répondre aux besoins spécifiques, tout en accommodant les valeurs économiques et les modes de vie issus des cultures fondatrices (Olivier, 1997). Et elle est la matérialisation de l'ensemble des astuces de l'homme pour apprivoiser les phénomènes qui caractérisent une région (site, climat... Etc.) C'est ce qu'il a confirmé Mortada 2003 « il la savait comme une solution d'un problème précis dans une région spécifique par une population déterminée et elle est la réponse à une exigence particulière dans un contexte particulier.

d) **L'architecture vernaculaire est un phénomène culturel** : elle valorise le rôle de la culture dans la construction vernaculaire . Cette pensée a été adoptée par Amos Rapoport qui indiquée que la culture est le seul facteur déterminant de la forme et les autres facteurs tel que : le site, le topographie, le climat, la défense Matériaux, constructions et la technologie, l'économie Sont des facteurs modifiants de conception d'habitat (il jeta un regard sur tout les types d'habitation qu'il répartit en ; haute tradition, construit par des professionnels ou non). Pour résumer on peut faire référence à la

Chapitre 2 : Architecture vernaculaire

définition donnée par Rapoport « un phénomène culturel dont la forme et l'organisation est influencée par le milieu » (Rapoport 1972).

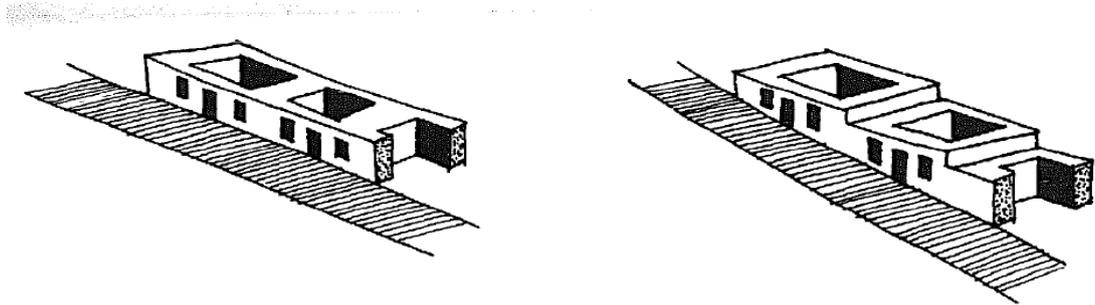


Fig 06: Partie d'une rangée de maisons sur cour (Amérique latine) à gauche: site plat, site collinaire à droite, Source : Rappoport 1969.

Pour conclure, l'architecture vernaculaire est une architecture **local** intégrer le plus simplement possible aux sites et climat, tout en **respectant l'environnement** et la **communauté** alentours, **réponse les besoins** et **résoudre les problèmes**, et détermine par la **culture**, religion et l'**identité** d'une **société** donnée

2-Les caractéristiques de l'architecture vernaculaire :

Après définir l'architecture vernaculaire, nous pensons qu'il devient possible de définir ces caractéristiques, nous avons vu que l'architecture vernaculaire est inscrite dans un territoire, elle appartient à celui-ci. Il y a donc une notion d'identité qui est essentielle. Il nous semble que celle-ci est le résultat d'un processus de conception qui prend en compte l'utilisation des ressources et de la culture locales.

Autrement dire l'utilisation des ressources locales et du savoir culturel sont les deux seules caractéristiques qui permettent de définir le vernaculaire. Ce sont ces deux champs d'action qui donnent une identité à l'architecture d'une population et lui donne son caractère vernaculaire. (pierrick,T,2014)

2-1- Les ressources (matériel, climat, site) :

On a pu voir que les ressources avaient un rôle majeur dans la conception vernaculaire. Cela comprend par exemple la question de la matérialité qui provient du site. Il est aussi question de la façon dont on tire parti du climat et comment on s'en protège : l'orientation. Le site est lui aussi une ressource. La topographie l'hydrographie, la géologie des sols...etc .Ils sont autant d'éléments environnementaux qui influencent la conception

Chapitre 2 : Architecture vernaculaire

d'un bâtiment. Dans la construction vernaculaire il s'agit d'utiliser toutes ces ressources ou de s'y adapter, si elles deviennent contraignantes, sans leur porter préjudice.

2-2- la culture typologie, mise en œuvre, savoir faire.

Le domaine culturel est tout aussi présent dans l'architecture vernaculaire. Il serait lacunaire de penser que tout est régi par les ressources environnementales. C'est le message qui est porté par Amos Rapoport dans son livre « Pour une anthropologie de la maison ». Il nous fait prendre conscience de l'importance des facteurs socioculturels dans les habitations populaires, même si les conditions environnementales ont une place majeure.

Les constructions vernaculaires prennent aussi en compte le ou les modes de vie d'une communauté, les croyances, les traditions, les valeurs... : « l'ensemble des phénomènes matériels et idéologiques qui caractérisent un groupe ethnique » (dictionnaire Larousse, définition culture). Cela se traduit par la typologie des bâtiments, la mise en œuvre des matériaux, ou encore le savoir faire. Certains champs d'action, qui sont propres à l'utilisation des ressources, comme la matérialité ou l'orientation par exemple, ont aussi un rôle culturel, représentatif d'une communauté. L'architecture vernaculaire est empreinte de cette dimension culturelle qui confère une identité propre à chacun.

2-3- L'identité

Dans l'architecture vernaculaire, l'identité serait le résultat de l'exploitation des ressources naturelles et du savoir culturel. En effet, grâce à cette philosophie de construction, l'architecture devient le reflet de sa population car elle met en avant les caractéristiques du territoire mais aussi sa culture. La singularité qui en résulte permet aux gens d'identifier une architecture à un territoire, à une population et de parler ainsi d'architecture vernaculaire.

2-4- Temporalité

En plus des caractéristiques présentées précédemment, la question du temps constitue un enjeu qui nous paraît essentiel à éclaircir. En effet, l'architecture vernaculaire provient d'un héritage culturel issu des générations antérieures. L'architecture vernaculaire n'est en aucun cas l'architecture du passé. Elle est intemporelle car elle évolue en fonction de son époque. Au fil des générations, les moyens de mise en œuvre se perfectionnent ou se

Chapitre 2 : Architecture vernaculaire

perdent, l'utilisation des matériaux évolue, les connaissances se précisent, et surtout le contexte change selon les époques. Il n'y a pas une architecture vernaculaire universelle pour une communauté donnée, mais bien une infinité qui se diversifie en fonction du contexte historique. Les propos du britannique Eric Me, lors du colloque de 1979, mettent en évidence le rapport au temps. Selon lui, l'architecture qualifiée de vernaculaire peut l'être à condition de considérer l'époque à laquelle elle fut édifiée et donc son contexte. En d'autres termes, elle est contemporaine : « elle appartient au temps actuel » (dictionnaire Trésor de la langue française, définition contemporain).

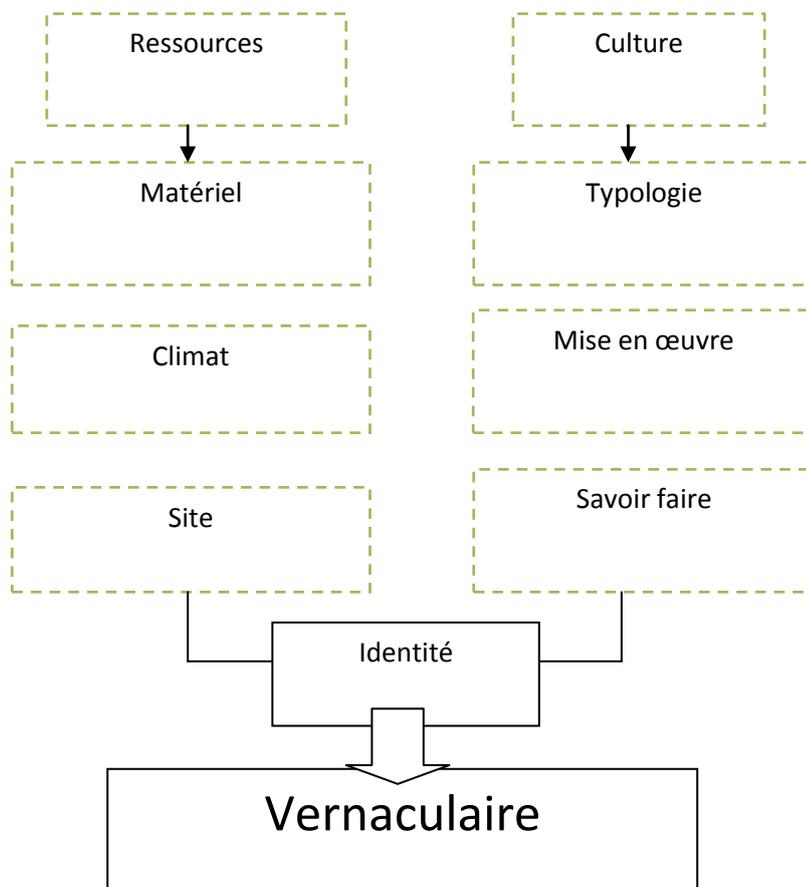


Schéma 01 : les caractéristiques de l'architecture vernaculaire

Source : (pierrick,T,2014).

Chapitre 2 : Architecture vernaculaire

3-Les types de l'architecture vernaculaire :

L'architecture vernaculaire existe dans le monde entier et nous l'avons classée en fonction des matériaux de constructions utilisés.

3-1 architectures soustractives « troglodytes » :

Dans l'étrange relief volcanique de la Cappadoce (Turquie), les habitants ont non pas construit mais sculpté des habitations dans la lave des concrétions volcaniques. Cela suppose une très précise représentation mentale du volume disponible, où terrasses, escaliers, loggias, planchers et jusqu'au mobilier, ont été taillés dans la roche et comme dessiné en négatif. Une architecture soustractive.



Fig 07 : la Cappadoce (Turquie)

Source :tripadvisor.france

Les habitants des hautes vallées du Nûristan (Afghanistan) ont édifié des villages entiers en Terrasses. Ce sont des maisons semi-troglodytes, elles utilisent les creux naturels de la roche pour y ancrer des structures en bois et augmenter la surface habitable tout en réduisant l'importance du porte-à-faux. L'avantage de cette technique est une résistance exceptionnelle aux fréquents séismes, tout en présentant au soleil le plus de surface possible grâce à un étage des façade

3-2 Architecture de glace « igloo » :

L'igloo des esquimaux de l'Arctique est construit d'une spirale continue de blocs de neige compactée dont le rayon et la taille diminuent progressivement vers le haut, formant ainsi un voûte naturelle. Les blocs sont découpés avec une scie en ivoire fabriquée dans une corne de morse. Pour l'entrée, un petit tunnel, en blocs de neige lui aussi, est accolé un peu plus bas que le sol de l'habitation, ce qui permet de piéger l'air chaud (plus léger) à l'intérieur (survie et survivalisme, 2017)

Chapitre 2 : Architecture vernaculaire

La glace s'avère être un matériau isolant, restant à zéro degré quand l'air est à -40°C.



Fig 08 : igloo

Source : les maisons de monde,2013

3-3-Architecture végétale :

Typiques des climats tropicaux ou équatoriaux humides, les maisons végétales se ressemblent d'un bout de la planète à l'autre, en Asie, Afrique et Amérique du sud. Des structures en poteaux de bois sont solidement enfoncées dans le sol selon un plan qui traduit une préférence culturelle Pour telle ou telle forme (carré, cercle, rectangle...).

Sur cette armature sont étendus des toits à forte pente, faits d'un treillis tressé avec les végétaux disponibles, assemblés à l'aide de lanières également végétales, tandis que les murs, en général non porteurs, seront de branches, de paille, de feuilles plus ou moins mélangés à de la terre.

Le choix des matériaux montre une connaissance approfondie de leur résistance aux différents risques de vieillissement (insectes, champignons, humidité...) : c'est une utilisation optimale des ressources disponibles avec un environnement donné dans lequel on ne saurait faire mieux. Ce sont le plus souvent des habitats groupés et l'organisation spatiale des agglomérations est toujours représentative des relations sociales qui ont cours.

En Colombie, les Tucanos se maison est décoré selon sa croyance (le mythe de l'anaconda) , le dieu-serpent considéré comme l'ancêtre de tous les Tucanos. Les espaces intérieurs sont divisés en parties femelles et mâles, suivant l'activité qu'on y exerce

Chapitre 2 : Architecture vernaculaire



Fig 09 : les maisons de Tucanos

Source : Peuples amerindiens , 2019.

Au sud-ouest du Kenya, la case ronde des Kipsigis, allie une grande élégance à une apparente simplicité. Aujourd'hui, ils continuent à la construire telle qu'elle était déjà il y a des centaines d'années, signe qu'elle a atteint la perfection. Un cercle de poteaux fourchus est planté en terre, on y fixe les chevrons portant l'épaisse toiture de hautes herbes de la savane. Huit cents pièces de bois sont utilisées pour une grande habitation. Le mur extérieur circulaire, en retrait, est fait d'un mélange de terre et de paille richement décoré. Les Kipsigis ont une centaine de mots pour désigner les différents éléments de leur maison : Gain de temps lors de la construction, précision et transmission du savoir sont ainsi assurés.

À Sumatra, Indonésie, les Batak ont inventé une maison collective sur pilotis, au toit à très forte pente, couvert de feuilles de cocotier et s'avancant en cornes à ses deux extrémités. La charpente s'orne de toutes sortes de personnages sculptés qui ont pour fonction de repousser les mauvais esprits.

Les deux principales techniques utilisées sont d'une part l'usage de rondins entiers, couchés, empilés et assemblés en carré grâce à des entailles à mi-bois, la plus typique étant l'isba russe , d'autre part le système du colombage, où des bois plus durs, chêne principalement, sont assemblés par un jeu de tenons et de mortaises et constituent la structure porteuse qui est ensuite garnie (bardée) avec d'autres matériaux (brique, pierre, terre ou encore du bois débité en planches). Ce type à structure bois est plus fréquent dans les pays germaniques, avec sa variante montagnarde, le chalet, et dans les pays scandinaves. Il s'est étendu à l'Amérique du nord avec les immigrants originaires de ces pays, comme ici, au Canada. Le bois permet aussi tout un travail de décoration peinte ou sculptée appliqué à tous les éléments de la maison comme dans local à ce type de construction. Les isbas Russie (douce cahute 2019).

Chapitre 2 : Architecture vernaculaire



Fig 10: Les isbas Russie

Source : (douce cahute 2019)

En Chine et au Japon, la maison à structure et bardage bois a surtout été utilisée pour sa capacité à être facilement modifiée. La vie sociale s'organise autour de grandes familles où les générations successives restent dans la maison ancestrale que l'on est amené à agrandir sans cesse, ajoutant, prolongeant, surélevant. Le bois permet ces ajouts plus facilement que n'importe quel autre matériau, comme en témoignent les villages miao de la province du Guizhou, en Chine du sud



Fig 11 : le village miao en Chine du sud

Source : chine roads 2019.

Chapitre 2 : Architecture vernaculaire

3-4- Architecture mobile :

Nomade dès l'origine, l'espèce humaine s'est ensuite sédentarisée dans sa presque totalité. Cet oubli du nomadisme est par bien des aspects une perte. Les guerres, les nationalismes et la domination d'une économie quantitative ont rendu l'existence des derniers peuples nomades extrêmement difficile. Les nomades ne sont ni des errants ni des vacanciers, leurs déplacements obéissent à des raisons précises et vitales : le cycle annuel de la végétation pour les éleveurs de bétail ou les cueilleurs de denrées saisonnières. Pour d'autres, comme les Tziganes d'Europe centrale, l'activité économique marginale (petites réparations ménagères, collecte et recyclage de matériaux) n'est possible que dans un large espace géographique

La tente des nomades Touaregs est un ensemble assez léger pour être transporté à dos d'âne ou de chameau. Les campements sont précaires et la mobilité d'une tribu est essentielle : il s'agit de trouver les rares ressources végétales, vite épuisées, qui permettent au bétail de se nourrir. Des bandes de tissu en poil de chèvre brut sont tissées puis cousues pour former une toile étanche. Elles sont tendues sur une structure en bois, le tout rigidifié à l'aide de cordes faites de poil et de palmes fixées au sol par des piquets. La célèbre roulotte des différentes familles de Romanichels serait pour nous Européens le symbole de l'habitat nomade d'où dérivent nos caravanes et camping-cars. Elle survit encore dans quelques régions des Balkans, mais a disparu partout ailleurs : les infrastructures routières modernes n'aiment pas le cheval, ni nos sociétés les nomades, toujours soupçonnés de quelque rapine. Les roulettes étaient de très coquettes maisons très bien aménagées pour le couchage et... la prière : on y trouvait toujours un petit autel dévolu à sainte Marie. Pour le reste, les repas et la cuisine se faisaient dehors ou sous un auvent déployé par temps de pluie.



Fig 12 : le roulotte avec cheval

Source : les roulettes de Sud Vendée, 2019

Chapitre 2 : Architecture vernaculaire

3-5-Architecture en pierre

La construction en pierre est employée depuis très longtemps. En architecture la construction en pierre naturelle, appelée autrefois pierre à bâtir, est un matériau de construction constitué de roche d'où elle est extraite. Elle nous renseigne sur des civilisations éteintes, et cela dans le monde entier. Tel que l'époque romaine et grec, la pierre est utilisée à des fins somptueuses dans cette période de l'histoire. Le marbre est sans conteste la pierre la plus en demande à cette époque, apprécié pour son fini lustré ainsi que sa rareté relative. Les temples, qui étaient au tout début construits en matériaux d'argile et de bois, passent vite à l'utilisation du marbre et du calcaire. Lorsque la civilisation romaine commença à prendre le dessus, elle continua de vénérer ce type de matériaux et développa de grandes méthodes de prospection de minéraux. On dit que les pierres naturelles utilisées par les romains sont très rarement de mauvaise qualité pour cette raison. Et On a un exemple vivant : la Muraille de Tébessa.



Fig 13 : la Muraille de Tébessa

Source : direction de la culture, tébessa, 2013

Le dernier type est l'architecture de terre, on va voir ce type dans la dimension prochaine

II. ARCHITECTURE DE TERRE

1-les définitions de concept a étudié :

1-1 la terre

La terre est matière constituant la couche superficielle du globe où croissent les végétaux. (Dictionnaire Larousse), C'est composant essentiel du milieu naturel, issu d'une roche mère par des processus très lents de dégradation et par des mécanismes très complexes de migration des particules. Fontaine et Ange (2009) l'on définit comme un mélange unique de plusieurs catégories des grains qui confèrent une grande une grande diversité d'aspects , des couleurs , de textures autant d'atouts pour s'adapter aux multiples techniques de construction , la terre fait donc partie de la grande famille des matériaux granulaires , au même titre que son proche cousin le béton : c'est en effet un béton d'argile !



Fig 14 : la terre

Source : pintrest,2019

Et quand on parle de construction en terre, il faut préciser quel matériau on évoque : le cru ou le cuit, les deux matériaux différents, non pas leur origine mais par leur composition, leur nature et leur processus de transformation. La terre crue « béton maigre » à être utilisé pour la construction (architecture de terre, ou l'avenir d'une tradition millénaire, Dethier , 1986)



Fig 15 : terre cuite

Source : pintrest,2019

Chapitre 2 : Architecture vernaculaire

1-2 la terre crue

Terre crue, banco ou adobe sont les termes utilisés pour désigner la terre, utilisée avec le moins de transformations possible en tant que matériau de construction. Il est un matériau minéral granulaire, composé de matière solide, liquide et gazeuse. La fraction solide est constituée de grains: cailloux (taille exprimée en centimètres), de graviers (de 20 mm à 5 mm), de sables (5 mm à 0,06 mm), de silts (0,06 mm à 2 μ m), d'argiles, qui sont des plaquettes plutôt que des grains (taille inférieure à 2 μ m) et d'oxydes métalliques qui ont des propriétés colorantes (taille également inférieure à 2 μ m) .(dictionnaire sensagent.leparisien) .Il faut noter que la terre crue est utilisée depuis onze millénaires et reste aujourd'hui le matériau de construction le plus répandu à travers le monde

1-3 construction de terre

La construction en terre désigne les techniques et réalisations des constructions en terre . Cela sera développé par la suite ,



Fig 16: Mosquée de Djenné (Mali).

Source : CRATerre, 2010,

1-4architecture de terre

L'expression désigne l'ensemble des édifices maçonnés en terre crue , tout en excluant l'architecture en terre cuite (briques , tuiles ...) . Depuis près de dix mille ans , les hommes bâtissaient des villes entières en terre crue qui demeurent un des principaux matériaux utilisés . C'est ainsi que plus d'un tiers des habitants de notre planète vit dans un habitat en terre , soit plus de deux milliard de personnes dans 150 pays . (Abbdou, D,2014)



Fig 17 :Zones de répartition des architectures de terre inscrites sur la liste du patrimoine mondial de l'UNESCO. **Source :** FONTAINE L, ANGER R, 2009.

Chapitre 2 : Architecture vernaculaire

2- Architecture de terre

2-1 Aperçu historique

La terre est l'un des premiers matériaux utilisés par l'Homme dans le domaine de la construction qui est existé depuis l'antiquité. Depuis, les civilisations les plus brillantes ont construit avec ce matériau. En effet les Perses, les Assyriens, les Egyptiens et les Babyloniens l'ont utilisé avec abondance.

Cette technique s'est ensuite perpétuellement transmise à travers les siècles jusqu'à nos jours. (C. Delbecque – 21 octobre 2011).

- 11 000 ans: Premières traces de la construction en terre en Amérique du sud.
- 10 000 ans: En Syrie construction en terre par empilement de pains de terre façonnés à la main.
- 8 500 ans: Apparition de la brique de terre en Turquie.
- 8 000 ans: Apparition de l'utilisation de la terre dans l'habitat en Europe occidentale – recouvrement de clayonnage.
- 5 000 ans: Apparition des premières villes d'architecture de terre crue en Mésopotamie .
- Aujourd'hui dans le monde:2 milliards de personnes vivent dans un habitat en terre crue ,dans 150 pays différents

2-2 les avantages de l'architecture de terre :

2-2-1 la durabilité de l'architecture de terre :

La construction en terre a prouvé sa durabilité et sa bonne intégration dans le paysage. De son extraction et sa mise en œuvre, ce matériau ne subit aucune transformation polluante. En cas de destruction, il peut être réutilisé pour ériger d'autres murs. Il est recyclable à l'infini,

Chapitre 2 : Architecture vernaculaire

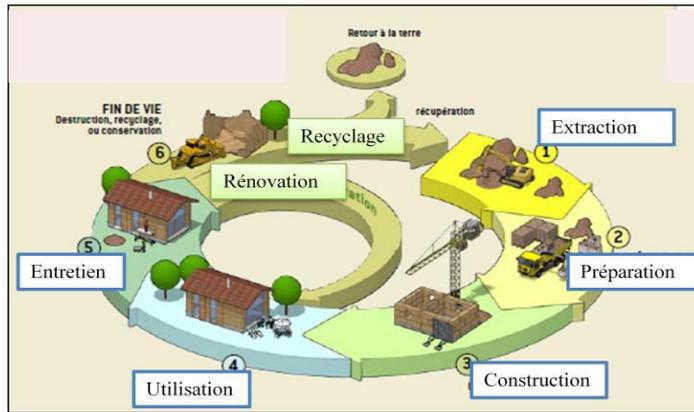


Fig 18 : Le cycle écologique vertueux des architectures de terre : de la terre à la terre.

Source : cycle de terre , 2019.

- **A- L'avantage socio-économique**

L'avantage économique constitue probablement l'aspect le plus démonstratif des intérêts que représente la revalorisation de l'architecture de terre. Les faibles coûts des réalisations en terre peuvent agir comme un levier social pour améliorer considérablement les conditions de vie des gens. (GHAF FOUR W ,2014)

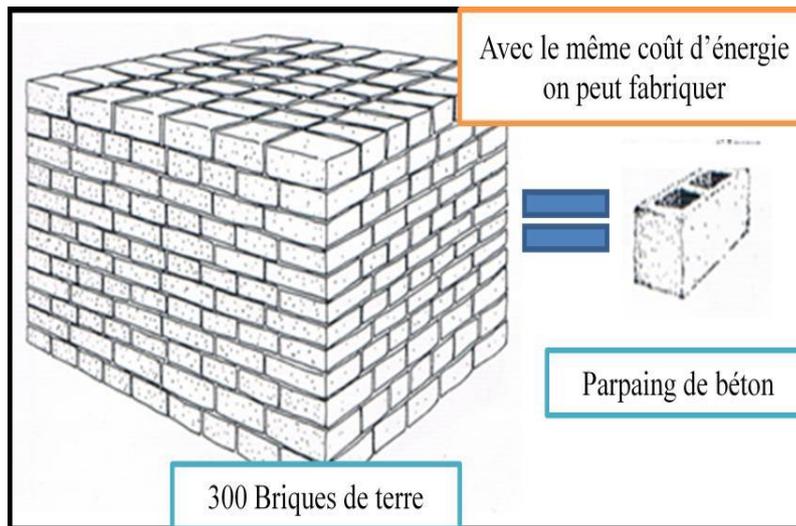


Fig 19 : Comparaison des coûts énergétiques de la brique de terre et du parpaing en béton.

Source : BARDOU P, ARZOUMANIAN V, 1978.

- **B- L'avantage écologique et environnemental :**

Dans le monde, le souci environnemental constitue un nouveau défi à l'architecture qui doit désormais s'insérer dans le concept de développement durable en pensant aux solutions moins nuisibles à l'environnement et qui ne compromettent pas l'avenir des générations futures. L'architecture de terre se propose comme l'une des solutions les plus prometteuses du fait qu'elle ne génère pas d'émission de carbone lors de sa production. De plus, le matériau est biodégradable, recyclable, elle ne génère pas ou très peu de déchets de chantier.

- Elle exige peu d'énergie fossile pour sa préparation, sa mise en forme et sa mise en œuvre, ce qui est un avantage certain par rapport au béton armé et à la brique cuite. Enfin,

Chapitre 2 : Architecture vernaculaire

les possibilités d'associations complémentaires avec d'autres matériaux eux aussi naturels et peu gourmands en énergie constituent un atout supplémentaire pour la terre : fibres végétales, bois, pierre, galet, etc.

- Les pays industrialisés sont de plus en plus sollicités pour diminuer les émissions de gaz carboniques donc la revalorisation de l'architecture de terre représente l'une des alternatives proposées par les chercheurs pour réduire ces taux.

La qualité d'isolation de la terre utilisée dans la construction permet d'économiser de l'énergie. En effet, les expériences menées en Allemagne montrent que le procédé de la terre couvrante connu tout autant sous les climats chauds que les climats froids, permet d'atteindre des gains en énergie allant de 50% à 90% pour une couche d'argile expansée couverte de 40 cm de terre gazonnée comparé à l'isolation classique de toitures (GHAFFOUR W ,2014).

C - L'avantage de l'impact de l'architecture de terre sur la santé et le bien-être

L'ensemble de ces qualités et propriétés physiques apporte aux bâtiments utilisant de la terre crue une ambiance particulièrement saine en terme de qualité de l'air, d'humidité et de température, mais aussi en terme d'acoustique.

2-2-2 Force et solidité des architectures de terre :

L'analyse sereine du patrimoine ancien existant à travers le monde prouve sa durabilité. Les vastes enceintes urbaines défensives construites dès le XIIe siècle autour de multiples villes d'Afrique (Marrakech, Tataouine, Ghardaïa...), d'Europe méridionale ou du Moyen-Orient attestent de la force et de la solidité que peuvent témoigner les constructions en terre soigneusement édifiées.

2-2-3 Diversité des formes des architectures de terre :

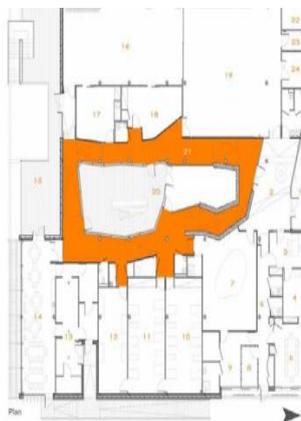
Avec la terre crue, les bâtisseurs ont réussi, à édifier des architectures d'une extraordinaire diversité de formes, à élaborer une étonnante diversité de langages architecturaux où s'expriment avec éloquence les originalités culturelles des usagers. Elles s'adaptent en de multiples et subtiles variations, aux conditions particulières du milieu social et économique, géographique et climatique

Chapitre 2 : Architecture vernaculaire



Localisation : Dehlingen, Bas-Rhin, Alsace
Maîtrise d'ouvrage : Communauté de communes
Maîtrise d'œuvre : Nunc architectes
Entreprise « terre » : ScopCaracol
Bureau de contrôle : Atex du CSTB
Surface : 800 m²
Réalisation : 2012-2013

Fig 20 : construction en terre, Source : Festival architecture de terre matières à construire, 2013



Kiethon, espace d'accueil de jour pour personnes autistes près de Rennes

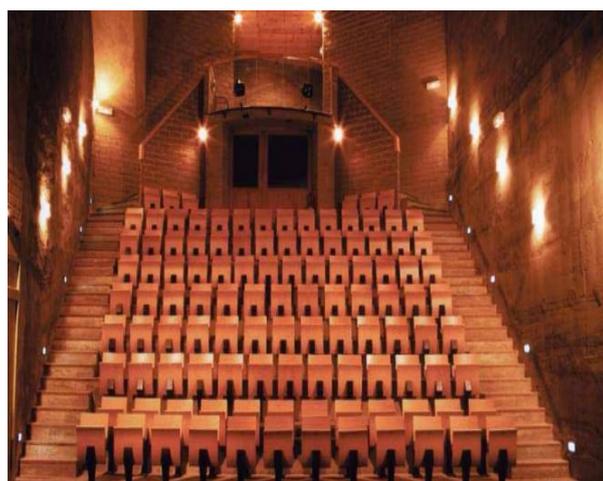
Localisation : Médréac, Ille-et-Vilaine, Bretagne

Maîtrise d'ouvrage : Association « Espace Kiethon »

Maîtrise d'œuvre : ASA Gimbert, architecte ; Léna Riaux, architecte d'intérieur

Entreprise « terre » : ART-Mur

Fig 21 : construction en terre, Source : Festival architecture de terre matières à construire, 2013



auditorium de musique vocale au cœur du village corse de pigna

Localisation : Pigna, Corse

Maîtrise d'ouvrage : Commune de Pigna

Maîtrise d'œuvre : François Casalonga (CFL architecture)

Entreprise « terre » : Carlet

Bureau de contrôle : Apave

Surface : 370 m²

Fig 22 : construction en terre, Source : Festival architecture de terre matières à construire, 2013

2-2-4 Hauteur des bâtiments en terre :

Des recherches archéologiques récentes permettent de croire que la célèbre « Tour de Babel » fut bien édifée avec ce matériau au coeur de Babylone au VII^e siècle avant notre ère³⁰. La hauteur se manifeste à travers les minarets des mosquées. Un autre exemple est la ville de Shibam, ville toute en terre, appelée Manhattan du désert, avec des maisons élevées et édifées sur 30 mètres de hauteur.



Fig 23 : Maison urbaine, ville de Shibām, Yémen
Source : Hadramaout, 1999

2-2-5 Une mise en œuvre simple :

L'ensemble des techniques de constructions en terre crue sont issues de savoir-faire ancestraux adaptés aux moyens et aux exigences actuelles. Ce sont des techniques relativement simples d'appropriation pour les professionnels du bâtiment non spécialisés qui souhaitent se former mais également pour les particuliers intéressés offrant ainsi la possibilité de réaliser des chantiers en auto-construction assistée ou en auto-finition. D'autre part, ne nécessitant aucun produit chimique ou corrosif, la mise en œuvre de la terre crue ne représente aucun risque sanitaire pour la main d'œuvre. La grande diversité de techniques offre aujourd'hui la possibilité de réaliser des chantiers aussi bien humides que secs, et même d'avoir recours à la préfabrication pour des raisons de délais et d'optimisation de chantier.

2-3 Les inconvénients de l'architecture de terre :

- Bien qu'étant un matériau très intéressant, la terre crue présente quelques inconvénients. Son principal point faible est la durée de mise en œuvre des techniques constructives. En effet, construire en terre crue implique de prendre le temps, de laisser à la nature le temps d'agir. À l'heure où la construction express en béton coulé est reine, ce « défaut » pèse à la terre crue. Pour pallier à ces délais de mise en œuvre, des techniques de préfabrication sont en développement.
- Deuxième inconvénient, majeur également : l'absence de règles professionnelles relatives à ces techniques constructives. Sans ces règles, les assurances ne couvrent pas les

Chapitre 2 : Architecture vernaculaire

constructions à base de terre crue. Des associations comme l' a terre travaillent aujourd'hui à la réalisation de règles professionnelles.

- Enfin, la terre crue demande un savoir-faire particulier que ce soit dans sa mise en œuvre que dans le choix d'utilisation des techniques. La terre ne se prête pas à tous les usages, et comme pour tout matériau, son utilisation doit être réfléchie et adaptée à l'usage qui sera fait du bâtiment.

2-4 l'architecture de terre et le Confort thermique

2-4-1Caractéristiques physiques de la terre crue :

- **masse volumique** : la masse volumique est liée à la quantité de matière gazeuse présente dans la terre. Elle s'étale de 1200kg/m^3 à 1600kg/m^3 pour de la terre foisonnée (dans un tas de terre par exemple). Cette valeur augmente suite à une mise en œuvre par compactation (pisé par exemple). On obtient alors idéalement une masse volumique de 2000kg/m^3 .
- Les mélanges amendés en paille sont plus légers : en terre-paille, la masse volumique est de 300 à 1300kg/m^3 .
- **résistance mécanique** : la terre crue est un matériau s'apparentant aux bétons. Du point de vue mécanique, elle fonctionne comme ces derniers, uniquement en compression (les valeurs de résistance à la traction, à la flexion et au cisaillement sont très faibles). La terre mise en œuvre de manière monolithique (pisé, bauge) a généralement une résistance à la compression d'environ 20kg/cm^2 (2MPa). Les éléments de maçonnerie (adobes) ont des résistances à la compression pouvant aller de 20 à 50kg/cm^2 (2 à 5MPa). L'adjonction d'éléments fibreux (paille par exemple) permet de conférer au mélange une certaine résistance en traction, flexion et cisaillement, mais qui restent tout de même négligeables.
- **Aspects thermiques** : contrairement aux idées reçues, la terre n'est pas un matériau isolant. En revanche, elle possède une excellente inertie thermique. Ceci se traduit par une régulation des différences de températures intérieures (pour l'été : plus frais le jour car le mur se rafraîchit la nuit, rendant cette fraîcheur le jour). Voici quelques valeurs, pour une terre à 1500kg/m^3 :
 - **Conductivité** (en $\text{W/m}\cdot^\circ\text{C}$) = 0,75
 - **Chaleur spécifique** (en $\text{J/kg}\cdot^\circ\text{C}$) = 900
 - **Capacité thermique** (en $\text{kJ/m}^3\cdot^\circ\text{C}$) = 1350
 - **Effusivité thermique** (en $\text{J}/(\text{racine carrée de la capacité thermique})\cdot\text{m}^2\cdot^\circ\text{C}$) = 1,00

Chapitre 2 : Architecture vernaculaire

Soit pour du pisé à 2000kg/m³, une capacité thermique de 1800kJ/m³. °C

2-4-2 Confort thermique et la consommation énergétique :

Dans les maisons édifiées en terre règne souvent une singulière harmonie; elle est d  e à la fois au même matériau et à la qualité des espaces et des rythmes architecturaux. Mais le confort des architectures de terre n'est pas seulement spirituel; il est aussi thermique! Il y fait frais en été et chaud en hiver. Par leur nature, les murs épais en terre protègent des excès climatiques extérieurs et participent à une régulation thermique naturelle qui, traditionnellement, assure des économies d'énergie appréciable La terre est un matériau qui restitue la chaleur de manière différée : s'il fait chaud dehors, la chaleur sera restituée douze heures plus tard ; au contraire, la fraicheur reste en journée , détaille. La terre régule aussi l'humidité à l'intérieur d'un bâtiment.

2-5 constructions de terre :

2-5-1 les techniques :

Les modes de construction en terre sont très variés. La terre peut être moulée, model  e, compactée, compressée. Pour chaque cas, il existe plusieurs technologies, de la plus naturelle et artisanale à la plus industrialisée.

Cette diversité est due à la fois de types de terres rencontrées et aux matériels disponibles et/ou développés localement. Elle a ainsi entraîné une architecture très variée de par le monde. On peut présenter les principaux modes d'utilisation de la terre en les classant en fonction de l'état d'humidité de la terre au moment de son utilisation, et en fonction du mode de mise en œuvre du matériau.

A noter : il n'y a pas de « bonne terre ». Il y a juste de bons maçons qui savent utiliser la terre disponible.

A- La terre, utilisée à l'état plastique, sous forme de boue :

- Adobe :

L'adobe est une brique de terre crue façonnée à la main ou moulée, puis séchée pendant quelques jours à l'air libre ou sur des aires couvertes. Argiles, limons et sables sont mélangés à de l'eau pour atteindre l'état plastique, et parfois à des fibres pour réduire les fissures lors du séchage. Pour des chantiers de taille modeste, fabriquer les briques dans de petites unités de production est rapide et économique, avec des conditions variables selon les pays (industrialisés ou en développement). L'édification de voûtes et coupoles dans la continuité des murs en adobe permet de couvrir les bâtiments sans recourir à des matériels rares et chers.



Fig 24: Adobe **Source :** (dictionnaire sensagent le parisien)

- **Bauge (Vendée), banco (Afrique), cob (Irlande), zabour (Yémen) :**

La terre est semblable à celle des adobes et préparée de la même manière. Le mode de fabrication est artisanal: il consiste à modeler manuellement des murs à l'avancement, en formant des boudins d'environ 60 cm de hauteur et d'épaisseur à partir de boules de terre. Le matériau utilisé est très argileux, et peut être additionné de fibres végétales ou de paille. Les murs ainsi réalisés sont porteurs, en général.



Fig 25 : le Bauge

Source : (dictionnaire sensagent le parisien)

- **Torchis (Normandie), tchicka (Ethiopie) :**

Mortier constitué de terre grasse et argileuse corroyé avec de la paille haché ou du foin coupé employé dans la construction d'un mur ou pour le hourdis d'une maison colombage sur les tasseaux

B- La terre, utilisée à l'état légèrement humide:

- **Pisé :**

Pisé (France, Maroc), rammedearth (USA, Grande-Bretagne) : Ce procédé utilise un matériau sableux ou graveleux (diamètre maxi des grains de 10 à 60 mm), préparé à l'état peu humide (teneur en eau de l'ordre de 10 à 15%).

La méthode artisanale traditionnelle de mise en oeuvre consiste à compacter manuellement la terre entre deux banches de bois (coffrages de 60 cm de hauteur, 40 à 60 cm de largeur, et 3 à 5 m de longueur), à l'aide de dames ou pisoirs. Les murs en pisé sont constitués de bandes horizontales correspondant aux branches, leur donnant une allure assez massive. La mise en oeuvre du pisé s'est modernisée en utilisant des dames adaptées sur un marteau piqueur et des branches modulables métalliques. Le pisé est utilisé comme matériau porteur. C'est la méthode traditionnelle utilisée dans certaines régions du Sud-est de la France jusqu'au début du siècle, et encore utilisée de nos jours au Maroc.

- **Briques de terre compactée (France), BTS (Algérie), compacted earth blocks :**

Les blocs de terre comprimée non cuits sont des blocs de construction uniformes, comprimés à partir de terre argileuse et susceptibles d'être utilisés pour les murs porteurs et non porteurs, les murs accumulateurs de chaleur, les murs chauffants . Une construction de terre entoure l'utilisateur comme une troisième peau et génère une ambiance chaleureuse et reposante.

III. Les formes de l'architecture de terre en Algérie

L'Algérie est un vaste pays, jouit d'un grand parc d'architecture vernaculaire de typologies diversifiées relatives aux disparités contextuelles, comme le décrit B. Pagond²⁶. Cet habitat produit par un groupe social ou culturel pour lui-même sert de cadre de vie quotidienne, ou s'y inscrivent les besoins et les désirs du groupe. Quand l'œuvre est le produit de l'utilisateur qui s'intègre à son contexte et son environnement par sa couleur, sa texture et ses matériaux de construction, cela reflète la relation entre homme et nature et explique cette harmonie. Les disparités dans le territoire algérien et les variétés de cultures régionales, engendrent diverses typologies et sous typologies. Relativement à cela, nous proposons une typologie qui coïncide avec trois contextes géographiques distincts :

- architecture vernaculaire de terre du nord à caractère turque représenté dans le modèle des médinas, comme celle de Constantine, de Tlemcen et de la casbah d'Alger, caractérisée par sa compacité et son architecture intérieure très riche.
- architecture vernaculaire de terre des hauts plateaux et des chaînes montagneuses des Aurès et de la grande Kabylie sous ses deux formes : éparses ou en hameau à caractère rural, et sous une forme compacte perchée.
- architecture vernaculaire de terre des zones arides et semi arides, considéré par sa richesse en éléments bioclimatiques, se distingue aussi par une variété typologique : la vallée du M'Zab qui était objet d'intérêt et d'étude de certains chercheurs comme André Ravéreau et le Corbusier. L'habitat du Souf, d'une morphologie spécifique, reconnu par ses coupes, ses voûtes et ses matériaux de construction. L'habitat des Oasis qui se distingue par son intégration à l'intérieur de la palmeraie comme l'exemple de Biskra. La dernière typologie particulière du sud-ouest est celle des ksour de Béni Abbés, Bechar, ...etc. Cette architecture aussi variée de par sa morphologie générale d'une région à une autre en fonction de son climat, sa nature topographique et ses matériaux locaux disponibles et les techniques appropriées, possède des caractéristiques communes est elle que l'échelle de référence, ²⁷ la compacité du tissu, l'introversion des unités d'habitations et la forme des ruelles et des impasses.

Chapitre 2 : Architecture vernaculaire

1-Définition de médina :

La médina est l'un des modèles de la ville islamique traditionnelle, « la médina c'est la partie musulmane d'une ville (opposé à ville européenne) en Afrique du Nord » (Le Grand Robert). Par contre le Dicos Encarta 2010 définit la médina comme suit : « la médina c'est la partie ancienne d'une ville arabe ». Néanmoins, la médina se définit comme un cadre et une structure sociale. Le cadre urbain est marqué d'une empreinte religieuse structurante symbolisé, pour le visiteur ordinaire, par le paysage visuel et sonore des mosquées, l'enjeu économique est très présent pour les habitants de la médina puisque cet espace reste un lieu de travail par excellence,

1-1Les modèles de la médina:

A- Les ksour :

Le Ksar, par l'enchevêtrement de ses maisons, est une entité urbaine qui exprime une volonté de communication et de solidarité avec l'ensemble des membres de la communauté. Le Ksar se présente toujours comme une place forte de style défensif. Il est généralement situé sur un site imprenable, assurant le maximum de sécurité, entouré de remparts bastionnés et possédant ses propres magasins de réserves alimentaires et des puits collectifs protégés et ne disposant dans la plupart des cas, que d'une seule entrée fortifiée et coudée. Il reflète l'insécurité dans laquelle vivaient les populations oasiennes avant la mise en place d'un pouvoir central fort , Le ksar se caractérise par sa forme urbaine traditionnelle compacte, de couleur terre horizontale, directement en relation avec un espace vert, la palmeraie, son installation dépend directement de la disponibilité des ressources en eau, condition qui assure la culture du palmier et la création de vastes jardins, celles-ci fonctionnent tels des microclimats, indispensables à l'installation humaine car, le couple (ksar , palmeraie) se présente tel un système qui permet à la population d'occuper le territoire (Amina ZINE , 1994).Le ksar est aussi l'héritage prestigieux de la civilisation oasienne. C'est l'œuvre collective d'une société harmonieusement adaptée à son milieu. Il doit son existence à la cohérence économique, sociale et culturelle de la société oasienne

B- Les casbahs:

D'après le grand Robert: La casbah c'est une citadelle d'un souverain, dans les pays arabes. Par extension, Partie haute et fortifiée d'une ville arabe. Ancien quartier musulman dans une ville d'Afrique du nord. Par extension, le mot désigne également le cœur historique (fortifié ou non) d'une ville d'Afrique du nord.

Chapitre 2 : Architecture vernaculaire

Casbah signifie une maison, et parfois péjorativement une baraque. Le terme casbah (alkasaba en arabe) désigna à l'origine, dans l'occident musulman, le coeur d'un pays ou d'une ville. Il survit jusqu'à nos jours en Espagne sous la forme "Alcazaba" et au Portugal sous celle "d'Alcaçova", et rentre dans la composition d'un grand nombre de toponymes. Le mot a été francisé depuis près d'un siècle et demi, sous la forme casbah généralement acceptée par les dictionnaires, très tôt il est utilisé pour un « château fortifié », résidence d'un pouvoir au centre d'une région ou d'une cité.

La fonction première de la casbah est militaire, sa position est excentrique. Lorsque le relief le permet, la casbah est généralement située au point culminant de la cité. Son action vise la défense de la médina contre les agressions extérieures mais aussi la protection du souverain contre un soulèvement populaire. (bouladah,2009)

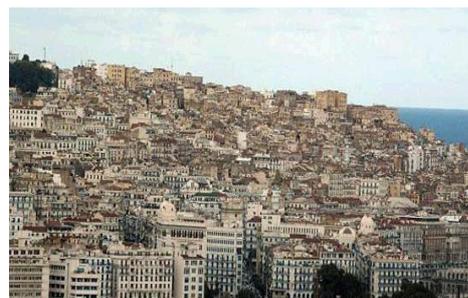
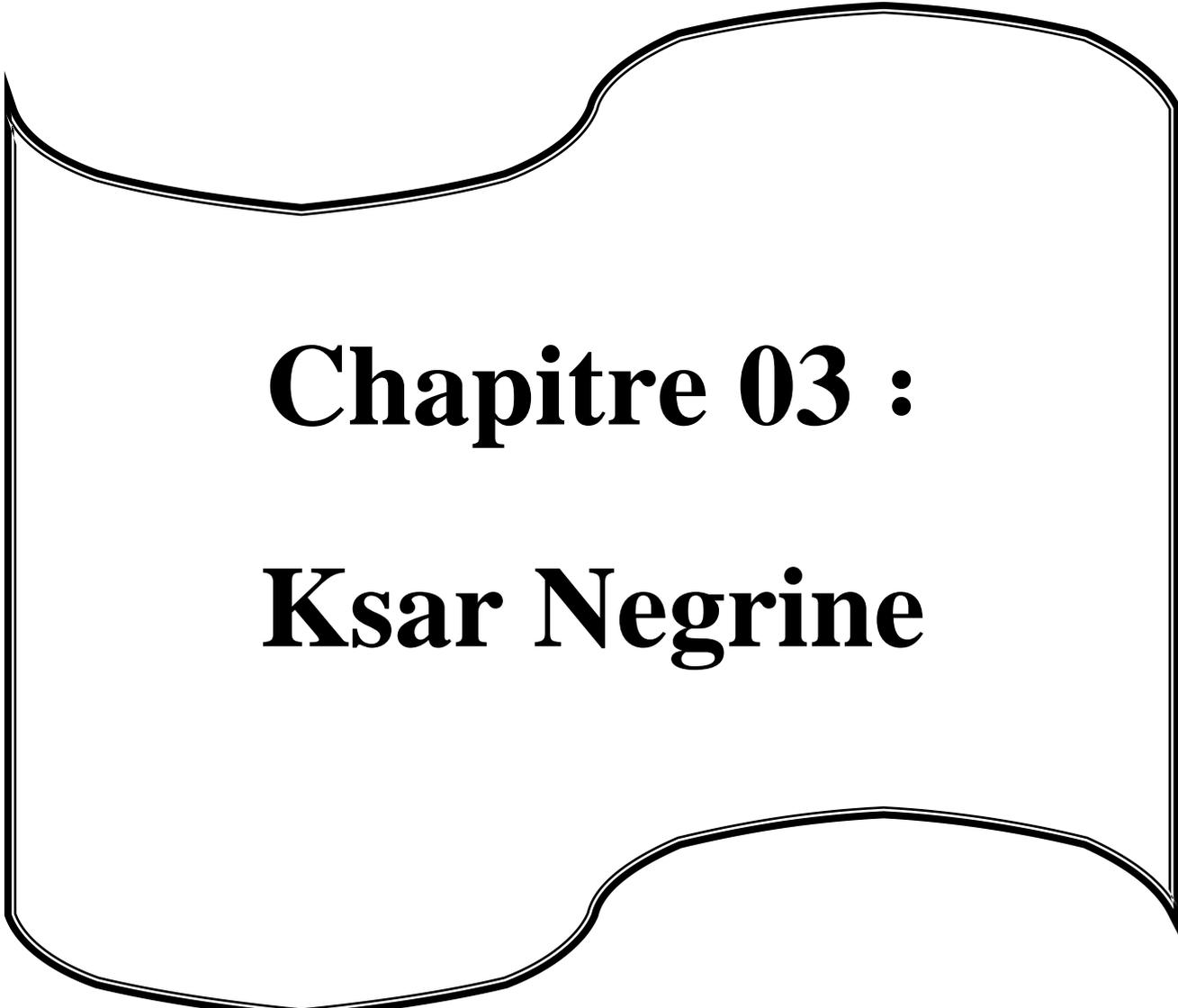


Fig 26 :La casbah d'Alger située dans un site culminant de la mer. **Source** : Guellil f, et Merabt A, 2016.

Conclusion

L'architecture vernaculaire fait preuve, quelle que soit la période et le lieu de construction, d'une approche intuitive des notions de confort climatique et respect du lieu. Elle représente tout un savoir-faire acquis grâce à une séculaire, transmise de génération en génération. Les hommes des anciennes civilisations ont respecté leur environnement avant de s'installer, ils se sont identifiés à lui et se sont par la suite orientés en son sein. Les rudes conditions climatiques, la rareté des matériaux, et parfois la topographie difficile du site ont conduit les anciens à acquérir et perfectionner un savoir-faire, des gestes subtils et adaptés aux conditions, en imaginant des dispositifs architecturaux répondant à leurs besoins et aspirations, qu'ils soient d'ordre culturels, sociaux ou environnementaux. Ces gestes vernaculaires vont modeler et induire la réflexion en termes de leçons et références à l'architecture contemporaine. A partir des concepts de premier et deuxième chapitres, on va détailler en architecture vernaculaire Algérienne, la consommation d'énergie et le lien entre eux.



Chapitre 03 :

Ksar Negrine

Introduction

L'architecture ksourienne Algérienne est le produit d'une culture de masse nourrie de la quotidienneté, de l'environnement et du génie local du peuple Algérien et non pas une production d'élite. Et ce dernier est réparti tous le surface de notre pays. Dans ce chapitre, on va voir l'un de patrimoine de la ville de Tébessa « Ksar de Negrine ». Il sera composé en deux dimensions, le 1^{er} concerne de présenter la ville de Tébessa et la commune de Negrine (situation, climat ...), et la 2^{ème} dimension sera destiner pour étudier la vieille ville « Ksar de Negrine », (situation, aperçu historique, plusieurs plans et cartes ...). On essaye de collecter de possible des informations sur notre cas d'étude, et on a contacté les différents services concernés, la direction de culture de wilaya de Tébessa, et la direction de l'urbanisme de, l'architecture et de la construction DUCH.



I. Wilaya de Tébessa et la commune de Negrine

1- Présentation de la wilaya « Tébessa » :

1-1 Situation géographique :

La wilaya de Tébessa est située à l'extrême Est du pays, limitrophe de la Tunisie. Elle possède depuis longtemps une double vocation minière (exploitation des mines de fer OUENZA et BOUKHADRA et des gisements de phosphate de DJEBEL ONK) et agro pastorale (y compris l'agriculture en montagne). Elle est caractérisée par son emplacement dans la zone frontalière des Hauts Plateaux Est du pays. (ANDI 2013).

La wilaya s'étend sur une superficie de 13.878 km².



La wilaya de Tébessa est limitée :

- Au Nord par la wilaya de Souk-Ahras
- Au Nord Ouest par la wilaya de Oum-El Bouaghi et de Khenchela
- A l'Est par la Tunisie (sur 300 kms de frontières)
- Au Sud par la wilaya d'El-Oued.

Fig 27 : la situation de la ville de Tébessa , **Source** : ANDI 2013 .

1-2-Aspect Administratif :

La Wilaya de Tébessa est issue du découpage administratif de 1974, elle compte actuellement 28 communes regroupées en 12 Dairas réparties(ANDI 2013) comme suit :

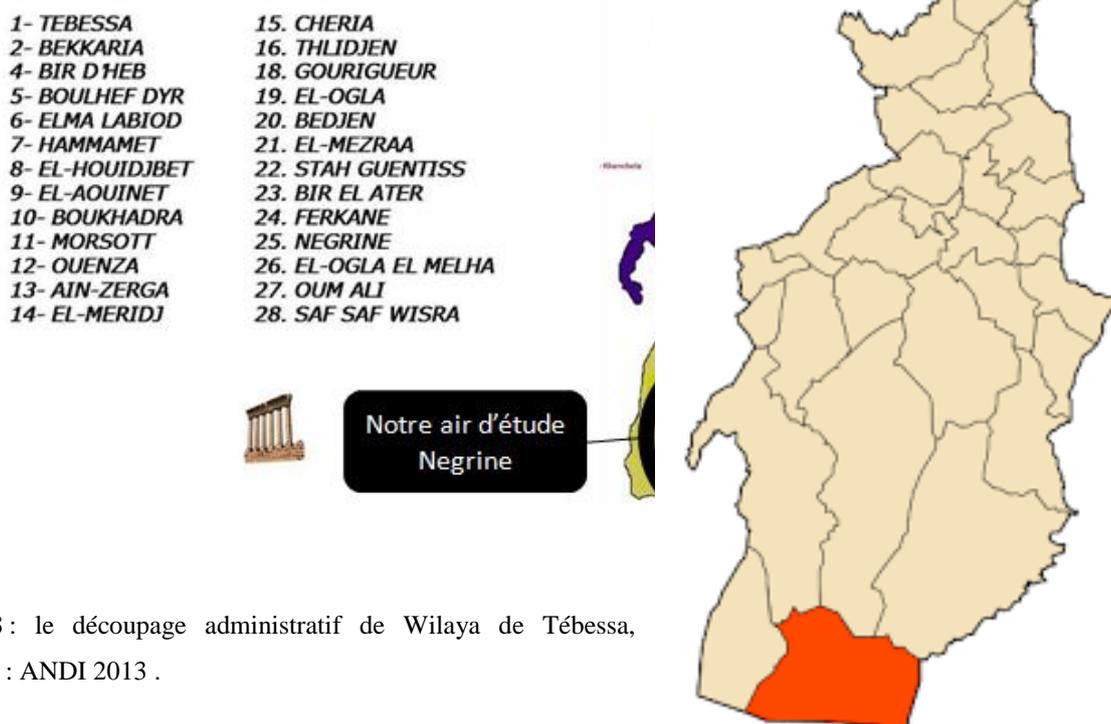


Fig 28 : le découpage administratif de Wilaya de Tébessa,
Source : ANDI 2013 .

1-3-Climatologie :

Deux climats sévis dans la wilaya de Tébessa :

- 1°) un climat semi-aride au nord dans la plaine de Tébessa qui est exposée à des courants marins humides de la méditerranée.
- 2°) au sud le climat est aride et sec, les plaines de cheria, Bir El Ater sont exposées à des courants sec et chauds plus au sud aux niveaux des oasis de Negrine et ferkane le climat est de type saharien avec une pluviométrie très pauvre. (PDAU 2009).

La commune de Negrine :

2-1-Présentation du la commune « Negrine » :

La commune de Negrine situe dans l'extrême Sud-est de la wilaya de Tébessa, classifié du secteur ressemble désertiques, il s'étend sur une superficie de 1552km² la siège de la commune situe à: (DUCH)

- Du Est : les frontières tunisiennes
- Du nord et nord est : la commune de Bir El Ater
- Du nord Theligene

Chapitre 3 : zone d'étude Ksar Negrine

- Du sud : wilaya d'El Oued

Son territoire couvre une superficie de 1600 Km², et sa population a atteint les 10892 habitants en 2013 (RGPH) répartie selon les proportions suivantes :

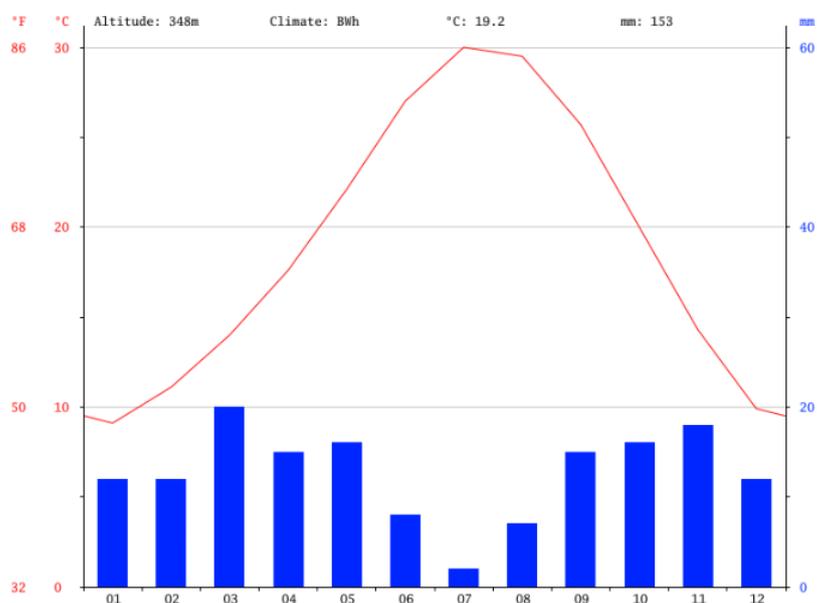
- 68% dans le chef lieu de commune.
- 32% en zone éparses.

Le chef lieu de commune qui assure aussi la fonction de chef-lieu de daïra depuis 1991 est situé à 150 Km du chef lieu de Wilaya Tébessa.

2-2-Le climat de Negrine :

Le climat désertique est présent à Negrine. Tous au long de l'année, il n'y a techniquement aucune pluie à Negrine. la carte climatique de Koppen-Geiger y classe le climat comme étant de type BWh. (PDAU), Sur l'année, la température moyenne à Negrine est 19.2 °C. Chaque année, les précipitations sont en moyenne de 153 mm (Liberté Algérie 2018).

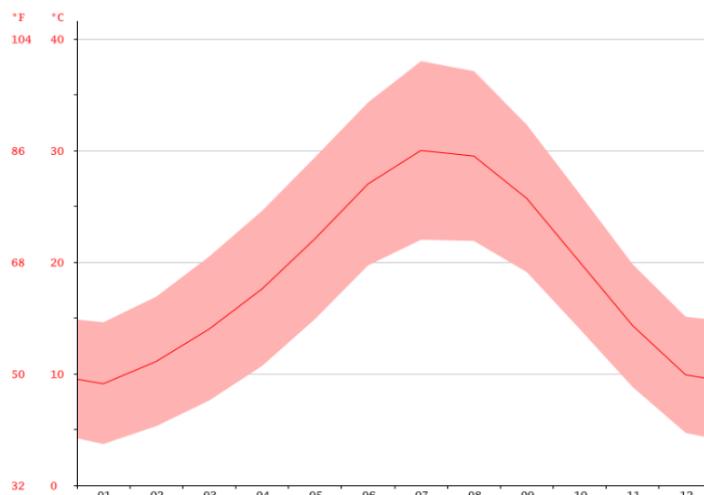
Graphe 02 : les données climatiques de Negrine , **Source :** climat Negrine 2018



Chapitre 3 : zone d'étude Ksar Negrine

Une différence de 18 mm est enregistrée entre le mois le plus sec et le mois le plus humide . la température moyenne au court de l'année varie de 20,9°C.

Graphe 03 : Courbe de température de Negrine, **Source** : climat Negrine 2018



Juillet est le mois le plus chaud de l'année . la température moyenne est 30.0°C à cette période . avec une température moyenne de 9.1 °C le mois de Janvier est le plus froid de l'année

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Température moyenne (°C)	9.1	11.1	14	17.6	22.1	27	30	29.5	25.7	20	14.3	9.9
Température minimale moyenne (°C)	3.7	5.3	7.6	10.7	14.9	19.7	22	21.9	19.1	14	8.8	4.7
Température maximale (°C)	14.6	16.9	20.5	24.6	29.4	34.3	38	37.1	32.3	26.1	19.8	15.1
Précipitations (mm)	12	12	20	15	16	8	2	7	15	16	18	12

Tableau 02 : tableau climatique Negrine, **Source** : climat Negrine 2018

II. La vieille ville de Negrine :

1-Présentation de la vieille ville de Negrine :

La vieille ville de Negrine se situe dans l'est de la nouvelle ville, elle s'éloigne du centre ville environ de 15 km, cette vieille ville est implantée dans une oasis très riche de palmiers et de source d'eau



Fig 29 : La vieille ville de Negrine , Source :www.google.dz/images_Negrine

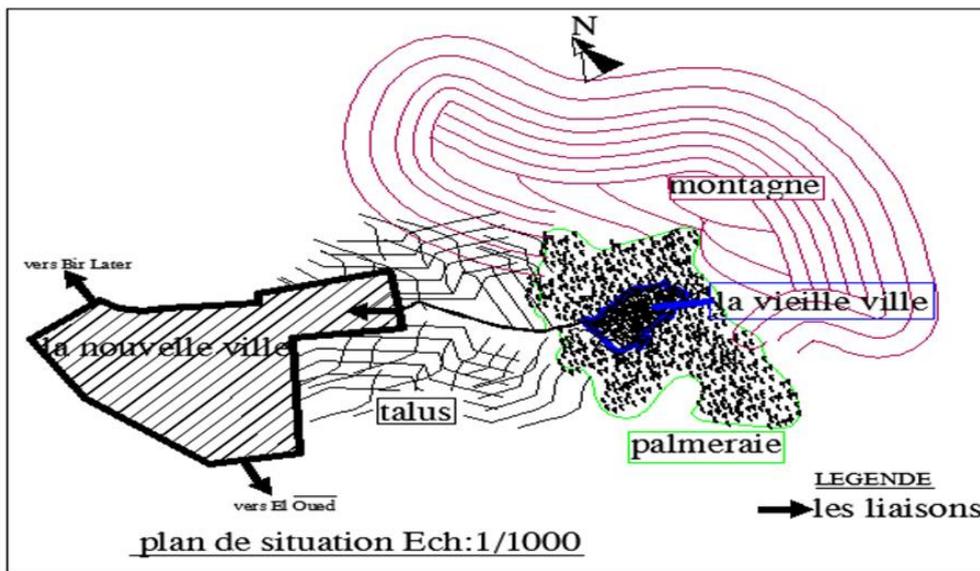


Fig 30: situation de la vieille ville par rapport la nouvelle ville, Source : POS de Negrine 2001

2- Aperçu historique :

A-Phase prés histoire : La présence de l'homme primitif dans la région de Enkrin (Negrine a l'époque) . Ceci est mis en évidence par les effets d'un être humain avant . Histoire tels que les outils de pierre. (Bulletin)

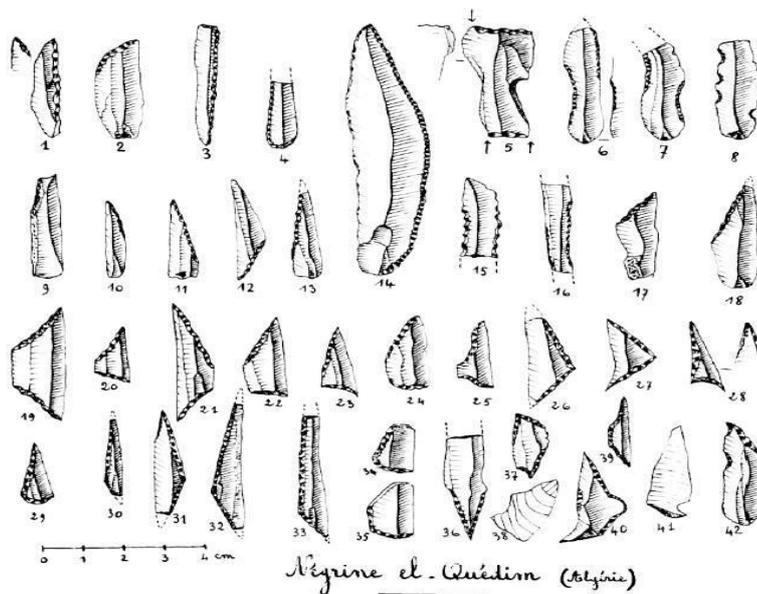


Fig 31 : des outils en pierre pour l'homme préhistorique trouvé en Negrine , **Source** : Grébénart D. 1966.

B-Phase de construction et l'apparence de la ville : Cette phase a commencé en même temps que l'homme connaissait les techniques de construction de la région, réputée exister plusieurs peuples , commencer avec les Amazighs comme peuple autochtone et phénicien, suivis des Romains, que encourageaient sur le développement du commerce et des industries traditionnelles, et était connu comme une activité majeure de la population de la région. Cette phase s'est terminée avec le début des conquêtes islamiques des pays du Maghreb. (Laporte,J 2011)

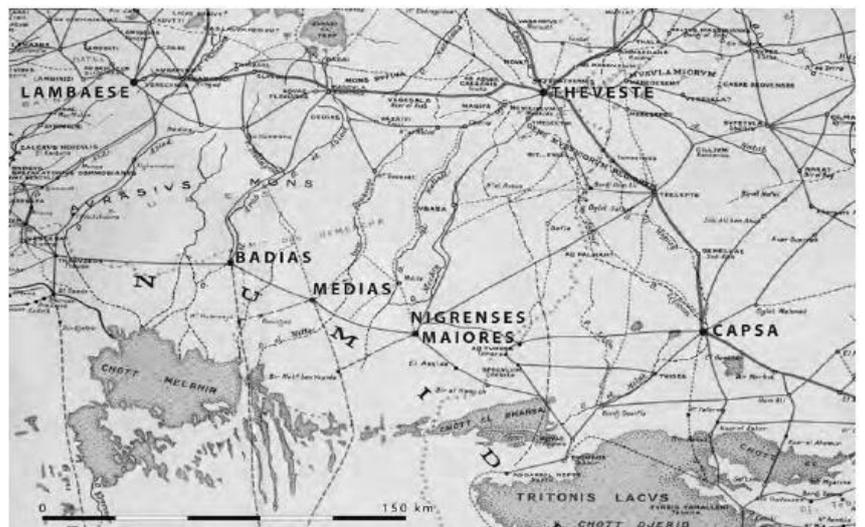


Fig 32 : Negrine et le réseau routier associé à l'époque romaine, **Source** : B. Salama,1949.

Chapitre 3 : zone d'étude Ksar Negrine

C-L'apparition de ksar dans sa forme actuelle: C'est à ce époque que le ksar apparaît dans ses caractéristiques actuelles et commence vers le VIII^e siècle. Il est considéré Ksar de Negrine comme extension des premiers habitants de la région de l'Amazigh, vécu à l'époque romaine.

Les Rom (ville de Beseriani : était l'un des centres les plus importants de la frontière sud de la Namibie et constituait le point de jonction des deux axes majeurs. L'un venant de Gabès et l'autre de Tabasa ... C'était aussi une forteresse Beseriani avec un double mur circulaire de pierres fines, entouré de 1800 m) (Baïar K, 2010) , ne se trouvent qu'à un kilomètre environ du Ksar de Negrine. En raison des conquêtes islamiques l'ont pris la forme de la ville islamique arabe, la mosquée au centre de la ville, entourée d'activités commerciales .En plus des ateliers, des industries traditionnelles, suivis des bâtiments résidentiels puis entourés par la ville. Dans son ensemble, avec un mur, nous trouvons l'oasis qui entoure le Ksar de presque tous les côtés.(Antiquités africaines)

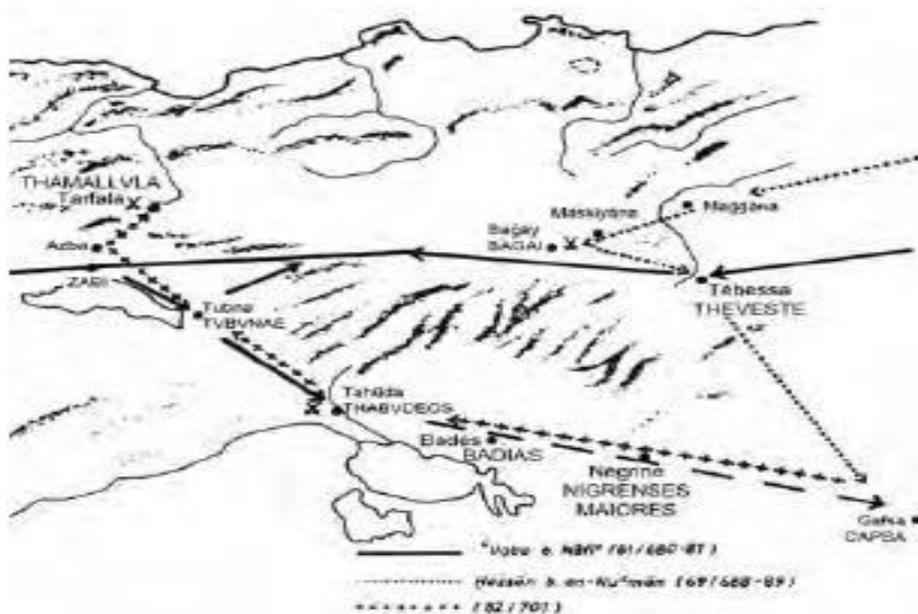


Fig 33 :le chemin de conquête Arabe islamique , **Source** : Furstenram, 1979.

Au début du XVIII^e siècle, plusieurs attentats ont influencé les conditions géopolitiques de la région. C'était principalement dans la colonisation française, puisque le colonisateur a construit une nouvelle ville à seulement 500 mètres. Et la fermeture des portes du Ksar avec des portes en fer en 1957 pour faciliter le processus du cou de ses habitants, car les portes sont fermées à des heures connues, punissent quiconque se trouve alors hors des murs du Ksar (Bab al-Touta, Bab al-Hawaysh, Bab al-Awad al-Shaykh et Bab al-Saqiyya).

Chapitre 3 : zone d'étude Ksar Negrine

3-Description de ksar Negrine :

Ce Ksar n'est pas souvent réalisé sur une hauteur, constituait d'un habitat très condensé et qui fait 90% de la composition du ksar, la distribution intérieure dans le ksar se fait au moyen de ruelles plus au moins étroite, parfois d'impasses irrégulières, dans ce système tout ce qui a trait à la vie communautaire était présent; la mosquée, l'école coranique, les lieux de rassemblement de Djemaa, places et des placette, des ateliers d'artisanat, les espaces réservés aux animaux domestiques, les greniers à grains, les dépôts d'armes.

Vous pouvez accéder au Ksar de Negrine par la route principale qui relie la vieille ville avec la nouvelle ville (le nouveau village), la seule route reliant le Ksar au réseau routier. Où c'est la planification n'a pas été mise en vain et n'a pas été faite. Mais est le résultat de plusieurs facteurs, le plus important: le facteur de protection, Où l'intérieur du Ksar et à l'étranger est protégé (protection des mineurs). Ksar Negrine est situé dans un emplacement stratégique au milieu d'une vaste oasis entourée de trois côtés:

- Nord est.
- Côté sud-est.
- Côté nord sud.

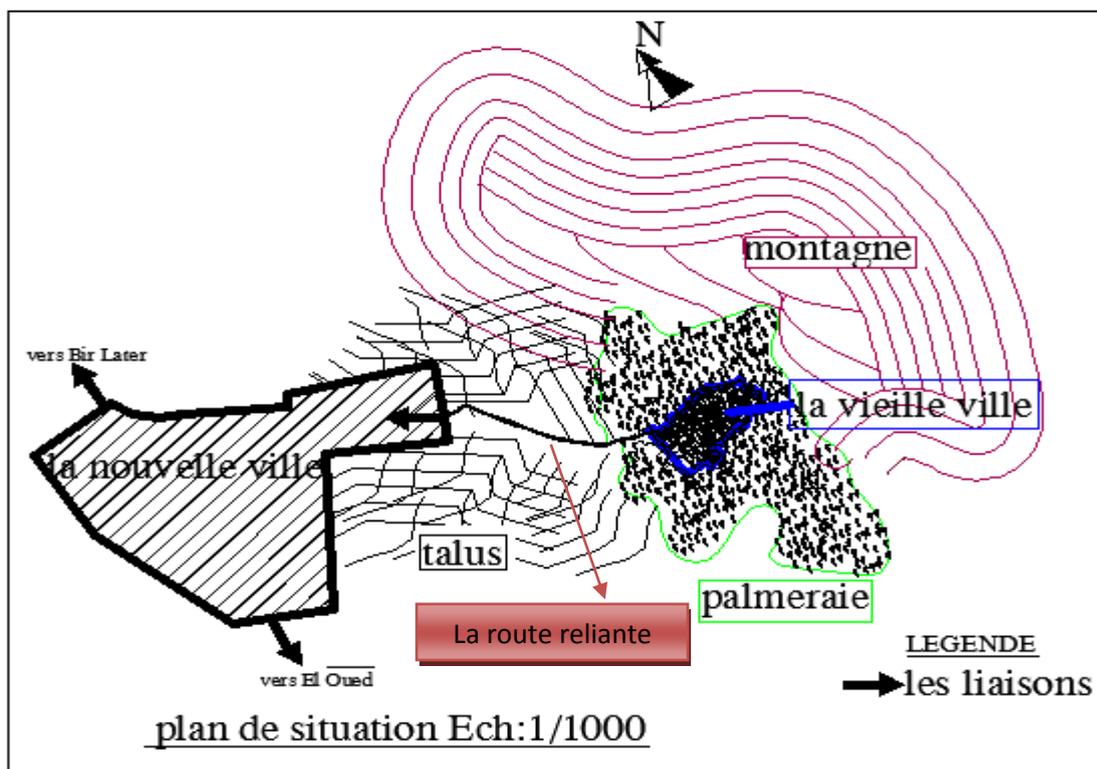


Fig 34 : plan de situation de la ville de Negrine, Source : POS de Negrine 2001



Fig 35 : la route reliant entre la nouvelle ville et le Ksar, Source : auteur 2019.

4-Le coté urbain du Ksar de Negrine :

4-1- l'importance de site de Ksar de Negrine :

Quel est l'importance du site du Ksar de Negrine ? Pourquoi ce site particulier a-t-il été sélectionné sans autres? Les paramètres Selon lequel le Ksar est choisi. C'est l'une des règles reconnues depuis la nuit des temps et nous le résumons en trois conditions essentielles au sommet, la disponibilité de l'eau, parce que il est un élément essentiel de la vie, on ne peut s'en passer et il faut Pour être proche du Ksar , la deuxième condition est d'assurer la protection et la sécurité de l'occupant, c'est-à-dire L'emplacement du Ksar est un lieu fortifié difficile à pénétrer. Le troisième est la disponibilité de la nourriture et l'autosuffisance de la population et les animaux aussi. Alors choisissez cet endroit comme un endroit pour construire un Ksar à deux clics qui ne vient pas Cependant, en raison des caractéristiques géographiques de la ville, elle reflète son emplacement stratégique, ce qui la rend légèrement est à l'abri de l'ennemi, car il est situé sur le bassin responsable sur l'espace qu'il fournit, et à cause de ce site les éléments vivants de la population, en particulier les ressources en eau, qui sont les éléments essentiels de la vie Ksar est situé à proximité de deux sources d'eau, Mandel et Ein Gamal, qui fournissent de l'eau potable à la population Et l'agriculture, qui en faisait une station importante pour le soulagement des convois commerciaux dans le sud-est, à Une partie des bénéfiques, l'approvisionnement en eau et le commerce. Avant de devenir, à un stade ultérieur, une zone de stabilisation Certaines des tribus dans lesquelles ils ont trouvé un lieu propice à la procrastination et à l'urbanisation.



Fig 36 : palmeraie ksar, **Source** : Direction de la Culture, Tébessa.2013

4-2 morphologie de Ksar de Negrine

L'espace de notre cas d'étude se présente suivant une logique, un ordre bien précis. Il traduit un ordre social bien déterminé et renvoie une image de cohérence et de rigueur. La ville se développe suivant un schéma presque radio-concentrique, dont le centre est attribué à la mosquée, élément stratégique de la ville autour duquel s'organise la vie de la cité. La mosquée est là pour préserver l'unité, l'intimité communautaire et l'ordre établi. Cette caractéristique est la compacité « l'effet de masse » ou l'ombrage à l'échelle urbaine, Cette caractéristique la grande compacité est contribué à créer un microclimat agréable aussi bien à l'intérieur de la maison que dans l'espace extérieur. Le rapport de cette forme urbaine au climat se traduit par:

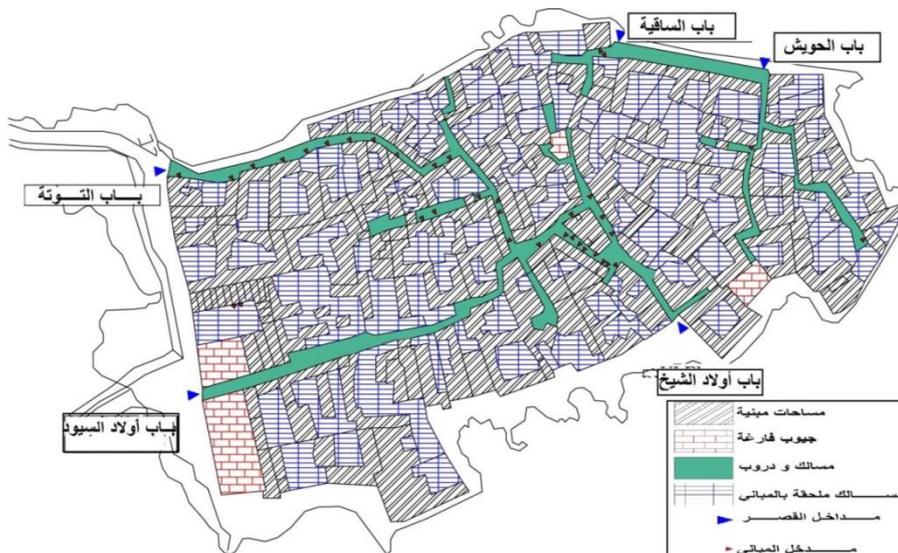


Fig 37 : la compacité de Ksar de Negrine, **Source** : direction de la culture, Tébessa.2013

4-3-hiérarchisation de l'espace urbain

4-3-1- hiérarchisation de trame voirie

Au niveau de l'organisation global de trame voirie, la structure de voies est hiérarchisée , parce que les rues sont non régulières pour minimiser de l'effet de vent chaud (Chehili)

Et on a 3types de voies : Les rues, Les ruelles et Les impasses .

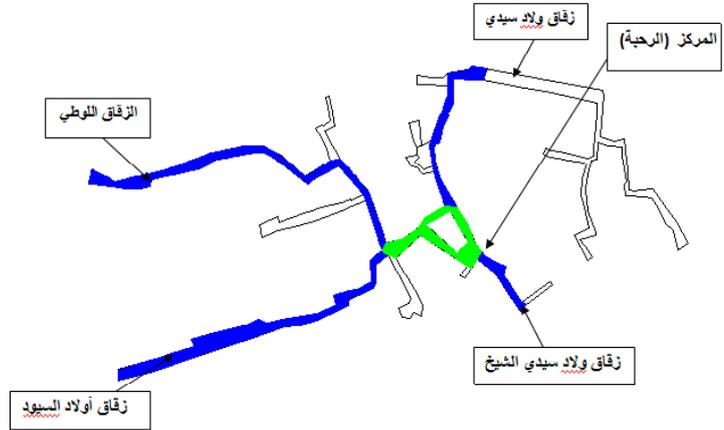


Fig 38 : les rues principales de Ksar Negrine, Source : Direction de la Culture, Tébessa.2013



Fig 39: les rues principales de Ksar Negrine, Source : auteur 2019.



Fig 40 : les ruelles de Ksar Negrine, Source : auteur,2019 / Fig 41 : les impasses de Ksar Negrine, Source : auteur 2019.

Chapitre 3 : zone d'étude Ksar Negrine

NB : L'organisation et la distribution des espaces de Ksar de Negrine est le résultat d'un trame varie irrégulier pour adapté au condition s climatiques de la région comme la température et les vents chauds, et aussi nous remarquons que les dimensions ne dépasse le 2 mètre, le voiture ne peut pas pénétrer a l'intérieur sauf que dans les rues principales qui commence par les portes de Ksar.

4-3-2- hiérarchisation des espaces de Ksar Negrine :

A- **Les espaces publics** : sont des espaces caractérisé par le grand flu , Rahba , les magasins , Alzawaia , les ecoles coraniques , le mosquée (Masjid Alatique) .



Fig 42 : le mosquée Alatique ,Source : auteur, 2019.



B- **les espaces semi-publics** : sont des espaces concerne juste pour la grand famille , les ruelles

C- **les espaces privées** : sont des espaces enfermer de la petit famille , les maisons .

Fig 43 : les maisons de Ksar Negrine Source : auteur, 2019.

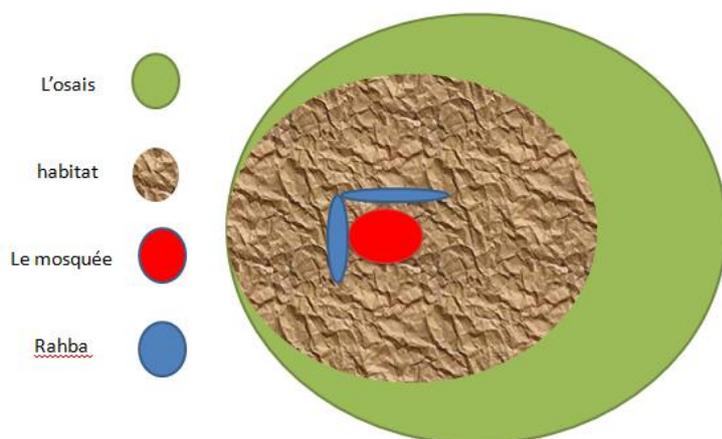


Schéma 02: le schéma de Ksar Negrine

Source : auteur , 2019

5- Coté architectural de Ksar de Negrine :

L'objectif de l'étude architectural de Ksar Negrine est de connaître les caractéristiques architecturales spécifiques de ce patrimoine, et comment les génies de les anciens habitants dans l'adaptation dans l'environnement, la nature, la géographie, la topographie, et le climat. Et deuxième objectif est la lecture de différents coutumes, spécificité et la réflexion de la culture et la religion islamique.

5-1-Lemosquée (Almasdjid Alatique) :

Elle est considérée comme le noyau de ksar, c'est un espace de pouvoir religieux et juridique, elle est considérée aussi comme un lieu d'enseignement et d'apprendre les diverses connaissances elle est composée de plusieurs espaces : salle de prière, meidha, les zaouïas.



Fig 44: la mosquée, **Source :** auteur 2019

5-2- RAHBA (les places , les placettes) :

Ces espaces sont destinés pour les activités collectives, les activités commerciales spectaculaires et aussi pour les activités de détente.

5-3-les ateliers d'artisanat :

Sont les espaces où les artisans se pratiquent leurs métiers : la poterie, le tissage ...etc.

5-4- Les lieux réservés aux animaux :

Les populations ont pensé à leurs animaux , ils ont réservé des espaces pour leurs animaux, ce qui reflète la mitoyenneté entre les habitants et les animaux, ces espaces servent protéger ces animaux domestiques.

5-5- l'habitat ksourienne de Negrine:

La maison abrite une ou plusieurs familles à la fois, elle s'organise autour d'un espace central multifonctionnel où se déroule toute les activités quotidiennes et qui relie les espaces intérieurs connu sous le nom de wast dar , les chambres ou Biout et la skifa en chicane pour préserver l'intimité si la porte reste ouverte : cette dernière est placé toujours dans l'angle contre le vent . Concernant les dimensions sont déterminées de la fonction et les matériaux, et le vis-à-vis est entre maisons est absente totalement et ce concept est enlevé de notre religion .

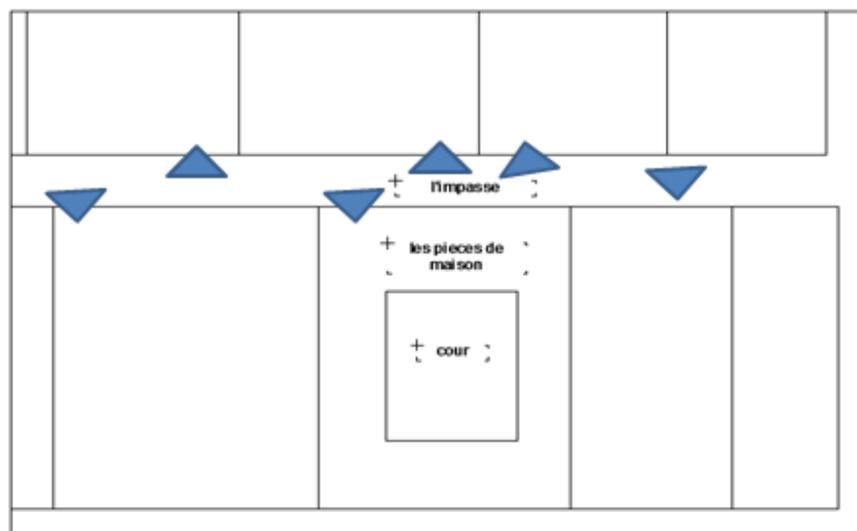


Fig 45 : schème explique le positionnement des entrées de maison ksourienne de Negrine, **Source** : auteur, 2019.

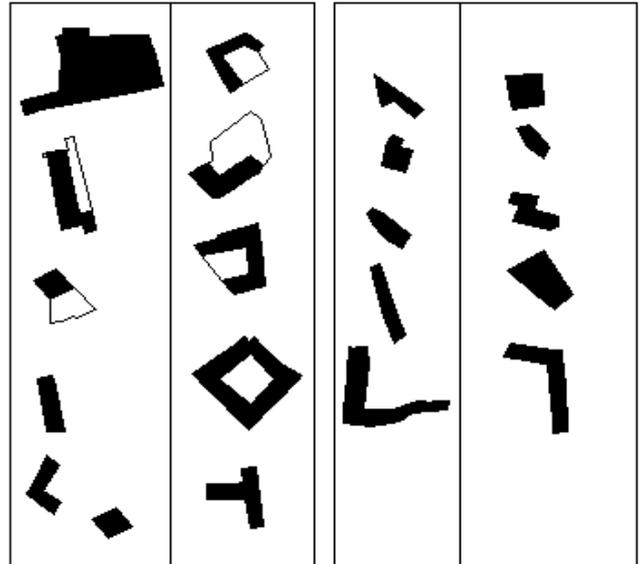
5-5-1 Les formes des maisons de Ksar Negrine :

Ils ont des formes irrégulières et complexes à l'exception de certaines formations rectangulaires.

Fig 46 : les formes des maisons de Ksar Negrine

Source : direction de la culture , Tébessa

Et pour analyser l'habitat , on va composé en deux types :



A- Maisons type 1 (RDC +étage) : Un habitat en hauteur et caractérisé par l'existence de l'escalier Entre le rez-de-chaussée et le premier étage, ce type de logement se caractérise par le nombre de pièces et la hauteur par rapport au les autres logement du Ksar . Ce type de logement est généralement réservé aux les riches des habitants du Negrine.

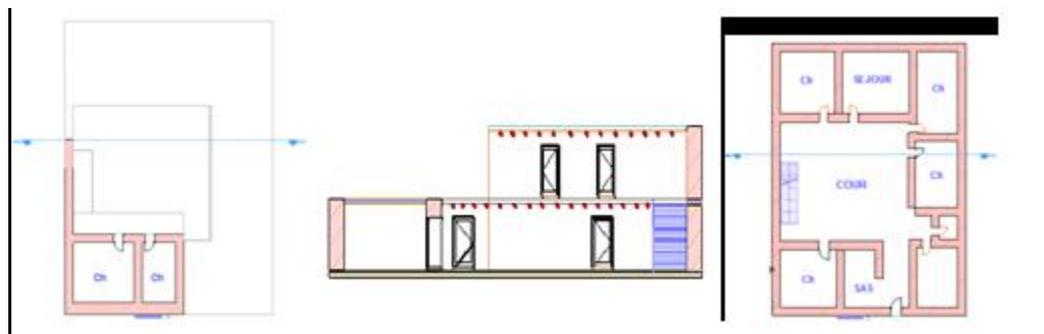


Fig 47 : les plans et la coupe de type A de maison ksourienne Negrine, **Source :** auteur, 2019

B- type de maison B (RDC) : Est-ce un logement avec un rez-de-chaussée qui comprend les espaces nécessaires tels que chambres, patio , cuisine, l'espace de stockage est généralement le nombre de chambres par membres de la famille .

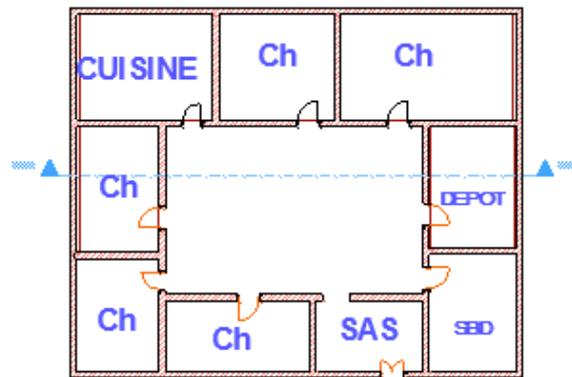


Fig 48 : les plans et la coupe de type B de maison ksourienne Negrine, Source : auteur

5-5-2 les différents espaces de maisons :

A- La porte d'entrée : Elle est identifiée par sa position par rapport à la rue, elle est orientée de façon à être contre le vent et si possible hors de la vue des passants... elle est souvent ouverte pendant l'été les femmes et les enfants y entre librement mais ce n'est pas le cas pour les hommes ils doivent faire signe pour que les femmes mettent leurs foulards. Donc l'intimité est un facteur important et indispensable qui doit être pris en considération lors de la conception d'une maison à Negrine.



Fig 49 : l'entrée en chicane

Source : auteur 2019



Fig 50 : la porte de maison a Negrine

Source : auteur , 2019.

B- Askif : (skifa) : La Skifa est un espace de distribution et espace médiateur entre l'extérieur et l'intérieur, aménagée et couverte.



Fig 51 : Askifa, **Source** : auteur, 2019.

C- Patio (Elhaouch) : Il présente un quart de la surface de la maison et autour de ce patio s'organise les pièces ainsi que les sanitaires et les chambres et à partir lequel la lumière sera distribuée dans les pièces. Il est toujours rectangulaire et protégé par des hauts murs. Et à l'eau et la végétation.



Fig 52 : le patio de maison à Negrine, **Fig 53**: végétation dans le patio, **source** :auteur 2019.

D-La cuisine : La cuisine est l'espace de préparation des repas, généralement rectangulaire, avec une cheminée dans un coin du sol reliée à une ouverture à la surface, opposée au mur avec l'entrée. La cheminée est conçue pour respecter le principe islamique « respect du voisin ». La cuisine est caractérisée par un évier pour l'assainissement afin de se débarrasser de l'eau utilisée et de nettoyer la cuisine.

Chapitre 3 : zone d'étude Ksar Negrine

E- Les chambres : Les chambres de la résidence sont un espace de repos. Il est pris en compte dans la conception nombre de chambre suivie nombre la famille, nous renouvelons des chambres pour hommes et femmes, et ce principe de conception est prise de



la religion islamique. La chambre des parents se distingue du reste des chambres par son espace et son emplacement le centre de la maison. Ils sont simples et étroites, et le patio (West Edar) a des fenêtres ouvertes pour l'éclairage. Habituellement, cet argent n'est pas ouvert sur l'extérieur et c'est l'un des principes de l'architecture traditionnelle du Ksar Negrine, le principe d'introversion. Il existe deux types de chambres dans la résidence: les chambres familiales et les chambres d'amis, Où la pièce est située à proximité du Skifa pour de raison d'intimité.

Fig 54 : cheminée dans la cuisine, Source : auteur , 2019.



Fig 55 : la chambre de maison ksourienne de Negrine , **Source :** auteur, 2019

F- Salle de bain (kenif) : Il s'agit d'un petit espace de 4 mètres carrés au maximum qui sert de salle de bain et de toilette. Il a une connexion directe au centre de la maison. C'est dans une position isolée dans un coin de l'habitation.



Fig 56: la salle de bain (kenif), **Source :** auteur 2019.

5-5-3- les baies :

A- Les portes : Les portes de maison de Negrine sont toutes semblables par leur forme rectangulaire et leur matériau en bois ;(voir titre)

B- les fenêtres : Comme pour les portes, les fenêtres des constructions sont toutes en bois. Elles sont constituées d'un linteau et de jambages qui forment le cadre de la

fenêtre. Les ouvertures qui les reçoivent sont de simples interruptions dans le mur. Elles sont d'une dimension réduite vue au climat aride et chaud ainsi pour des raisons d'intimité.



Fig 57 : fenêtre en bois, **Source :** auteur,2019 .

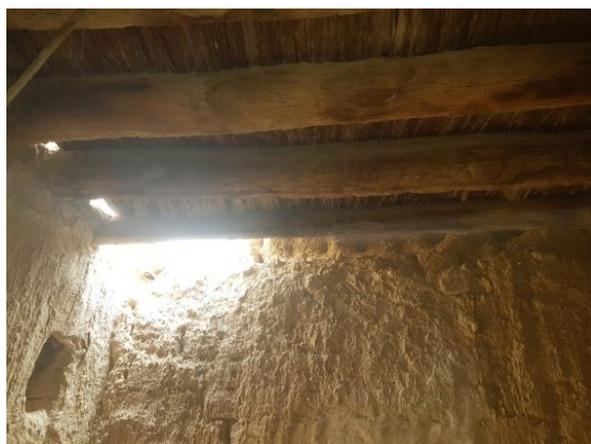


Fig 85 : Ain Dar, **Source :** auteur,2019.

C- Ain dar: un élément architectural est le trou au niveau de la toiture appelé ayn ad-dar littéralement traduit on l'œil de la maison .Cette ouverture aménagée au plafond des patios. elle permet l'infiltration de la lumière avec cette petite baie.

5-5-4 les façades :

Les façades du Ksar de Negrine sont des façades simples, avec des formes géométriques simples telles que le carré et le rectangle. Ce n'est pas le résultat de la futilité, c'est le résultat de la première idée de design inspirée par les principes d'architecture islamique basés sur l'intimité



Fig 59 : les façades aveugles, **Source** : auteur,2019.

(l'inviolabilité) et la préservation du prochain. Ce principe de l'introversion. C'est ce que nous observons dans les maisons du Ksar de Negrine. Les ouvertures réduites et des façades aveugles.

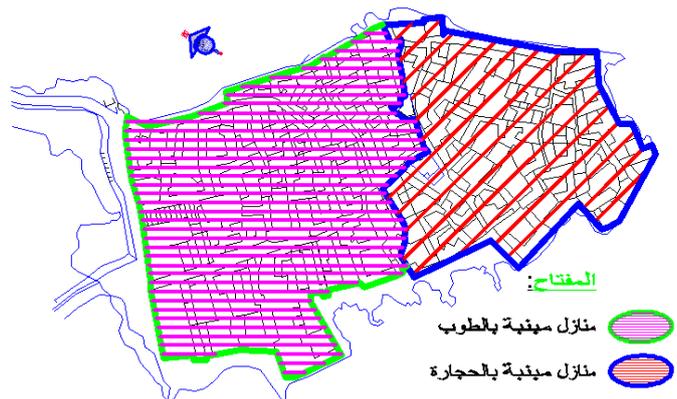


Fig 60 : les types de matériaux de construction de maison Negrine **source** : direction de la culture, Tébessa

Nous remarquons que :

- Les façades a le même rythme
- La continuité et l'organisation (même niveau)
- La continuité de même type architectural

6-les matériaux et techniques de construction :

6-1 les matériaux de construction : Comme tous l'architecture vernaculaire , le choix des matériaux est local et naturel , et le système constructif va être celui transmis de génération en génération , un savoir –faire hérité .

A- Les maisons construites en pierre : Les pierres sont abondantes dans la région et sont des structures blanches ou de couleur claire extraites du mont Al-Safaq qui se trouve au sud. Ces blocs sont caractérisés par une grande taille et des mesures différentes.



Fig 61: les maisons en pierre, **Source:** auteur,2019



Fig 62 : les maisons construits en terre, **Source :** auteur,2019.

NB : Ce qui distingue le Ksar, c'est que le coin Est de toutes ses habitations est construit en raison de sa proximité avec Jabal al-Safaq et s'étend au sud-est . d'après les habitants .

B- Les maisons construit en terre : Dans la partie Ouest de Ksar Negrine les maisons construits en terre en raison de proximité avec les monts de Djbal Kodi Alahmir

6-2 Les techniques de construction de coté Ouest de Ksar Negrine :

A- **Le terre** est formé en Toub , Touba qui est une brique d'argile et de sable séché au soleil, souvent, armée de fibres végétales (Paille, hachures de palme), est un matériau très avantageux : économie, isolation thermique.

Le Toub est l'un des matériaux le plus ancien en zones sahariennes, car c'est un mélange de sable et d'argile, sans adjuvant stabilisateur ou liant.

Chapitre 3 : zone d'étude Ksar Negrine

B- **L'ossature** : Les troncs de palme dans les maisons servent de poutre et poteaux pour soulever le toit de la maison.

- Le Palmier : Ce sont des branches de palmier, appelées localement Saaf, et utilisées comme élément essentiel du toit, placées entre les poutres des palmiers, puis versez une couche d'argile pour le protéger des intrusions Pluie.

- Les soubassement de murs est construit par le pierre (matériaux plus solide) pour l'objectif de protection contre le pluie .

- Mûrier: Les bûches de mûrier sont utilisées dans la fabrication des portes et des fenêtres.

Fig 63 : le soubassement de mur en pierre, Source : auteur, 2019.



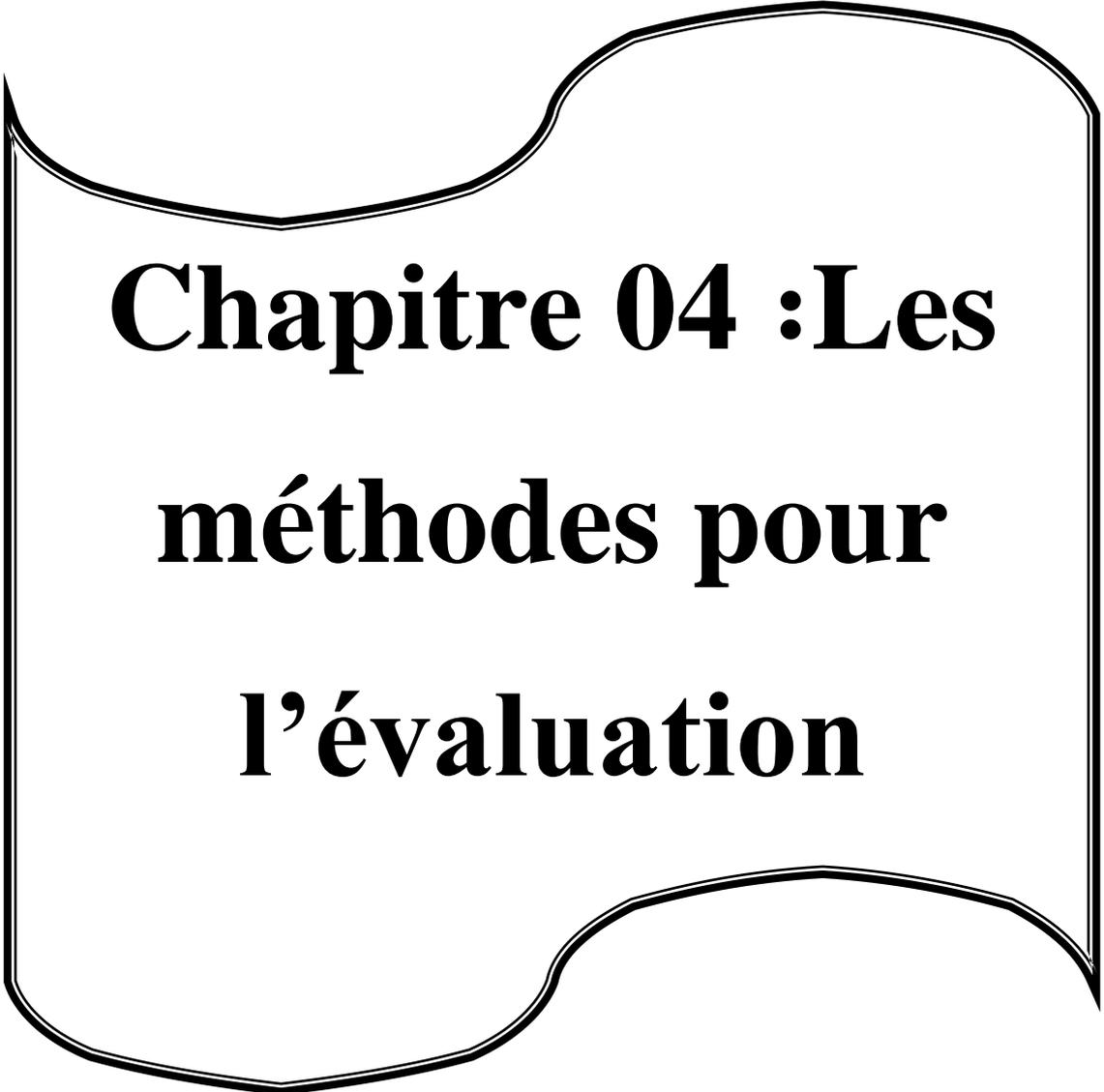
Conclusion

Après l'exploration des aspects architecturaux du bâtiment, des matériaux et des techniques de construction, Nous avons confirmé que ce témoin historique a une valeur architecturale qui reflète l'identité locale traditionnelle de la ville de Negrine.

La brièveté de l'image présente de nombreux avantages et caractéristiques. Elle évoque avec sincérité l'architecture locale traditionnelle et constitue un modèle de Ksour Algérienne .

La construction du Ksar Negrine été basée sur des techniques architecturales bien pensées et des éléments qui correspondent à la simplicité du bâtiment. Les outils utilisés et les conditions naturelles de la région résolvent de nombreux problèmes architecturaux.

Aujourd'hui, ce témoin historique est confronté à un stade avancé de détérioration, Et l'aspect architectural, qui a fait disparaître sa valeur et conduira de la même manière à l'épuisement est inévitable. Autant que des futures chercheuses on va profiter de ce génie architectural, et confirme ça par la simulation.



**Chapitre 04 : Les
méthodes pour
l'évaluation**

Chapitre 4 : les méthodes pour l'évaluation

Introduction :

Pour créer les conditions du confort thermique, on est obligé d'avoir recours au chauffage et à la climatisation. Dans le cadre de ce travail, nous nous limitons particulièrement au contrôle de la température. Pour l'application utilisée, il est exigé que la température de sortie soit égale à celle de sa consigne

Pour étudier la consommation énergétique du bâtiment, on peut utiliser différentes méthodes :

- L'évaluation énergétique par le calcul conventionnel 3CL.
- L'évaluation énergétique par La méthode expérimentale.
- L'évaluation énergétique par la méthode enquête.
- L'évaluation énergétique par les logiciels de simulation thermique du bâtiment comme TRNSYS Design Builder

on a fait une petite recherche sur eux, et choisis la méthode Convenable de notre recherche et on explique à son parcours, les avantages, les exigences et la qualité des résultats obtenus .

I. Les méthodes pour l'évaluation énergétique :

1-L'évaluation énergétique par le calcul conventionnel 3CL :

L'approche conventionnelle s'intéresse aux trois principaux types de consommation énergétique dans le logement : le chauffage à température standard et sans interruption, la préparation de l'eau chaude sanitaire et le refroidissement ou le rafraîchissement du logement. La méthode conventionnelle ne permet cependant pas d'évaluer la consommation énergétique réelle, ni d'adapter les programmes de travaux à la diversité des modes de vie des occupants. Le calcul conventionnel permet de comparer la performance intrinsèque avant/après travaux d'un même logement, indépendamment des températures qui seront pratiquées dans la réalité, et de visualiser le gain réalisable.

2- L'évaluation énergétique par La méthode expérimentale :

Si la notion expérimentale et la conduite d'expériences particulières peuvent être appliquées à un grand nombre de processus de recherche, il convient d'en examiner la pertinence au regard de l'architecture et de la configuration d'ambiances. Nous interrogeons dans ce numéro l'expérimentation des ambiances, ou par les ambiances, au sens où il ne s'agit pas seulement de décrire des situations existantes ou données comme telles (pouvant inclure aussi un certain type d'expérience) mais de mettre en place des modalités de « faire l'ambiance » pour tirer des éléments d'ordre théorique, méthodologique ou technique. Il s'agit en ce sens de confronter les concepts et outils fondamentaux en amont du projet proprement dit en approchant celui-ci partiellement, voire en dehors de ses cadres normatifs stricts.(Calenda, 2017)

3-L'évaluation énergétique par la méthode enquête :

L'enquête Performance de l'Habitat, Équipements, Besoins et Usages de l'énergie, figurant au programme des enquêtes statistiques. Elle comprend deux volets réalisés séparément, un entretien en face à face avec les occupants des logements tirés au sort, sur leurs équipements consommateurs d'énergie, leurs consommations énergétiques, leur attitude vis-à-vis de l'énergie, et un diagnostic de performance énergétique (DPE) du logement.(solidaire, 2014)

4-L'évaluation énergétique par Les logiciels :

Actuellement, la plupart des éditeurs de logiciels utilisent les algorithmes de la méthode 3CL, mais ils ne sont pas à l'abri de « bugs » lorsqu'ils ont réalisé les codages informatiques des nombreuses formules mathématiques surtout lorsque les développeurs ne sont pas des thermiciens c'est la raison pour laquelle une procédure d'évaluation des logiciels a été mise en

Chapitre 4 : les méthodes pour l'évaluation

place. L'évaluation est une démarche volontaire des éditeurs de logiciels soucieux de fournir des logiciels de qualité à leurs utilisateurs. Elle se compose de deux étapes successives :

Une phase d'autotests permettant aux éditeurs de mettre au point leurs logiciels

Une phase d'évaluation permettant aux éditeurs d'obtenir un avis sur la qualité technique de leurs logiciels.

Résultat

L'évaluation énergétique par les méthodes de l'enquêtes, expérimental ou calcul conventionnel 3cl ont connu plusieurs problèmes (le diagnostic thermique qui prend en compte le comportement de l'utilisateur, Les apports solaires par les baies vitrées sont pris en compte de façon forfaitaire) . Ces problèmes et manques minimisent leur efficacité et exactitude qui affectent sur les recommandations à fournir. Parmi ces problèmes on cite :

- Les diagrammes n'expliquent pas l'acclimatation. L'effet d'acclimatation et les attentes de confort devraient être pris en considération,
- Ils donnent des stratégies générales qui orientent un peu la conception architecturale. Ils ne donnent pas les corrections pertinentes en termes des dispositifs architecturaux convenables.

II. Les logiciels de simulation thermique du bâtiment

1-Le TRNSYS

A-Description du logiciel :

Le TRNSYS (ATRANSIENT SIMULATION PROGRAM), développé par le laboratoire de « solar énergie » de l'université de WISCONSIN .Ce logiciel est un outil de simulation en régime dynamique, il est structuré de manière modulaire, ce qui assure au programme une grande flexibilité et facilité par l'insertion des sous-programmes. Il est développé en fortran.Ce logiciel informatique, se caractérise par ses fonctions qui peuvent se regrouper en trois domaines :

- ✓ Les entrées : concernant toutes les informations à introduire et à stocker dans des bibliothèques que le concepteur peut les utiliser. Ces entrées concernent(l'environnement physique « climat, site », le bâtiment « l'enveloppe », les apports internes « occupants.. »,Les équipements « ventilation, chauffage, climatisation.. »
- ✓ Le traitement des données : se fait en fonction du bâtiment.

Chapitre 4 : les méthodes pour l'évaluation

- ✓ Les sorties : sont les ensembles des résultats qui peuvent être fournis par le logiciel à l'issue d'une exécution. (Choufaaoui S, 2014)

Ce logiciel multi zones permet de valider plusieurs options architecturales.

Les types (model utiliser) les plus utilisés pour la simulation dans le bâtiment sont :

- ✓ Type9 : Lecture de données.
- ✓ Type54 : Générateur des données météo.
- ✓ Type33 : Diagramme psychométrique.
- ✓ Type16 : Processeur d'ensoleillement.
- ✓ Type56 : Bâtiment multi zone.
- ✓ Type25 : Impression des données.
- ✓ Type65 : Affichage des résultats.

B-Avantages du logiciel TRNSYS :

Les avantages qu'offre le logiciel TRNSYS sont très nombreux. En effet, en utilisant l'utilitaire TRANbuild la définition du bâtiment est devenue de plus en plus facile et permet de faire changer les différents paramètres très facilement. D'autre part, TRNSYS se trouve à être un logiciel modulaire auquel on peut y ajouter des modules écrits soit en fortran ou sous Matlab ou EES ce qui laisse la possibilité d'amélioration du modèle en y incluant différents phénomènes thermo-aérauliques et en y incluant aussi un modèle simulant les systèmes de chauffage, climatisation, ventilation et réfrigération. Enfin, et en comparaison avec le CFD, TRNSYS est plus rapide dans les simulations. Certes, ce n'est pas le même concept ni les mêmes équations à résoudre mais dans notre cas on a besoin de trouver les charges thermiques d'un aréna ce que TRNSYS peut à première vue déterminer (Benmehdi R 2013)

2-Design Builder :

A-Présentation : Design Builder allie rapidité de modélisation d'un bâtiment à la simulation thermique dynamique précise. Le mode apprentissage de Design Builder permet une prise en main rapide. Dans chaque fenêtre les informations essentielles sont expliquées et des raccourcis pratiques vous évitent de chercher comment faire via les menus ou barre d'outils. Le rendu 3D avec textures permet de visualiser les ombres portées tant au niveau des masques proches que des vitrages extérieurs et intérieurs, et d'exporter le rendu sous forme d'image ou de film avis.

Au niveau de la simulation, Design Builder utilise le moteur de calcul Energy Plus v1.4 issu des logiciels renommés BLAST et DOE-2. Le couple Design Builder / Energy Plus a

Chapitre 4 : les méthodes pour l'évaluation

passé avec succès les tests de fiabilité de l'ASHRAE. Caractéristiques paramétrables et indépendantes de la ventilation mécanique, du chauffage et de la climatisation, gradients de température pour les espaces verticaux ou système à déplacement, ventilation naturelle modélisée suivant les règles d'ouverture des fenêtres et portes, gradation de l'éclairage à l'aide de capteur de luminosité à placer librement dans une zone, Design Builder exploite pleinement les possibilités d'Energy Plus et permet la création de fichier IDF permettant de travailler avec les fonctionnalités Energy Plus non encore implémentées dans Design Builder.

B-Avantage:

Modeleur 3D très complet et facile de prise en main (ressemble à SketchUp)

Mur et cloisons en 3D

Moteur de calcul Energyplus

Modèles détaillés de ventilation naturelle

Développement d'un module CFD

Disponible en plusieurs langues (dont le français)

Faiblesses :

Manque certaines fonctionnalités d'Energyplus

3-Pleiades + Comfie :

A-Présentation : Seul logiciel français présenté, Comfie est développé par le Centre d'Energétique de l'école des Mines de Paris et l'interface Pleiades par IZUBA Energies. Les besoins de chauffage et de rafraîchissement sont calculés en dynamique (le pas de temps peut être choisi entre 1 heure et 1/10ème d'heure) zone par zone (jusqu'à 20 zones peuvent être modélisées). Des profils et des histogrammes de température peuvent être obtenus afin de vérifier le niveau de confort dans différentes zones thermiques d'un bâtiment. Les graphes peuvent être copiés et intégrés au rapport de simulation généré par l'interface. Le logiciel est fourni avec le module de saisie graphique Alcyclone qui permet de définir des parois type, dessiner le bâtiment en suivant les contours d'un plan préalablement scanné ou importé à partir d'un fichier DWG et de visualiser en 3D. (Michel, 2015)

Chapitre 4 : les méthodes pour l'évaluation

B-Avantage :

- Prise en main très rapide
- Bonne simulation des conceptions passives
- Passerelle avec Equer
- Logiciel français

C-Faiblesses :

- Modélisation simplifiée des équipements
- Nombres de zones limitées

4-Virtual Environnement :

A-Présentation :

• Virtual Environment, édité par IES Software Ltd, est un logiciel d'aide à la décision permettant une approche holistique de la simulation et de la conception. Il permet une évaluation rationalisée du projet, aidant ainsi à orienter le projet vers des objectifs de confort, d'économie, de performance et de qualité environnementale. L'ingénieur peut ainsi proposer et justifier une disposition architecturale, un type de matériau ou une stratégie de ventilation optimisant le confort et diminuant les consommations d'énergie. VE est constitué d'un module central dans lequel est créée la géométrie du bâtiment et de plusieurs (20) modules spécifiques. Les modules communiquent entre eux afin d'avoir une simulation très précise, mais il n'est pas obligatoire de tous les acheter.

B-Module :

- **ModelIT**: Module de modélisation et de rendu 3D
- **Apache** : Calc (perte et gain de chaleur), Loads (Charge de chauffage et de climatisation), Sim (simulation dynamique), HVAC (équipement), MacroFlo (ventilation naturelle) • **RadianceIES** : simulation 3D de l'éclairage avec rendu photographique
- **SunCast**: information solaire visuel, graphique et numérique
- **MicroFlo**: module CFD
- **IndusPro**: dessin et dimensionnement des conduits de ventilation

Chapitre 4 : les méthodes pour l'évaluation

C-Avantage :

Logiciel complet et modulaire

D-Faiblesses :

Promo que pour les étudiants anglais et pas de démo

5-Ecotect : (destiné aux architectes) :

A-Présentation :

Logiciel de simulation complet qui associe un modéleur 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.

B-Importations:

3D Studio (.3DS.ASC.PRJ); AUTOCAD (.DXF); Energyplus (. IDF); Windows Bitmap(.BMP)

C-Exportations

: DOE-2 (. INP); AIOLOS (.PPA); VRML (. WRL); ESP-r (.CFG); WinAir4 CFD (.GEO) ; Radiance (. RAD. OCT) ; Energyplus (. IDF) ; AUTOCAD (.DXF)

D- Avantage :

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

Chapitre 4 : les méthodes pour l'évaluation

Faiblesses :

- CIBSE Admittance Method
- Pas de calcul d'équilibre thermique (radiation et convection à chaque pas de temps)
- Pas de ventilation naturelle ni de multizones
- Très faibles possibilités en chauffage, ventilation et air

conditionné. (I3ER. Ingénierie de l'Efficacité Énergétique et des Énergies Renouvelables, 2007)

Résultat

Nous sélectionnerons le programme en fonction de sa disponibilité (Pleiades + Comfie et Virtual Environnement ne sont pas disponibles avec tous ses fonctions) , les informations essentiels pour notre travail (Les entrées fondamentaux pour le TRNSYS n'est pas disponible) et le type de résultats extraits (Design Builder ne fournira pas le résultat demandé) donc le programme choisi est Ecotect parce que il approuve avec notre conditions .

III. Le logiciel de simulation choisi « Ecotect » :

1-Ecotect

Ecotect v 5.5 est un logiciel de conception Haute Qualité Environnementale (HQE) destiné aux architectes, qui allie une vaste gamme de simulations et d'analyses pour bien comprendre les performances du bâtiment. C'est un logiciel de simulation simple et complet qui associe un modéleur 3D avec des analyses solaire, thermique, acoustique et de coût. (ALLAG H et KADEM A 2018) Ecotect permet aux concepteurs de travailler facilement en 3D et d'utiliser tous les outils nécessaires à la gestion efficace de l'énergie. "Ecotect 5.5" offre plusieurs avantages, c'est un outil facile dans sa manipulation et sa compréhension, il permet de guider le processus de conception et aide les concepteurs à prendre les bonnes décisions dès la première phase d'esquisse, en ce qui concerne la localisation de la construction, sa forme globale, son orientation, les matériaux utilisés pour l'extérieur ainsi que la taille des fenêtres et leur emplacement...etc. Un autre avantage important est qu'il est possible d'analyser la situation d'éclairage durant toute l'année tout simplement en attribuant les paramètres de simulation (comme l'emplacement, la date, l'heure, l'état du ciel etc.). Il donne des résultats très visuels comme il peut être connecté avec d'autres logiciels (Radiance, Energyplus et d'autres logiciels performants). À partir d'Ecotect, nous pouvons importer des données de 3D Studio (.3DS. ASC. PRJ), Autocade (.DXF), Energyplus (. IDF), Windows

Chapitre 4 : les méthodes pour l'évaluation

Bitmap (.BMP). Comme nous pouvons faire des exportations vers DOE-2 (. INP), AIOLOS (.PPA), VRML (. WRL), ESP-r (.CFG), WinAir4 CFD (. GEO) ; Radiance (. RAD. OCT), Energyplus (. IDF), Autocade (.DXF) (DRIFA, REDJIL A 2015). Ecotect offre six fonctions principales :

A. La fonction Visual Impact, aide à analyser les angles de projection, les obstructions et les composants verticaux pour n'importe quel point ou surface.

B. La fonction Solar Radiation Analysis, "Ecotect 5.5" permet de visualiser l'incidence des radiations solaires sur les fenêtres et les surfaces calculées pour chaque saison.

C. La fonction Shadow and Reflections : permet les simulations d'ombres, de réflexions et indique la position du soleil et l'ensoleillement du projet comme elle montre comment la lumière entre par les fenêtres et se déplace dans l'espace.

D. La fonction Daylight, permet de calculer les détails de l'ensoleillement, les facteurs d'éclairage naturels : les niveaux d'éclairement (lux), le facteur de lumière du jour (%), les réflexions intérieures et extérieures (%) à n'importe quel point du modèle, ainsi que les composantes du ciel. Selon le type de la grille (verticale ou horizontale), la fonction affiche les résultats en 2D et/ou en 3D. Elle simule aussi les économies potentielles qu'offre la conception axée sur l'éclairage naturel. Notre travail se base sur cette fonction. (ALLAG H et KADEM A 2018)

E. La fonction Thermal performance, permet de calculer les charges de chauffages et de climatisation pour toute types de zones, quelques soient leurs formes. Il analyse également les changements thermiques dû à l'occupation des bâtiments, aux apports internes, à l'infiltration, ainsi qu'aux différents équipements.

2- Analyse énergétique avec ECOTECT :

Performance thermique de chauffage et de calculer les charges de refroidissement sensibles pour les modèles avec un certain nombre de zones ou de type de géométrie, et des analyses effets de l'emploi, les gains internes, objets infiltration et de l'équipement.

Ombres et simulation Réflexions montre la position du Soleil et de la voie par rapport au modèle à toute date, heure et lieu. Voyez comment la lumière du soleil entre par les fenêtres et se déplace dans un espace.

Daylighting calcule les facteurs de lumière du jour et les niveaux d'éclairement à un point quelconque dans le modèle ou sur la grille d'analyse. Aide à déterminer les économies

Chapitre 4 : les méthodes pour l'évaluation

potentielles en raison de la conception de l'éclairage la lumière du jour. (DRIFA, REDJIL A 2015).

- Performance thermique : Revit inclut une fonction de charges de chauffage et de refroidissement, et respecte les spécifications du manuel ASHRAE Handbook of Fundamentals. Vous pouvez calculer les charges thermiques de votre projet en prenant en compte les charges internes et les contraintes de radiation solaire, ainsi que leurs effets sur l'enveloppe du bâtiment. Vous pouvez ensuite calculer les charges thermiques et de refroidissement pour les modèles, ainsi qu'analyser les effets de l'occupation, des gains internes, de l'infiltration et des équipements.

- Analyse énergétique complète d'un bâtiment : l'outil intégré EnergyAnalysis for Revit a été amélioré dans Revit 2014 (et versions ultérieures) et prend en charge des éléments de construction plus détaillés. Le workflow amélioré permet d'obtenir un modèle analytique énergétique directement à partir d'un modèle Revit et de générer les résultats dans Revit. Effectuée à l'aide de Green Building Studio, l'analyse permet de calculer la consommation totale d'énergie et son coût annuel, mensuel, quotidien et horaire, à l'aide d'une base de données mondiale regroupant des informations météorologiques. Vous avez également la possibilité de personnaliser la représentation visuelle des données obtenues grâce à Green Building Studio.

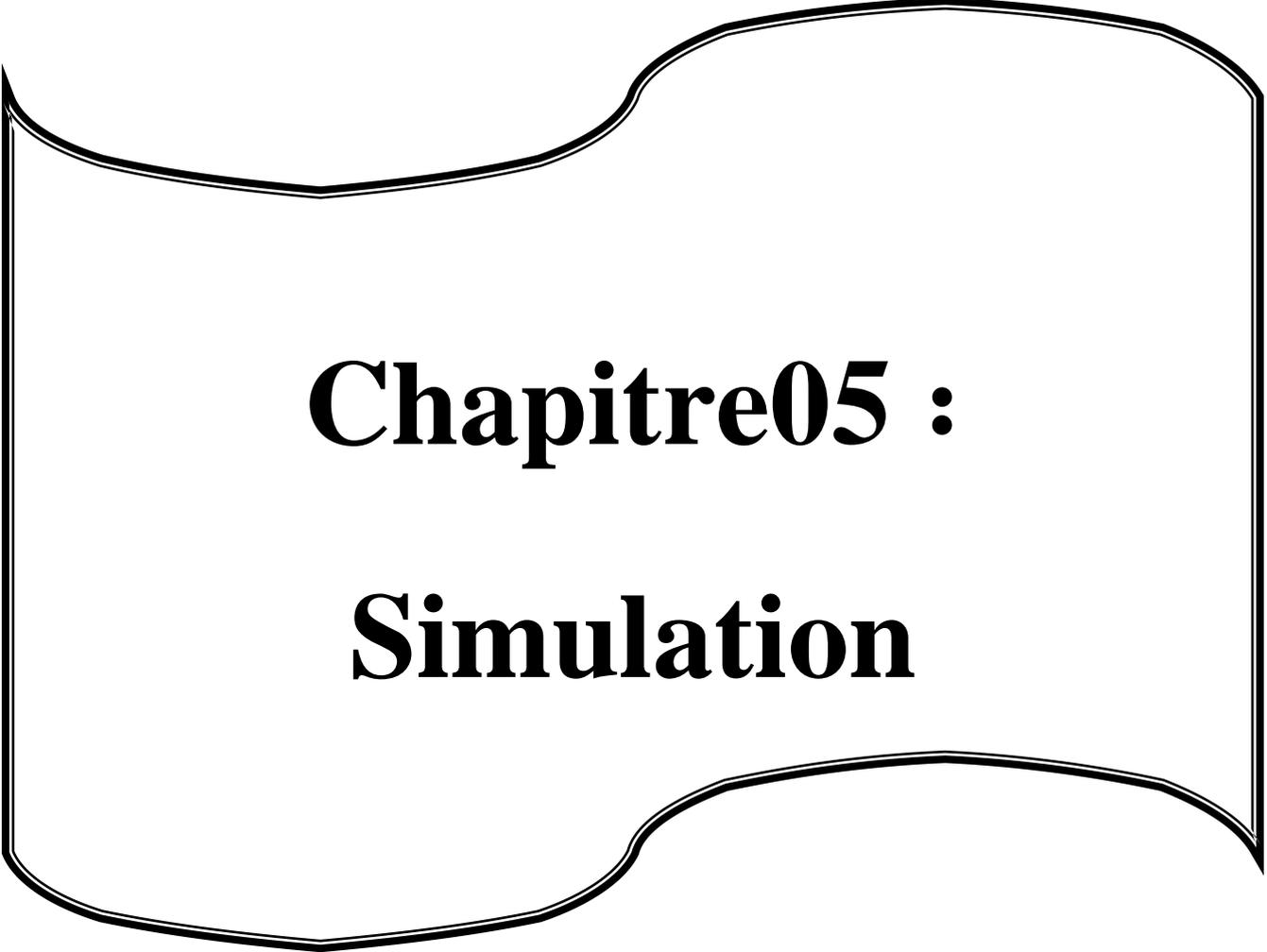
Conclusion

Pour l'architecte, la simulation doit permettre de valider rapidement des options fondamentales, D'explorer et de commencer à optimiser certains choix pour un meilleur confort.

L'analyse thermique par simulation se fait dans une perspective d'intégration des paramètres physique et climatique au processus de conception des bâtiments, elle permet aussi l'évaluation et le contrôle thermique des projets.

L'évaluation par simulation est plus flexible dans la mesure ou elle permet d'évaluer les performances thermiques d'une construction tout en agissant à volonté sur les éléments de la construction.

Pour évaluer notre bâtiment, on a utilisé le logiciel ECOTEC, logiciel de simulation thermique, acoustique et de coût, il permet de guider le processus de conception et aide les concepteurs à prendre les bonnes décisions (orientations, matériaux de construction)



Chapitre05 :
Simulation

Introduction :

Évaluer sérieusement la consommation d'énergie d'un bâtiment permet de disposer d'un système bien adapté, sachant que toute exigence supplémentaire se traduira par une augmentation de la puissance à mettre en oeuvre. Une analyse de 21 modèles des maisons de Ksar Negrine a la wilaya de Tébessa suivis d'expérimentations avec le logiciel de Ecotect analysas, nous a permis de déterminer l'impact de nombre de variables tel que la compacité urbaine sur la consommation d'énergie, concernant la climatisation ainsi que les différentes zones de consommation de chauffage.

Dans ce chapitre , on a deux dimensions , la première concerne de création de scénarios et d'expliquer la méthode de travail , et la deuxième partie est dirigé vers les simulations informatiques de la consommation énergétique de plusieurs modèles développés de la partie précédente qui nous conclut 21 scénarios à optimiser, une fois les résultats obtenus, nous procédons à leur présentation et interprétation. Pour arrive au modèle optimal.

Méthodes de travail :

Cette étude est basée sur la technique de la conception et test à travers l'utilisation de logiciel Ecotect analysas, ou on va examiner les solutions conceptuels utilisé dans la maison kousourienne de Negrine, par la vérification de la consommation énergétique et le confort thermique des maisons et ses espaces, et on a plusieurs modèles chaque modèle est différent de l'autre dans leur composition formelle. Ou on va changer ou annuler ces compositions dans chaque étape jusqu'à l'arrive au modèle optimal a travers les systèmes de notre cas d'étude.

Pour cela cette opération est articulée sur 3 étapes : la création, l'expérimentation, et l'interprétation.

I. La création du modèle et les variables de l'analyse :

1- les paramètres de l'analyse

Comme nous l'avons déjà précisé la modélisation est faite sur Ecotect, Pour examiner que les systèmes vernaculaires appliqués dans la vieille ville « Negrine» dans le coté de confort thermique et présent une économie d'énergie.

A- Les paramètres fixes d'analyse :

Sont les données qu'on ne change pas avec tous les scénarios de simulation :

- Les données climatiques de Tébessa.
- L'hauteur : 2.4 m pour tous les échantillons.
- Les dimensions de fenêtres.

B- Les paramètres variables d'analyse :

- Le groupement : présence et l'absence de compacité urbain.
- La forme : maison ouvert a l'intérieur (patio) ou ouvert a l'extérieur.
- Les matériaux de construction : pierre, terre et brique avec le béton armé.
- Partition spatiale : Changement l'orientation de chaque espace, changement de dimension de patio et présence ou non les espaces tampons.

2-Numérotation des scénarios :

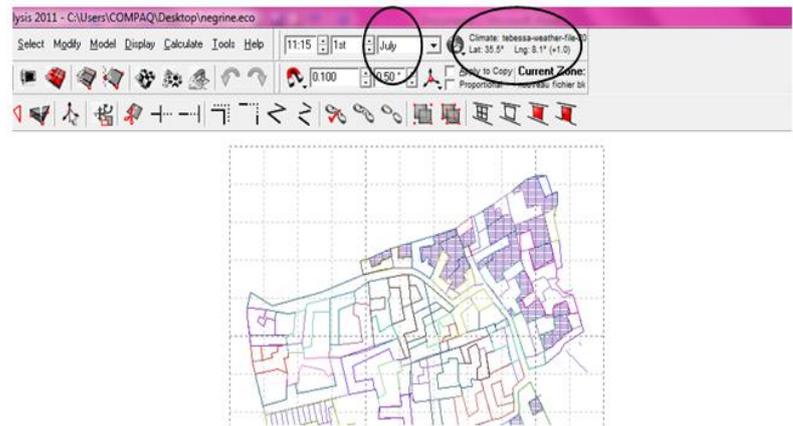
Le groupement		présence de compacité urbaine		absence de compacité urbaine		
		1		2		
La forme		Maison avec patio		Maison sans patio		
		3		4		
Partition spatiale	L'orientation	Patio	centre	Pièce	Nord	
			5		10	
			Est		Est	
			6		11	
			Ouest		Ouest	
			7		12	
			Sud		Sud	
			8		13	
			Nord			
	9					
	La taille de patio	3X3	4X4	5X5		
		14	15	16		
	les espaces tampons	Skifa		Sans skifa		
17		18				
Les matériaux de construction		pierre		terre	Béton et brique	
		19		20	21	

Tableau 03 : les variables d'analyse et les scénarios, **source**: auteur 2019.

3-Création du modèle :

Notre simulation sur logiciel Autodesk Ecotect analysis commence par la localisation et l'intégration des données climatique de la région de Tébessa. Et la précision de la date utilisée pour l'analyse, nous choisissons 1ère juillet.

Fig 64 : l'intégration des données climatique de la région et la précision de la date, **Source** auteur, 2019.



Ensuite, nous précisons les heures (24H), et aussi la température du confort entre 18° et 26°, TOL=6, la ventilation naturelle.

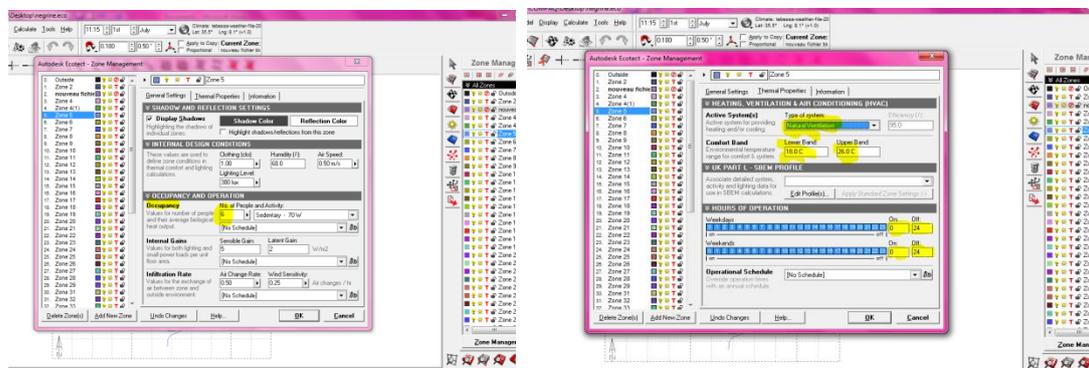


Fig 65: la précision de l'heure, ventilation et la température, TOL, **Source** auteur, 2019.

Après l'introduire de toutes ces données nous commençons à la réalisation des modèles de simulation chaque modèle à leurs propriétés selon les codés cités dans le tableau des scénarios précédent.

Fig 65 : 3D de Ksar Negrine dans ECOTECT, **Source** auteur, 2019.

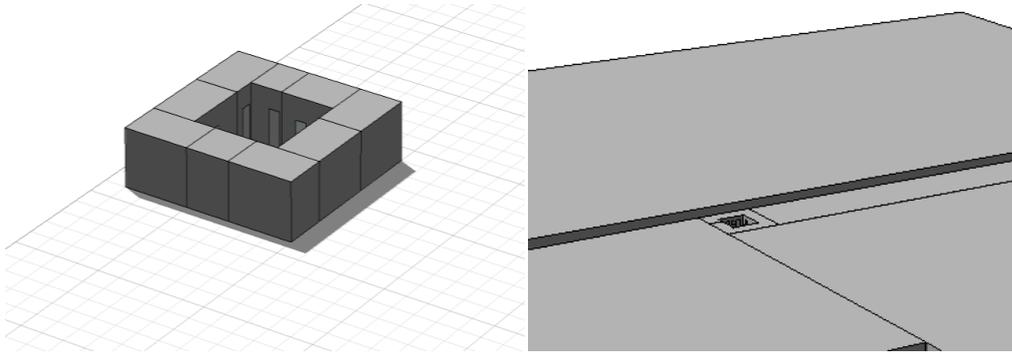


Fig 66: vue 3d sur le modèle 1, **Source** : auteur, 2019. **Fig 67**: vue 3d sur le modèle 2, **Source** :auteur , 2019.

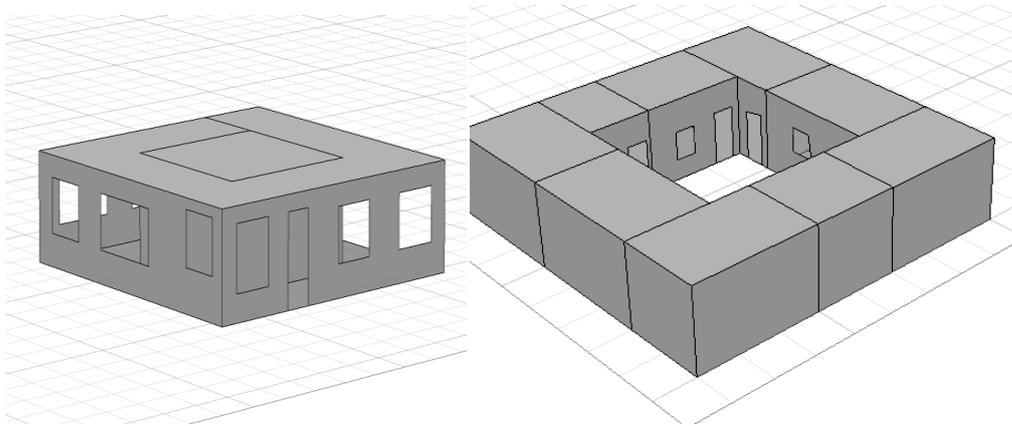


Fig 68: vue 3d sur le modèle 3, **Source** : auteur, 2019. **Fig 69**: vue 3d sur le modèle 4, **Source** :auteur , 2019.

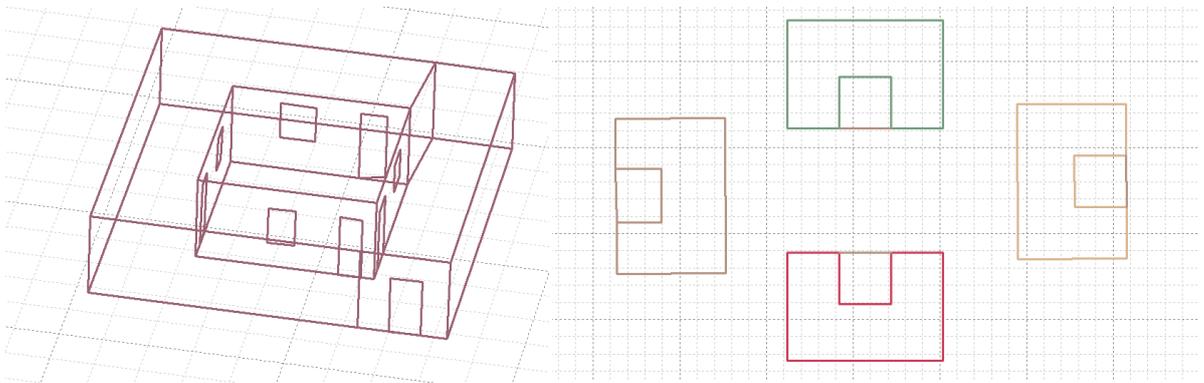


Fig 70: vue 3d sur le modèle 5, **Source** : auteur, 2019. **Fig 71**: vue 3d sur le modèle 6,7,8et 9, **Source** : auteur, 2019.

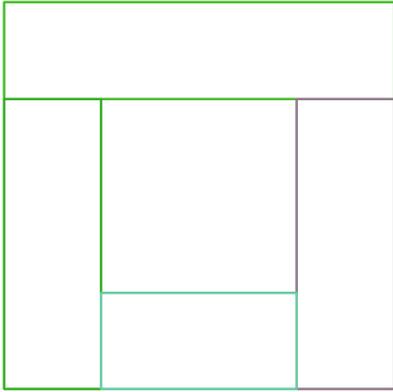


Fig 72: vue en plan sur le modèle 10,11,12,13, **Source :** auteur, 2019.

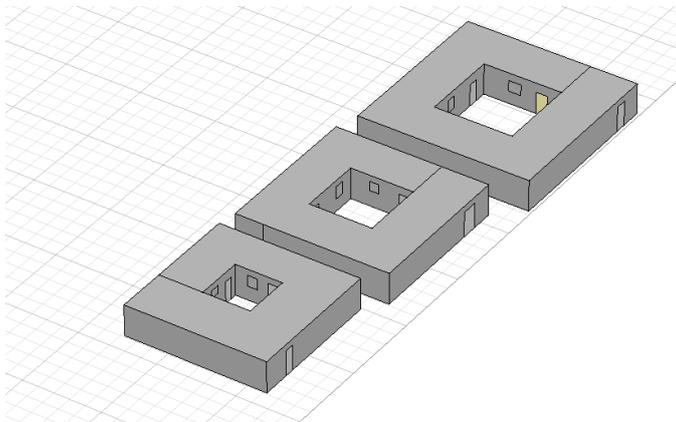


Fig 73: vue 3d sur le modèle 14,15,16, **Source :** auteur, 2019.

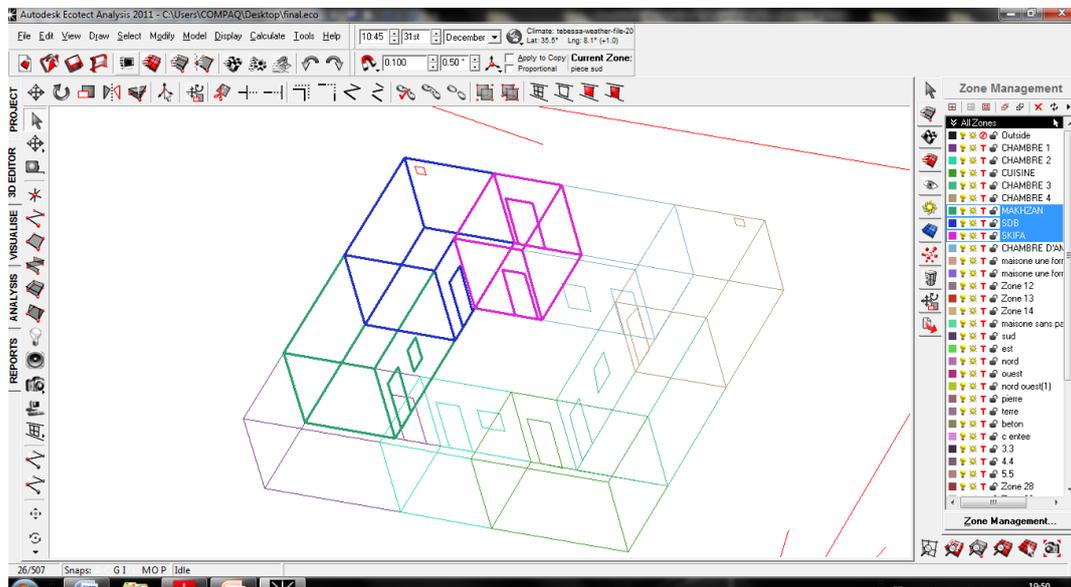


Fig 74: vue 3d sur le modèle 17,18et19, **Source :** auteur, 2019.

4-Les étapes de l'expérimentation (simulation) :

Après la création du modèle sur logiciel ECOTECT en à passer à l'étape de la simulation :

4-1-La consommation énergétique :

Pour démarrer le calcul de la consommation énergétique, clique sur « ANALYSIS », le menu suivant apparait. On sélectionne « Resource consumption » et on cache seulement « Heating/Cooling loads » puis on clique sur calculate, plus cela prendra un peu du temps relativement au degré des détails et au nombre des éléments à calculer.

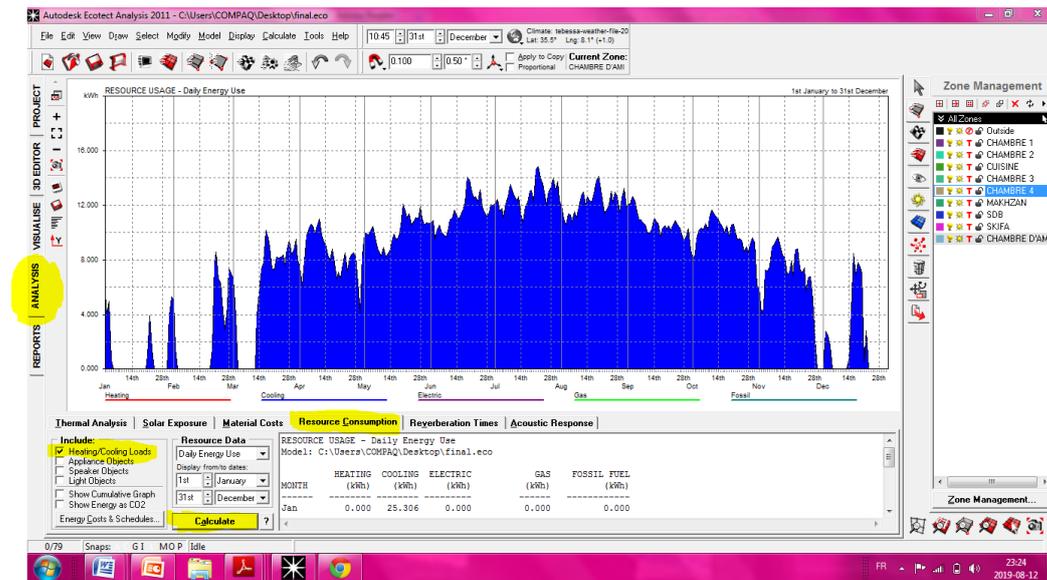


Fig 75 : type d'analyse et calculations des résultats, **source** auteur, 2019.

Ce dernier écran affiche les résultats obtenu en graphe et un tableau qui contient les informations qu'on les recherche, la consommation du scénario en climatisation et de chauffage pendant les 12 mois.

- En sélectionnant ces dernières données et les importer en tableaux numériques sur logiciel MICROSOFT Excel, nous obtenant une base de données , et on les traduire en graphes.

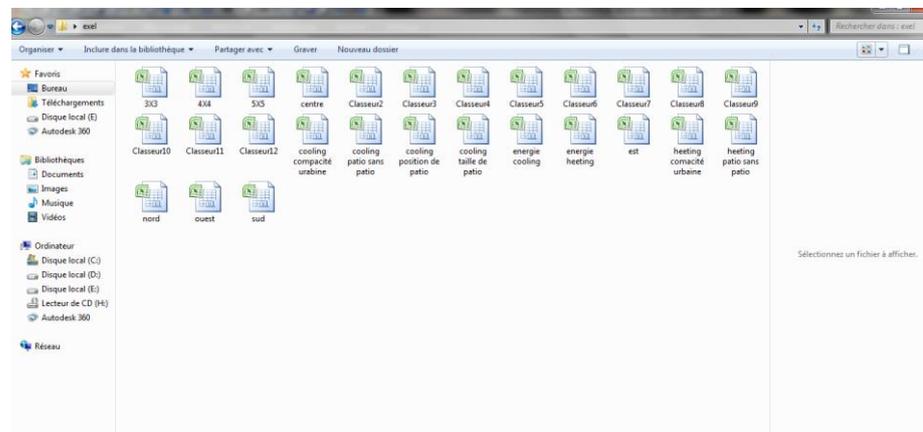


Fig 76 : les résultats d'analyse, **source** : auteur, 2019.

Ces graphes facilitent la lecture des résultats on va présenter ces informations dans des graphes, deux graphes saisonniers (climatisation et chauffage), ces derniers nous précisent la dégradation de la consommation énergétique pour chaque scénario.

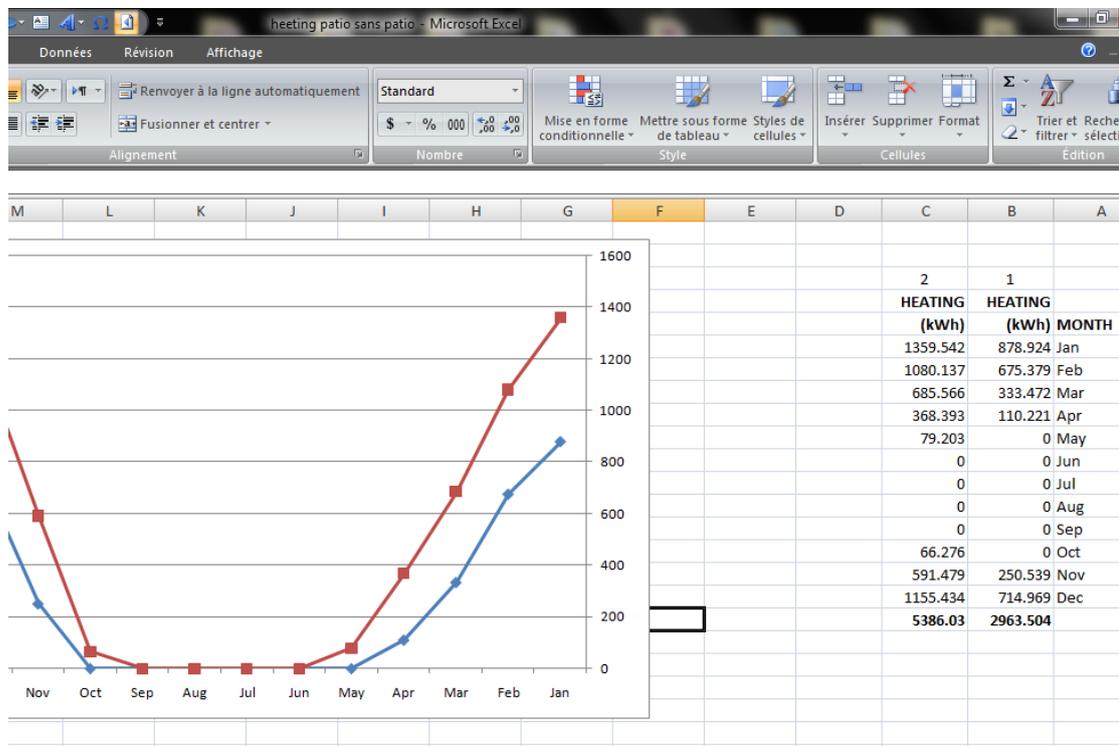


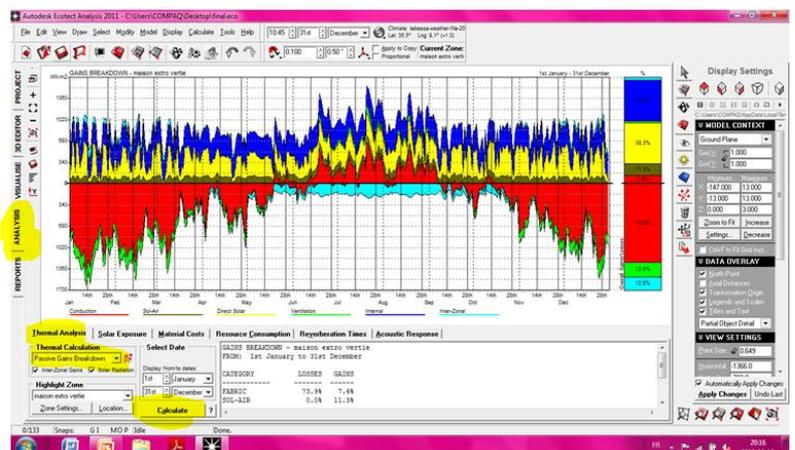
Fig 77: le résultat d'analyse en tableau et en graphe, Source : auteur, 2019.

Ensuite on va classer les scénarios du plus performant jusqu'à le moins performant selon leur économie d'énergie ; pour collecte le différent résultat dans une forme de modèle

4-2-Le confort thermique :

Pour démarrer l'analyse de confort thermique, on clique sur « ANALYSIS », le menu suivant apparait. On sélectionne « thermal analysis » et on choisit « passive gains break down » puis on clique sur calculate, plus cela prendra un peu du temps relativement au degré des détails et au nombre des éléments à calculer.

Fig 78 : type d'analyse et calculations des résultats, Source :auteur, 2019.



Pour exploiter ses données, on utilise le paramètre : « compacité urbaine », pour justifier les résultats les résultats relatifs a la consommation d'énergie. On focaliser sur la condensation et dierct solar.

A travers l'examinassions des tableaux et des graphes, a l'aide du logiciel EXCEL on a obtenu plusieurs résultats suivantes:

- consommation énergétique pour (heating) et (cooling).
- classement énergétique pour (heating) et (cooling).
- classement finale énergétique plus économie d'énergie pour (heating/cooling).

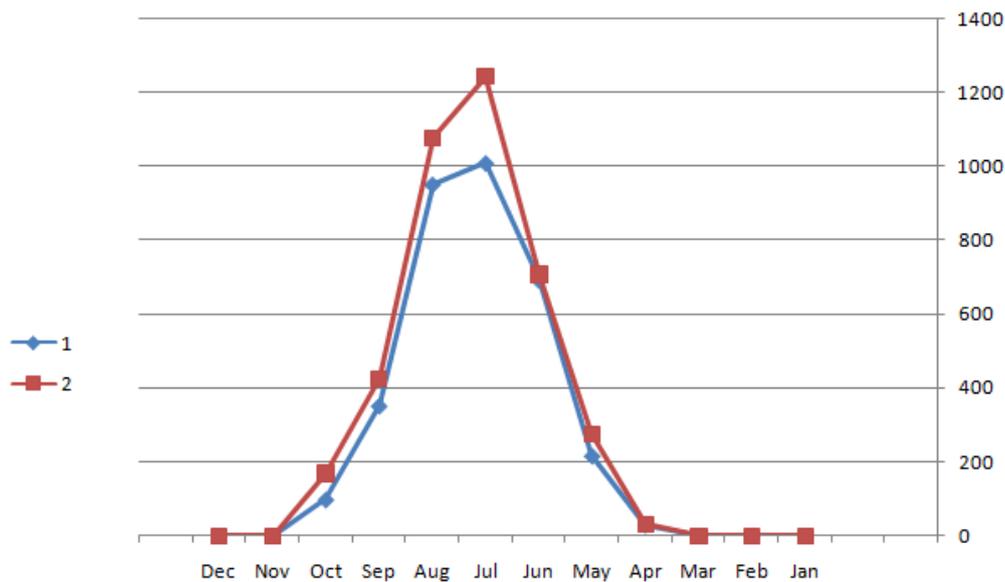
II. Vérification générale de la consommation énergétique dans les 21 scénarios et pendant deux période heating et cooling :

1- Le groupement « Compacité urbaine » :

A- La consommation énergétique pendant la période de climatisation (cooling) :

	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec
1	0	0	0	29.0 66	215. 597	691. 474	1007 .954	950. 168	350. 884	97.2 86	0	0
2	0	0	0	30.6 7	276. 37	706. 852	1242 .489	1077 .064	424. 878	168. 781	0	0

Tableau 04 : la consommation énergétique de climatisation « compacité urbaine », **Source:** auteur 2019.



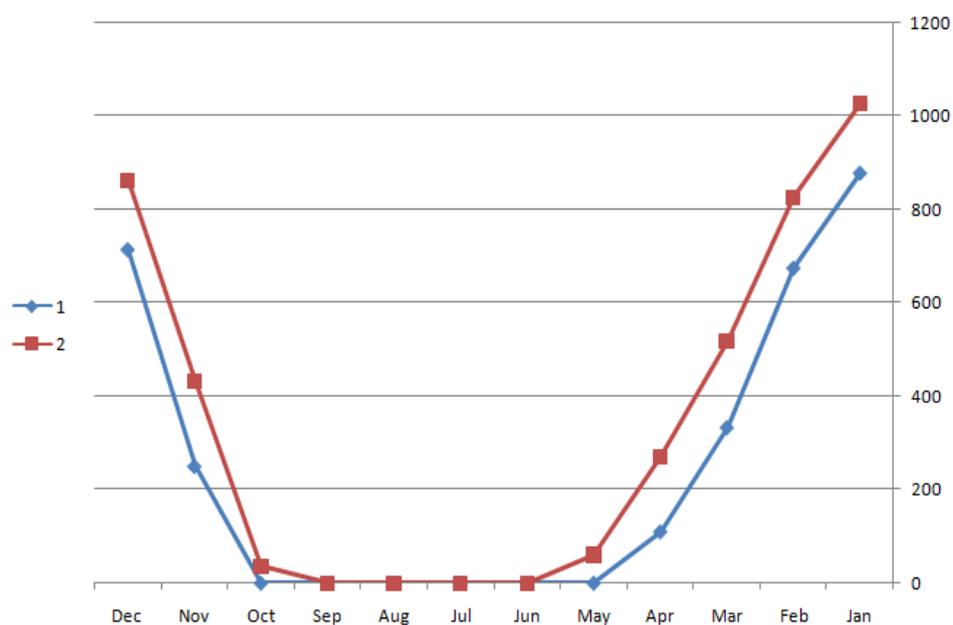
Graphe 05 : la consommation énergétique de climatisation « compacité urbaine », **Source:** auteur 2019.

Dans notre cas, et selon les données climatiques de la région de Tébessa ainsi que la base de données du logiciel Ecotect, on constate tout d’abord que l’utilisation de climatisation enregistrée pour le confort d’été est pendant 7 mois dans l’année, d’avril jusqu’à octobre et les graphes de deux scénarios sont proches, Ensuite, le graphe nous montrent que la consommation énergétique augmente d’avril jusqu’au le pic atteint au juillet ensuite il diminue jusqu’à ce qu’il soit éliminé en novembre.

B- La consommation énergétique pendant la période de chauffage (heating) :

	Jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec
1	878. 924	657. 379	333. 472	110. 221	0	0	0	0	0	0	250. 539	714. 969
2	1027 .588	825. 999	519. 767	270. 310	60.4 50	0	0	0	0	35.8 97	433. 11	8633 .124

Tableau 05: la consommation énergétique de chauffage « compacité urbaine », **Source:** auteur 2019.



Graphe 07 : la consommation énergétique de chauffage « compacité urbaine » **Source:** auteur 2019.

On constate tout d'abord que l'utilisation de chauffage enregistrée pour le confort d'hiver est pour des scénarios pendant 8 mois dans l'année, de Octobre jusqu'à Mai, l'autre scénario pendant 6 mois de Novembre à Avril

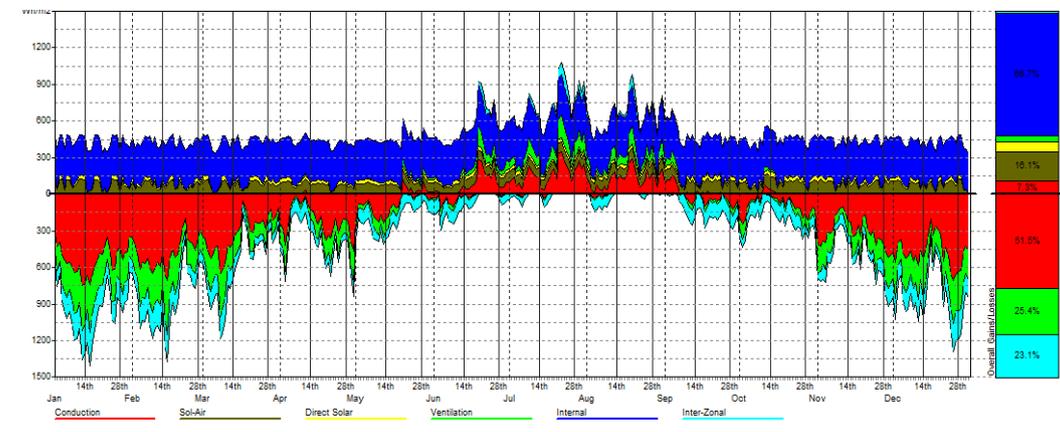
Ensuite, le graphique nous montre qu'il y a une variation de la consommation énergétique pour chaque scénario, et les mois de janvier et décembre sont les mois où la consommation est plus élevée.

C-Résultat 1 :

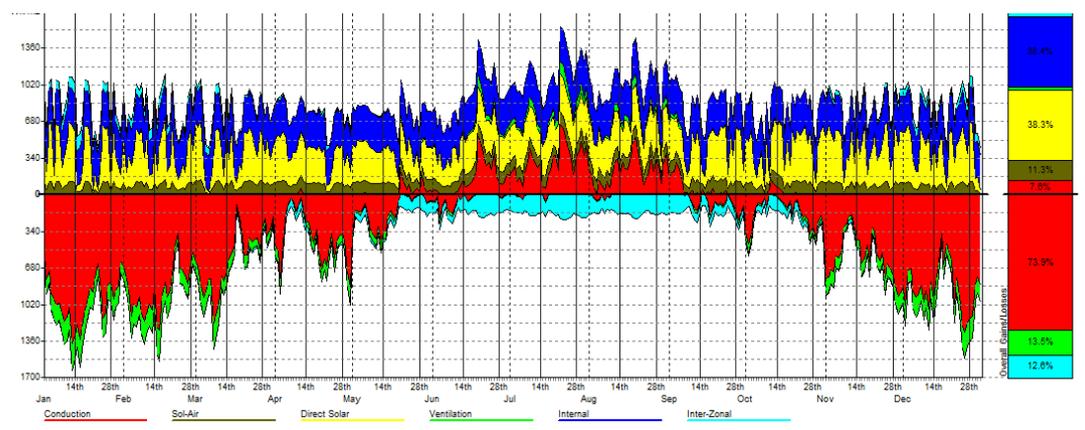
La compacité urbaine de bâtiments de Negrine a conduit à créer des ruelles étroites, et ce phénomène a deux facteurs :

- **Le facteur socioculturel:** L'enchevêtrement : la forme compacte de Ksar de Negrine d'habitat exprime une volonté d'alliance, de cohésion et de solidarité entre les membres de la communauté. Il y a aussi la **volonté d'une forte hiérarchisation de l'espace urbain**
- **Le facteur climatique :** la compacité contribue à créer un microclimat agréable à l'intérieur de la maison que dans l'espace extérieur .le rapport de cette forme urbaine au climat se traduit par: la mitoyenneté est réduit énormément les surfaces exposées vers l'extérieur. Il minimise l'impact du soleil ainsi que la nature des routes étroites et sinueuses pour maintenir l'air froid pendant de longues périodes de la journée en été, sans parler de l'ombre et de la protection de vent chaud , et Limiter les déperditions de calories pendant la période hivernale

Les schémas suivants , sera confirmer l'analyse précédent ,



Graph 06 : schéma de conduction et les rayones solaire directe « compacité urbaine », **Source:** auteur 2019.



Graph 07 : schéma de conduction et les rayones solaire directe « absence de compacité urbaine », **Source:** auteur 2019.

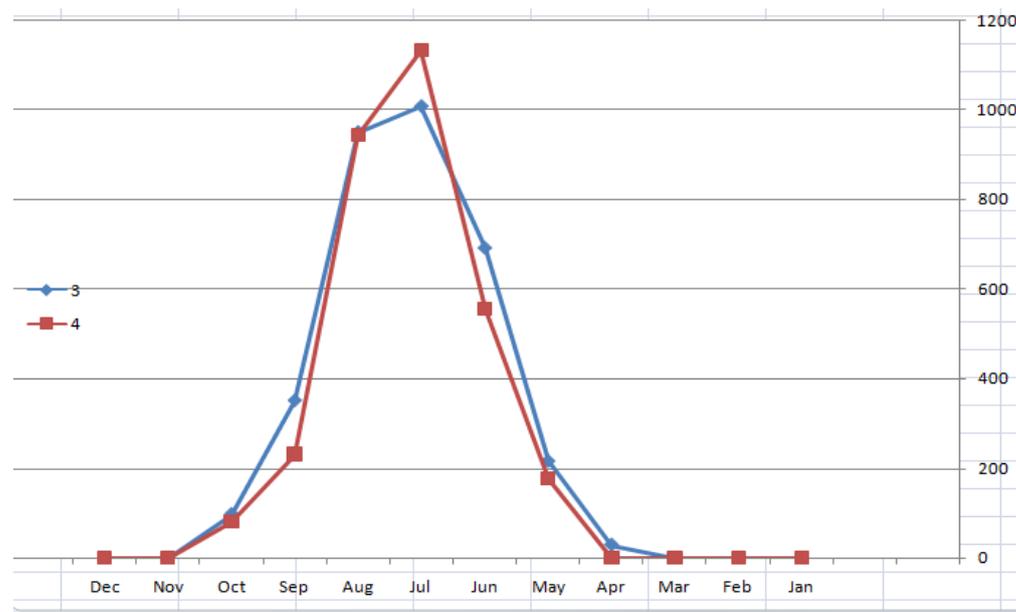
Les deux graphes précédents montrent clairement la différence entre les rayonnements solaires reçus (représentée en jaune), elle est presque nulle dans le 1^{er} scénario et dans le 2^{ème} scénario est 38,3 %, et la conduction (en rouge) la différence entre le premier (51.5%) et le second scénario (73.9%) est 22.4 %. Et ce résultat confirme notre interprétation.

2- La forme (patio)

A- La consommation énergétique pendant la période de climatisation (cooling)

	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec
3	0	0	0	29.0 66	215. 597	691. 474	1007 .954	950. 168	350. 884	97.2 86	0	0
4	0	0	0	0	177. 072	555. 092	1131 .987	942. 99	231. 012	81.1 65	0	0

Tableau 06 : la consommation énergétique de climatisation « patio », **Source**: auteur 2019.



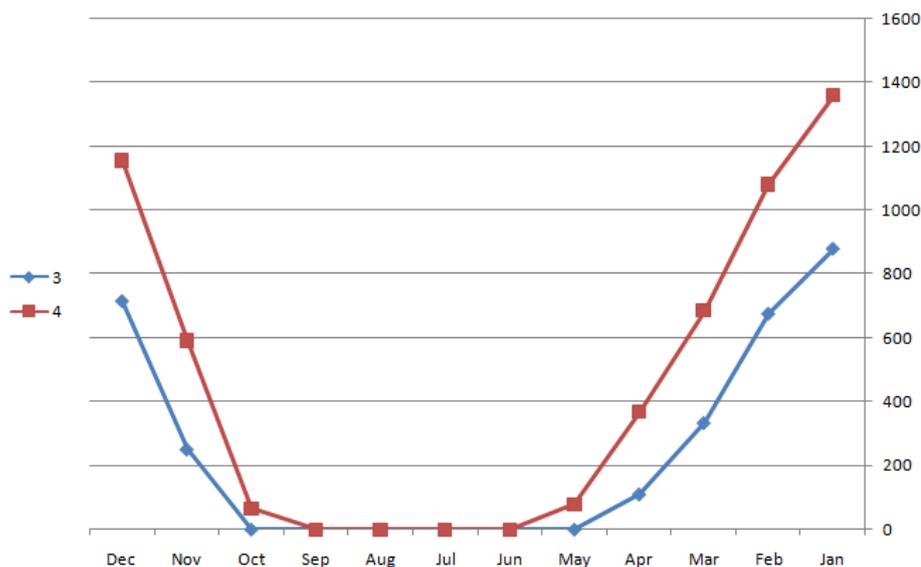
Graphe 08 : la consommation énergétique de climatisation « patio », **Source**: auteur 2019.

Dans ce cas, on constate tout d'abord que l'utilisation de climatisation enregistrée pour le confort d'été est pendant 9 mois dans l'année, de Mars jusqu'à Novembre et les graphes de deux scénarios sont proches, Ensuite, le graphe nous montre que la consommation énergétique augmente d'Avril jusqu'à ce que le pic soit atteint en juillet, ensuite elle diminue jusqu'à ce qu'elle soit éliminée en novembre.

B- La consommation énergétique pendant la période de chauffage (heating) :

	Jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec
3	878. 924	657. 379	333. 472	110. 221	0	0	0	0	0	0	250. 539	714. 969
4	1359 .542	1080 .137	685. 566	368. 393	79.2 03	0	0	0	0	66.2 76	591. 479	1155 .434

Tableau 07 : la consommation énergétique de chauffage « patio » ? **Source:** auteur 2019.



Graph 09 : la consommation énergétique de chauffage « patio », **Source:** auteur 2019.

La somme d'énergie nécessaire pour le chauffage de maison avec patio (2963.504 khw) est presque le moitié d'énergie nécessaire de maison sans patio (5386.03 khw) .

C-Résultat 2:

- La protection des bâtiments du soleil est l'objectif principal des anciens habitants de la ville de Negrine, Parmi ces méthodes est l'utilisation de cours intérieures (introversion), ce qui permet d'isoler la lumière du soleil de la plupart des éléments du bâtiment, assurer l'intimité, ainsi que la vue magnifique sur la cour cultivée, ce qui contribue à réduire l'intensité de la chaleur et à absorber le soleil.

- La nuit, il ré-irradie les quantités d'énergie solaire que on a capté toute la journée dans ses murs et dans le sol jusqu'au ciel, tout en y stockant de l'air froid. et ce procédé est utile dans la zone de Negrine, qui connaisse par une grande variation de température entre la nuit et le jour .Lorsque la cour intérieure est exposé au soleil, le poids de l'air chaud diminue et s'élève au sommet de la cour ouverte.

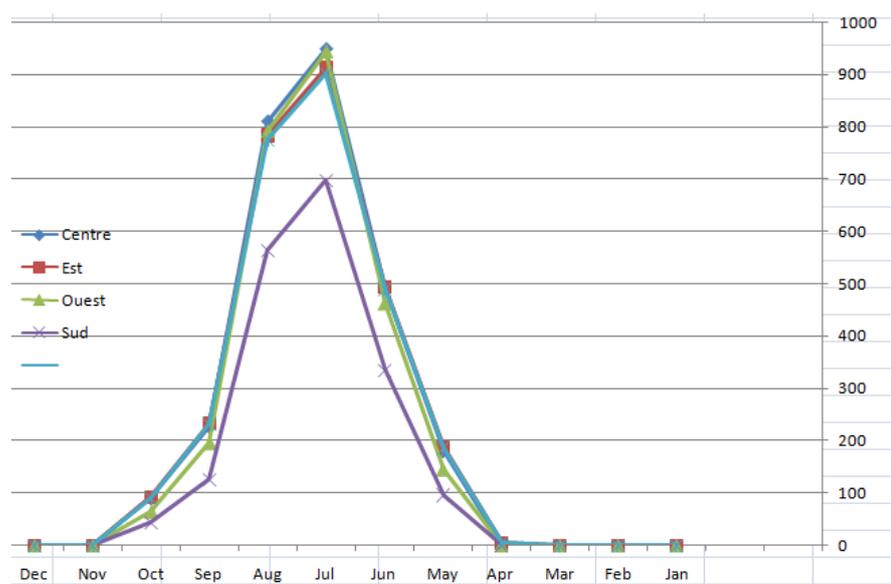
3-Partition spatiale :

3-1-1'orientation de patio :

A- La consommation énergétique pendant la période de climatisation (cooling)

	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec
Centre 5	0	0	0	0	179.542	490.831	948.602	810.268	226.244	89.246	0	0
Est6	0	0	0	5.072	187.817	493.537	913.036	783.523	233.041	91.645	0	0
Ouest 7	0	0	0	0	145.298	462.241	944.029	792.268	195.346	64.226	0	0
Sud 8	0	0	0	1.069	96.103	334.232	697.043	563.591	125.412	43.948	0	0
Nord 9	0	0	0	3.081	186.246	489.109	900.794	774.363	232.08	90.080	0	0

Tableau 08 : la consommation énergétique de climatisation « orientation de patio », **Source:** auteur 2019

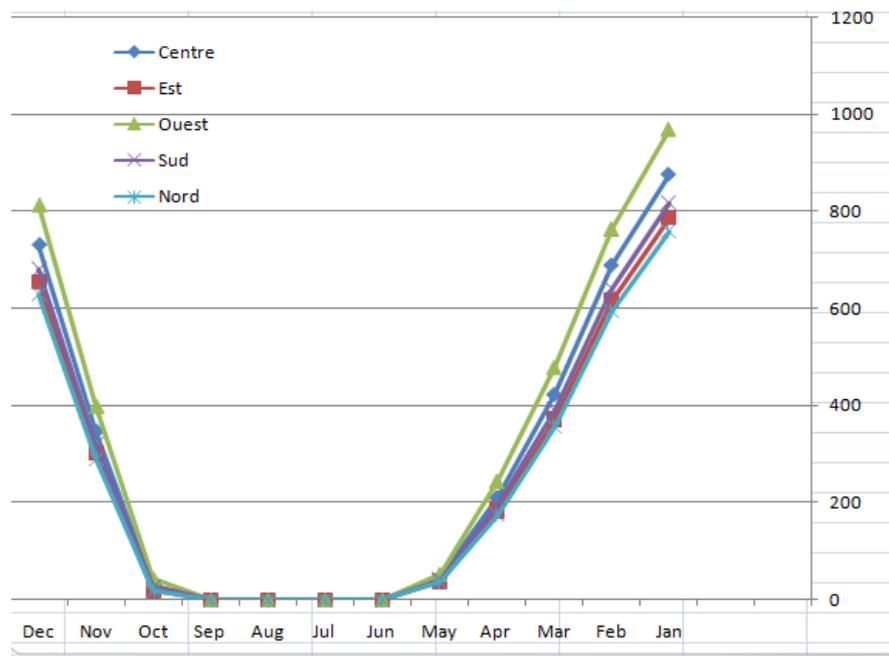


Graph 10 : la consommation énergétique de climatisation « orientation de patio », **Source:** auteur 2019

B- La consommation énergétique pendant la période de chauffage (heating) :

	jan	feb	mar	apr	may	ju n	ju l	au g	se p	oct	nov	dec
Centre- 5-	876. 033	689.08 4	422.70 9	211.19	45.27 3	0	0	0	0	29.16 5	347.28 2	731.41
Est-6-	784. 664	615.49	370.47 8	182.24 3	37.75 3	0	0	0	0	19.90 8	302.17 6	651.93 6
Ouest- 7-	967. 744	762.81 4	477.79 4	244.18 7	52.59 4	0	0	0	0	42.50 1	397.68 5	812.29 6
Sud-8-	817. 285	641.57 6	391.10 5	194.36 4	40.77 6	0	0	0	0	26.70 2	319.95 9	680.59 5
Nord - 9-	758. 054	594.29 9	357.36 8	174.52 9	35.93 3	0	0	0	0	18.29	290.10 6	628.90 7

Tableau 09: la consommation énergétique de chauffage «orientation de patio », **source:** auteur 2019.



Graphe 11 : la consommation énergétique de chauffage «orientation de patio », **Source:** auteur 2019.

C-Résultat 3 :

L'orientation du patio joue un rôle primordial dans leur comportement thermique et automatiquement sur les espaces entourées par celui-ci. Les conditions de l'investigation sont les même que celles de l'effet de la course journalière du soleil, le changement se réside seulement dans l'orientation (Est, Ouest, Nord, Sud)

Été : la surface ombragée maximale est important, on peut l'assurer avec l'orientation Sud, comme nous remarquons que l'orientation Sud, le moins énergie 1861.398 et les autres orientations sont plus de 2600 KWh. Donc l'orientation Sud qui produise le maximum de protection dans la période estivale.

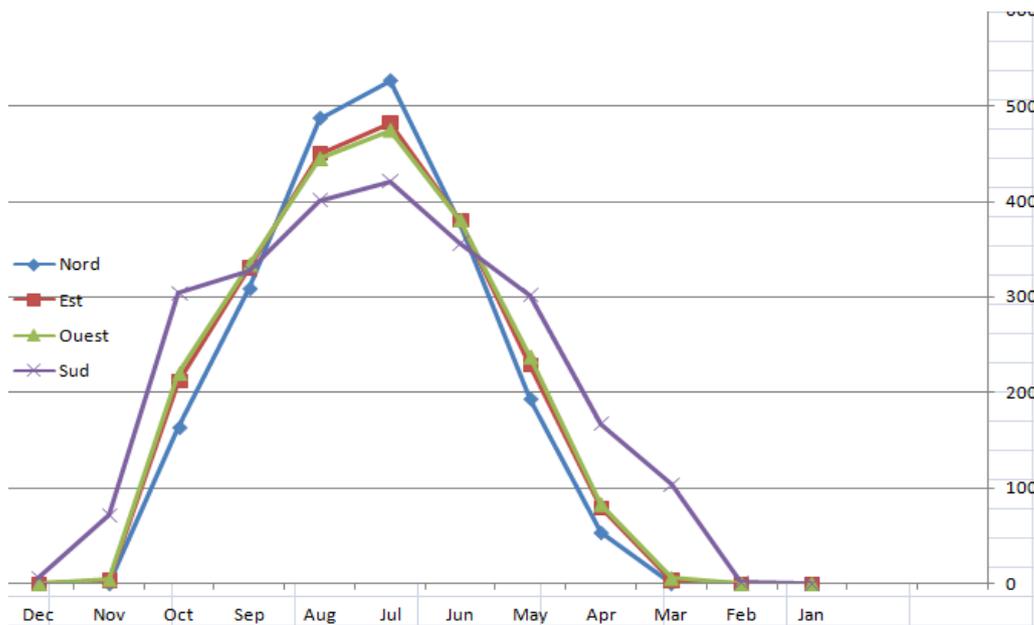
Hiver : l'orientation Nord assurer le minimum d'ombrage et d'énergie solaire captée, transformée et conservée à l'intérieur de la construction et valorisée au moment opportun.

3-2- l'orientation de pièce :

A- La consommation énergétique pendant la période de climatisation (cooling)

	jan	feb	mar	apr	mai	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec
Nord	0	0	0	53. 2890	193 .144	378 .554	526 .400	487 .141	308 .586	163 .292	0	0
Est	0	0	3.3 56	79. 199	228 .187	379 .998	481 .534	449 .864	329 .785	211 .645	3.3 55	0
Ouest	0	0	5.6 98	83. 068	237 .106	380 .031	473 .961	444 .24	333 .741	219 .785	4.3 05	0
Sud	0	1.7 42	103 .423	167 .102	301 .837	356 .200	420 .583	400 .649	327 .822	303 .659	71. 13	5.5 16

Tableau 10 : la consommation énergétique de climatisation « l'orientation de pièce », **Source:** auteur 2019

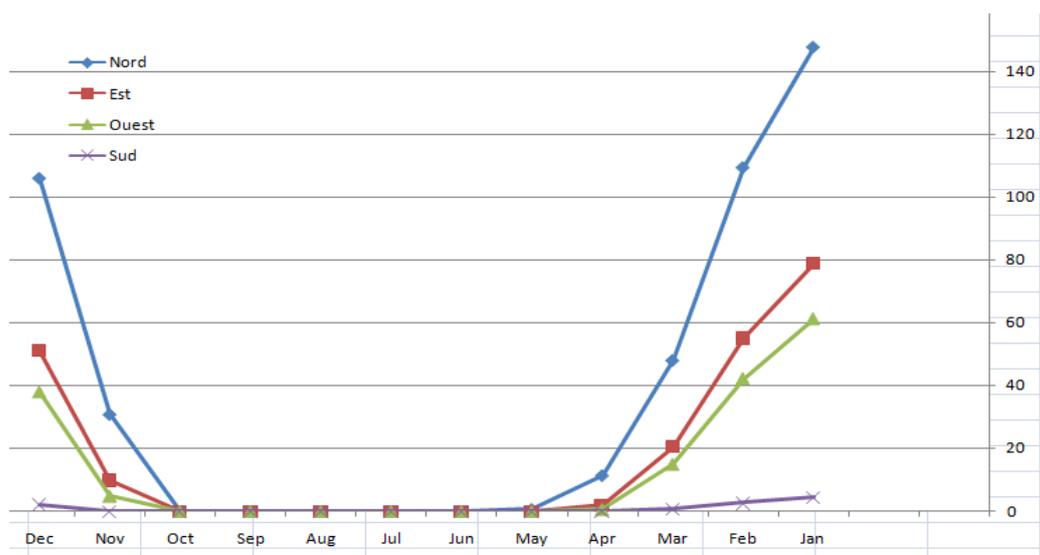


Graph 11 : la consommation énergétique de climatisation « l'orientation de pièce », **Source**: auteur 2019

B- La consommation énergétique pendant la période de chauffage (heating) :

	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec
Nord	147. 633	109. 34	48.0 01	11.4 22	0.66 3	0	0	0	0	0	30.8 33	105. 934
Est	78.6 40	54.9 41	20.5 35	2.00 5	0	0	0	0	0	0	9.91 3	51.0 43
Ouest	61.2 65	42.2 55	14.9 97	0.65 6	0	0	0	0	0	0	4.86 5	38.0 29
Sud	4.35 7	2.64 1	0.86 7	0	0	0	0	0	0	0	0	2.17 5

Tableau 11 : la consommation énergétique de chauffage « l'orientation de pièce », **Source**: auteur 2019.



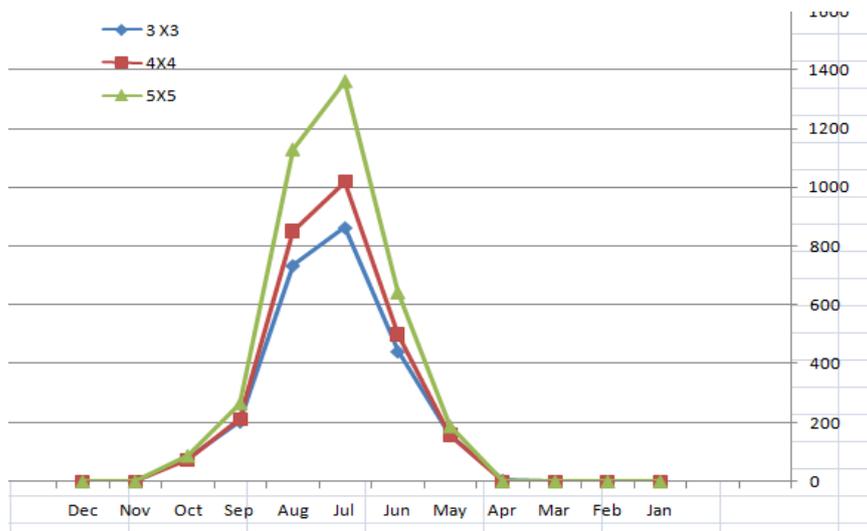
Graph 13 : la consommation énergétique de chauffage « l'orientation de pièce », **Source**: auteur 2019.

3-3- La taille de patio

A- La consommation énergétique pendant la période de climatisation (cooling) taille de patio

	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec
3X3	0	0	0	3.94 9	157. 963	498. 808	1016 .822	848. 797	211. 971	73.9 05	0	0
4X4	0	0	0	0	157. 963	498. 808	1016 .822	848. 797	211. 971	73.9 05	0	0
5X5	0	0	0	0	187. 525	641. 818	1358 .502	1127 .22	265. 189	87.2 69	0	0

Tableau 12 : la consommation énergétique de climatisation « La taille de patio », **Source**: auteur 2019

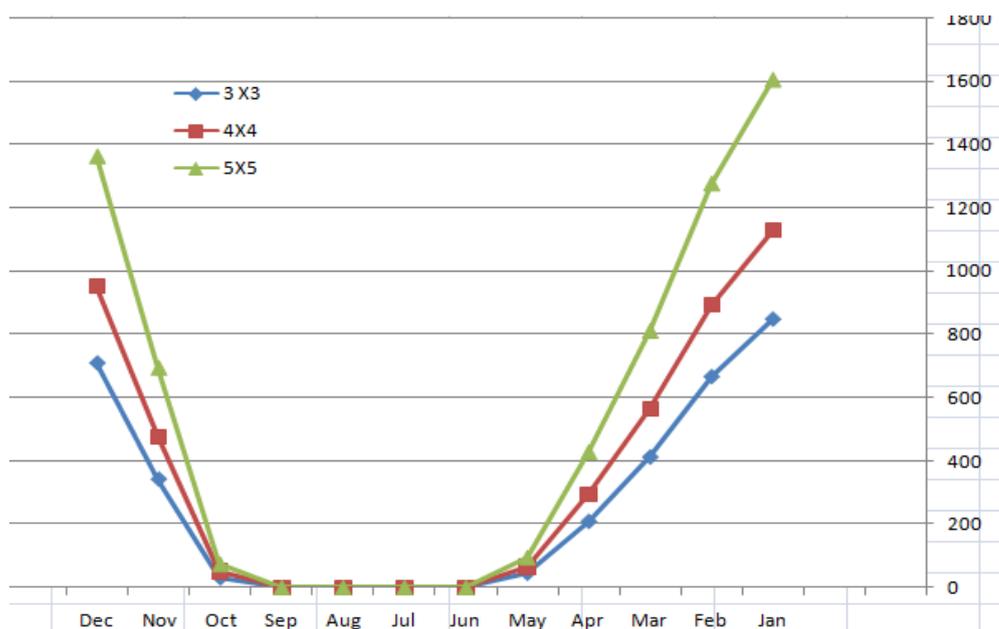


Grphe 14 : la consommation énergétique de climatisation « La taille de patio », **Source:** auteur 2019

B- La consommation énergétique pendant la période de chauffage (heating) :

	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec
3X3	864. .169	665. 122	411. 442	208. 438	45.1 99	0	0	0	0	30.9 85	341. 908	708. 162
4X4	1127 .696	892. 193	564. 218	293. 553	64.8 6	0	0	0	0	51.2 39	477. 03	952. 357
5X5	1605 .275	1277 .193	811. 491	428. 320	94.7 95	0	0	0	0	73.3 47	694. 355	1363 .53

Tableau 13 : la consommation énergétique de chauffage « La taille de patio », **Source:** auteur 2019



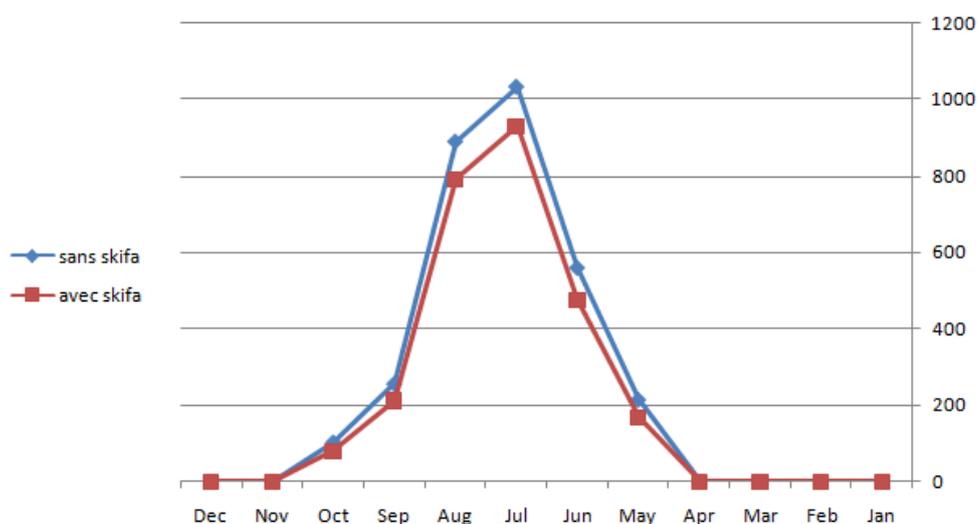
Graph 15 : la consommation énergétique de chauffage « La taille de patio », **Source:** auteur 2019

3-4- les espaces tampons « Skifa » :

A- La consommation énergétique pendant la période de climatisation (cooling) Skifa

	Jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	Sep	oct	nov	dec
Avec Skifa	0	0	0	0	214.2	559.0	1032.	888.9	255.8	102.7	0	0
					55	52	272	41	19	52		
Sans Skifa	0	0	0	0	167.2	474.6	930.3	793.1	212.2	80.74	0	0
					83	51		91	72	2		

Tableau 14: la consommation énergétique de climatisation « Skifa », **Source:** auteur 2019.

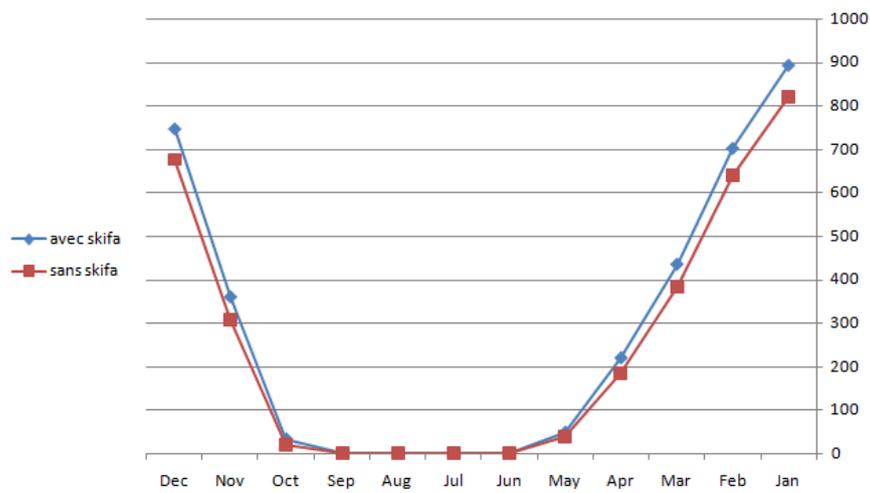


Graph 16 : la consommation énergétique de climatisation « Skifa », **Source:** auteur 2019.

B- La consommation énergétique pendant la période de chauffage (heating) :

	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	Oct	nov	dec
Avec Skifa	894.	702.	435.	220.	48.6	0	0	0	0	32.8	360.	747.
Sans Skifa	839	188	56	853	01					91	956	45

Tableau 15 : la consommation énergétique de chauffage « Skifa », **Source:** auteur 2019.



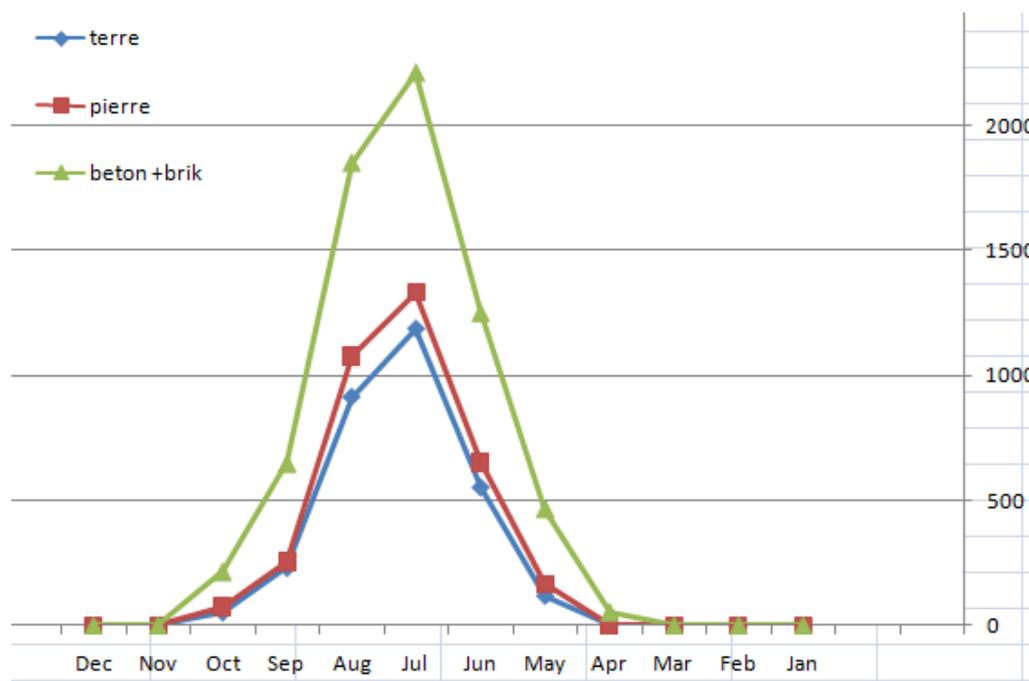
Graph 17 : la consommation énergétique de chauffage « Skifa », **Source:** auteur 2019.

4- les matériaux de construction :

A- La consommation énergétique pendant la période de climatisation (cooling) matériaux de construction

	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec
Terre	0	0	0	0	118.8 69	551.9 46	1187. 026	914.0 84	230.0 44	51.87 2	0	0
Pierre	0	0	0	0	165.3 56	651.7 62	1330. 464	1075. 251	253.7 04	75.04 8	0	0
Béton +brik	0	0	0	53.75 6	465.7 96	1248. 714	2210. 287	1849. 439	646.5 81	214.2 85	0	0

Tableau 16 : la consommation énergétique de climatisation « matériaux de construction », **Source:** auteur 2019.

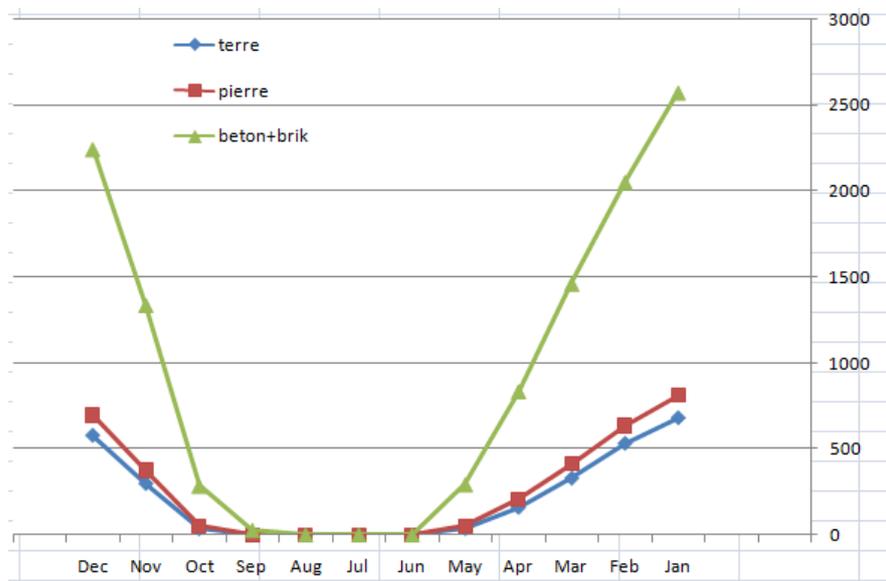


Graphe 18: la consommation énergétique de climatisation « matériaux de construction », **Source:** auteur 2019.

A- La consommation énergétique pendant la période de chauffage (heating) matériaux de construction

	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec
Terre	682.	534.	330.	160.	37.6	0	0	0	0	36.2	300.	581.
	982	177	759	652	06					22	127	195
pierr e	807.	632.	409.	207.	52.6	0	0	0	0	51.1	373.	691.
	913	568	854	286	69					00	760	664
Béto n+bri k	2572	2051	1460	833.	292.	0	0	0	25.9	283.	1336	2242
	.529	.456	.254	089	556				66	794	.241	.540

Tableau 17 : la consommation énergétique de chauffage « matériaux de construction », **Source:** auteur 2019.



Graphe 19 : la consommation énergétique de climatisation « matériaux de construction », **Source:** auteur 2019

Classement totale de consommation énergétique plus économie d'énergie pour (heating/cooling) et classement finale de performance énergétique plus économie d'énergie pour (heating/cooling) :

Dans les tableaux suivants , on a coloré (rose) le cellule qui a le moins d'énergie :

1- Le groupement « compacité urbaines » :

Scénario	1	2
heating	2963.504	4036.249
Cooling	3342 .429	3927. 104

Tableau 18: la consommation énergétique total « compacité urbaines » , **Source:** auteur 2019.

2-la forme de maison

Scénario	3	4
heating	2963.504	5386.030
Cooling	3342 .429	3229. 318

Tableau 19 : la consommation énergétique total « la forme de maison» , **Source:** auteur 2019.

3-Partition spatiale :

3-1-1'orientation de patio :

Scénario	5	6	7	8	9
heating	3352.146	2964.648	3757.615	3112.362	2857.486
Cooling	2744.751	2707.671	2603.408	1861.398	2677.753

Tableau 20 : la consommation énergétique total « 1'orientation de patio » , **Source:** auteur 2019.

3-2- l'orientation de pièce :

Scénario	10	11	12	13
heating	453.826	217.077	162.071	2.175
Cooling	2110.406	2166.923	2181.908	2459.663

Tableau 21 : la consommation énergétique total « l'orientation de pièce » , **Source:** auteur 2019.

3-3- La taille de patio

Scénario	14	15	16
heating	3257..425	4423.146	6348.306
Cooling	2483.173	2808.266	3667.551

Tableau 22 : la consommation énergétique total « La taille de patio» , **Source:** auteur 2019.

3-4- les espaces tampons « Skifa » :

Scénario	17	18
heating	3443.378	3073.238
Cooling	2658.439	3053.061

Tableau 23 : la consommation énergétique total « les espaces tampons » , **Source:** auteur 2019.

4- les matériaux de construction :

Scénario	19P	20t	21b
heating	3226.814	2663.72	11098.425
Cooling	3551.585	3053.841	6688.858

Tableau 24 : la consommation énergétique total « les matériaux de construction » , **Source:** auteur 2019.

6-Les choix optimaux :

Dans ce tableau, on coloré les choix optimaux, le plus économe d'énergie :

Le groupement		présence de compacité urbaine		absence de compacité urbaine	
		1		2	
La forme		Maison avec patio		Maison sans patio	
		3		4	
Partition spatiale	L'orientation	Patio	centre	Pièce	Nord
			5		10
			Est		Est
			6		11
			Ouest		Ouest
			7		12
			Sud		Sud
			8		13
			Nord		
			9		
La taille de patio		3X3	4X4	5X5	
		14	15	16	
les espaces		Skifa		Sans skifa	

	tampons	17	18
Les matériaux de construction		pierre	terre
		19	20
			Béton et brique
			21

Tableau 25 : les choix optimaux , **Source:** auteur 2019.

Résultat finale :

Avec notre étude « Ksar Negrine », on tire des leçons, que sont **La morphologie de Ksar Negrine est caractérisée par une grande compacité** ce qui contribue à créer un microclimat agréable aussi bien à l'intérieur de la maison que dans l'espace extérieur .le rapport de cette forme urbaine au climat se traduit par : la **mitoyenneté** et l'**introversion**. Les rues, ruelles et impasses étroites et sinueuses créent de l'ombre et minimisent les surfaces extérieures exposées au rayonnement solaire. Les propriétés climatiques du **patio** viennent de ses variables ; les dimensionnements du patio, sa situation dans la maison, son orientation par rapport au soleil et par rapport son entourage, sa profondeur dans la maison, la présence et l'absence de l'eau et de la végétation et il permet la régularisation thermique et la ventilation, et aussi l'éclairage naturel. L'introversion du patio joue de multiples rôles : la protection contre les vents, le sable et le soleil. Et fournir l'intimité, comme endroit intime. Ainsi que la partition spatiale des espaces qui respect le climat chaud ; ils sont utilisés Skifa comme élément de refroidissement, et éviter l'orientation Sud dans la distribution des espaces. Et enfin « Les matériaux de construction » l'homme de Negrine a utilisé les matériaux les plus disponibles et les moins couteux qu'il peut trouver ; et facilement exploitables, renouvelables et adaptées à son environnement. Il existe trois catégories de matériaux : la **terre**, la roche, les végétaux,

Conclusion

D'après l'analyse des résultats de la simulation pour l'optimiser la consommation énergétique, on peut constater que la forme architecturale, matériaux de construction, les espaces tampons et l'orientation de chaque pièce joue un rôle très important pour améliorer la consommation énergétique. et avec moins des solutions techniques de l'utilisation de système de chauffage et climatisation.

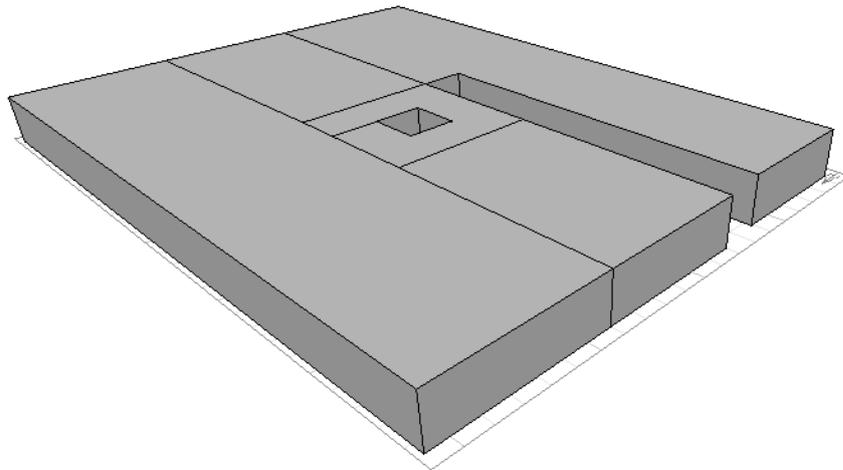


Fig 79 : le modal optimal , **Source:** auteur 2019.

Conclusion générale :

Dans cette recherche, nous avons exploré une architecture ancestrale qui est le vernaculaire. Elle répond à la plupart de nouveaux enjeux de l'architecture climatique. Nous avons pu voir, que son rôle déterminant dans le domaine de la construction. Elle assure le confort aux occupants durant toute la vie du bâtiment et contribue à la diminution de l'impact environnemental.

En effet, l'architecture vernaculaire est devenue une solution aux exigences économiques et environnementales, depuis que l'homme a découvert les nouvelles techniques de construction liées aux nouveaux matériaux qui sont généralement le béton et le parpaing. Il faut donc, revenir à cette architecture, on focalise sur l'architecture de terre qui offre des solutions selon le milieu de vie et ses caractéristiques naturelles.

Dans la première partie de ce mémoire, on a abordé le concept vaste de ksour afin de comprendre l'architecture de terre et l'architecture vernaculaire.

Et cette dernière partie, est liée avec un parcours bibliographique, pour une contribution à l'explication des phénomènes constatés au niveau d'énergie et confort thermique. Dans la deuxième partie on a avec simulation énergétique découverte Ksar de Negrine, ses techniques et ses stratégies. En dernier partie on a confirmé avec ECOTECH l'honnête des leçons tirées. Nous a permis de mettre en évidence certaines étapes de stratégies de construction :

I. Sur le plan juridique :

- 1- À ce sujet, il est intéressant que chaque région, ville, direction de l'urbanisme et de la construction de chaque wilaya dispose d'un cahier des charges. Ce cahier des charges devra constituer un support technique qui provoque la question d'intégration des constructions aux conditions climatiques des régions.
- 2- Les directions de l'urbanisme et de la construction de chaque wilaya doivent créer un nouveau service, soit service de l'énergie et de la construction, dont le rôle est d'introduire la question d'intégration et d'exploitation de l'énergie solaire passive en hiver et protection dans l'été dans le bâtiment, notamment par le biais d'élaborer et l'utilisation de patio par un cahier des charges spécifique à chaque région qui est

Conclusion générale : stratégie retenue

surtout associée aux techniques de construction qui permettent des économies d'énergie pour le chauffage, la climatisation et l'éclairage.

- 3- Diriger les architectes vers les procédés de construction avec les matériaux locaux, à forte inertie thermique et pratiquement gratuits
- 4- Les architectes, les bureaux d'études doivent impliquer a engagé dans une réflexion pour solutionner la problématique de l'inadaptation climatique des constructions, aussi au développement de l'économie énergétique, au maintien du confort intérieur et de favoriser le développement de nouveaux sites et de régénérer les anciens sites de la ville, ainsi de changer la mentalité des promoteurs et adopter les stratégies d'économie énergétique.

II. Sur le plan éducatif

- 1- Orientation à travers les processus éducatifs, que ce soit au niveau des écoles ou des niveaux universitaire à travers la définition de construction avec le climat, économie d'énergie.
- 2- Au niveau d l'étude architecturale, l'esprit des étudiants devrait être dirigé vers ces tentatives, et essayé de développé les techniques vernaculaires
- 3- Au niveau d l'étude génie civil Le développement de nouveaux produits, tels que les briques de structure.
 - a) Étudié l'impact de l'incorporation des adjuvants sur les propriétés physiques, mécaniques et thermiques des briques de terre
 - b) Étudier le comportement hydrique du bâtiment de terre, en variant l'humidité de l'air intérieur
- 4- Activation du rôle des guildes, en particulier de la guilde des architectes pour Sensibiliser l'architecte par rapport aux stratégies passives et des choix architecturaux potentiels .

III. Sur le plan de conception (architecturale ou urbaine)

On a deux niveaux :

1. Au niveau de conception urbaine :

- a) Choisir une implantation judicieuse de l'édifice , cette tâche détermine l'éclairage les apports solaires , les déperditions , les possibilités d'aération , et ces points reflètent directement sur la consommation énergétique ,
- b) Favoriser le plan urbain compacte parce que cette morphologie est caractérisée par une grande compacité ce qui contribue à créer un microclimat agréable aussi bien à l'intérieur de la maison que dans l'espace extérieur .le rapport de cette forme urbaine
- c) Essayer d'éviter les ruelles vastes et les remplacer par des ruelles étroites et irrégulières, pour protéger les maisons contre les vents chauds chargés de sable.
- d) diriger les rues dans les directions Est/Ouest car cette orientation favorise le confort thermique en été à travers un minimum de gains solaires pour les façades orientées Nord-Est et Ouest, et un meilleur contrôle de ces apports pour celles orientées sud.
- e) Encourager la végétation au niveau urbaine, qui a un rôle de refroidissement de l'air chaud.

2. Au niveau de conception architecturale

- a) Intégrer la simulation énergétique au début du processus de conception, et ce dans le cadre d'une architecture visant les stratégies passives pour atteindre les objectifs de performance énergétique.
- b) améliorer les températures intérieures suivant l'orientation des façades du bâtiment, ainsi que l'efficacité énergétique
- c) Répartir les différentes pièces selon les orientations des façades: En matière d'orientation et d'architecture le travail du concepteur doit consister à combiner au mieux apports du soleil d'hiver et protections du soleil en été et en mi-saison. Et voici quelques principes de base : - Les pièces ne sont pas occupées en permanence durant la journée devraient de préférence être orientées au sud. - Les chambres seront plutôt situées au sud et à l'est, profitant du lever du soleil. Elles garderont ainsi leur fraîcheur en fin de journée.
- d) Favoriser la maison a patio, puisque cet espace pendant les saisons froides, le patio fait augmenter les gains de chaleur solaire directe dans les chambres qui ont une surface vitrée. Sa performance en été est différente, il est un protecteur solaire, régulateur thermique et la ventilation naturelle pendant les saisons chaudes se fait par ce patio
- e) La dimension de patio doit être 4X4, cette dimensionnement assurer un bon ventilation et protection solaire.

Conclusion générale : stratégie retenue

- f) L'orientation optimale pour le patio est Sud car elle offrir le maximum d'ombrage.
- g) Intégrer les zones topons dans l'orientation Sud, tel que le garage ou couloir pour joue le rôle d'un isolant pendant la période estivale.
- h) Utiliser l'entrée en chicane, et le Skifa comme des éléments de refroidissement.
- i) Encourager les façades aveugles, pour réduire les apports solaires captés
- j) Favoriser l'introversion des espaces sur le patio
- k) Faire des masques solaires, pour éviter le surchauffe
- l) Utiliser des plans d'eau qui permet de créer des microclimats et d'atténuer les variations journalières de température. permet rafraichir l'air ambiant.
- m) Planter et créer la végétation qui contribue également à réduire les pertes par convection au droit de l'enveloppe du bâtiment et améliore son comportement énergétique. La vapeur d'eau émise par évapotranspiration des feuillages permet de rafraichir l'air ambiant.

3. Sur le plan de matériaux de construction :

- a) Renvoie a la technicité des matériaux locaux et traditionnels qui présentant une forte inertie, et de haute performance thermique ont été pris en charge dans la conception initiale de la maison et ont contribué au confort.
- b) Revaloriser l'architecture de terre: comme l'une des voies les plus prometteuses d'un avenir meilleur, vu les avantages qu'elle offre, et des sites et monuments qu'elle englobe.
- c) améliorer la résistance thermique des briques en terre cuite, ainsi que de prouver les bienfaits des matériaux en terre crue

Pour conclure, on dit que L'architecture vernaculaire fait preuve, quelle que soit la période et le lieu de construction, d'une approche intuitive des notions de confort climatique et respect du lieu. Elle représente tout un savoir faire acquis grâce à une expérience séculaire, transmise de génération en génération. Et le rôle de notre génération de mettre en valeur.

Résumé :

Notre recherche a commencé par le constat de la consommation d'énergie élevée consommée pour atteindre le confort thermique, et nous avons suggéré une architecture vernaculaire comme solution à ces problèmes, architecture qui assure un meilleur confort par le minimum d'énergie, que nous avons détaillée et analysée, en concentrant sur l'architecture de la terre et les Ksour.

Le Ksar de Negrine est l'un des exemples d'architecture de construction en terre, situé dans le sud de Wilaya du Tébessa et constitue un patrimoine architectural de valeur. Sur la base de notre étude du lieu d'étude, nous avons choisi une méthode d'évaluation, qui consiste à utiliser le programme Ecotect qui réalise des études thermiques et énergétiques.

Après analyse, nous avons trouvé les recommandations suivantes : favoriser la compacité urbaine .utiliser le patio dans le côté sud avec les dimensions 4X4, présenter du Skifa comme espace tampon, orienter les lieux d'usage non permanent en direction du sud. Et en fin l'adoption d'une architecture en terre à la place du béton armé.

Les mots clés

Architecture vernaculaire, consommation énergie, confort thermique, architecture de terre, ksar de Negrine.

الملخص :

انطلق بحثنا من ملاحظتنا لاستهلاك الطاقة الكبير لتحصيل الراحة الحرارية، و اقترحنا العمارة العامية كحل لهذه المشاكل فقمنا بتفصيلها و تحليلها، و ركزنا على العمارة الترابية و القصور. قصر نقرين هو احد الأمثلة من القصور العمارة الترابية ، يقع في جنوب ولاية تبسه و هو احد التحف المعمارية ذات القيمة و استنتجنا منه عدة دروس. و على أساس دراستنا لهذا القصر اخترنا طريقه تقييم و تتمثل في استعمال برنامج اكوتيك الذي يقوم بدراسة حرارية و طاقة و قمنا بإنشاء 21 سيناريو على أساس دروس قصر نقرين. و بعد التحليل وجدنا الحلول التالية : اعتماد الانتكاز العمارني, مراعاة وجود الفناء في جهة الجنوبية بإبعاد 4.4 ،محاولة ايجاد السقيفة و استعمالها كمكان عازل للحرارة وتبريد الهواء الداخل، توجيه الأماكن ذات الاستعمال الغير دائم في الاتجاه الجنوبي ،اعتماد العمارة الترابية بدل الاسمنت و الحديد.

الكلمات الأساسية:

العمارة العامية ، استهلاك الطاقة ،الراحة الحرارية، العمارة الترابية ، قصر نقرين .

Livres :

- Alain Liébard et André De Herde – Guide de l'architecture bioclimatique- Tome construire avec le développement durable édition LEARNET Observ'ER, 2003
- BARDOU Patrick, ARZOUMANIAN Varoujan, Archi de soleil, Ed Parenthèses, 1978, p43
- D. BERNSTEIN, J. P .CHAMPETIER, T. VIDAL -Anatomie De L'enveloppe Des Bâtiments – édition le Moniteur paris, 1997.page 26
- Duplay C et al , 1982 : Méthode illustrée de création architecturale, édition le Moniteur,Paris
- F. Javier . Arquitectura bioclimatica en un entorno sostenible, page 233, 2004
- Fathy, H. (1986). Natural Energy and Vernacular Architecture: Principles and Examples with Reference to Hot Arid Climates, The University of Chicago Press, p.3-4.
- FONTAINE Laetitia, ANGER Romain, Bâtir en terre, Ed Belin, 2009, p13
- Givoni B, L'homme, L'architecture et le climat, édition le Moniteur, paris, 1978
- Izard .J.L. « Architecture d'été .Construire pour le confort d'été» Ed. Aix –en-provence 1993
- IZARD.J.L, GUYOT.A - Archi Bio. - Editions Parenthèses, Roquevaire 1979 p.
- LAVIGNE.P : Energie, Climat, Confort Thermo Hygrométrique -Soleil Et Architecture- tome1,1989
- Mercer, architecture vernaculaire en Angleterre, lors du colloque 1979, p.3
- Mercier E. (1979), l'architecture vernaculaire en Angleterre, ICOMOS
- Oliver, P. (1997). Encyclopedia of vernacular architecture of the world. Theories and principles, Cambridge University Press, Cambridge, Vol.1.
- Mortada, H. (2003). Traditional Islamic principles of built environment, Routledge - Curzon, London, pp.83-85 , 95, 104-105, 109
- Rapoport A. (1969), house form and culture, Prentice-Hall
- Rapoport A. (1972), Pour une anthropologie de la maison , Dunod, Paris.
- .Izard. Archi bio, éd Parenthèse

Thèses , magisters et mémoires :

- ABBOU Dahbia Mémoire de magister, architecture de terre en Algérie : Un patrimoine à conserver et à développer 2013/2014 p 8
- ALLAG Housseem et KADEM Abderraouf , l'amélioration du confort visuel et de l'éclairage naturel dans un équipement culturel , (cas de l'application du logiciel ECOTECT dans musée à OEB) 2018 , p78
- Antiquités africaines: L'Afrique du Nord de la protohistoire à la conquête Arabe DE NIGRENSES MAIORES à NEGRINE, p 62
- Arab Aqoun le livre de la Tbesah à son propriétaire, Baiar Kstal, traduction de. 2010, p 89
- Bellara, S, MEMOIRE DE MAGISTERE OPTION : ARCHITECTURE BIOCLIMATIQUE THEME Impact de l'orientation sur le confort thermique intérieur dans l'habitation collective.Cas de la nouvelle ville Ali Mendjeli Constantine Année Universitaire 2004-2005Q
- Belouadah N , Magister en : Architecture Option : Les établissements humains et architecture dans Les zones arides et semi arides Développement urbain et préservation du patrimoine Architectural dans les médinas Cas de la médina de Bou-Saada 2008/2009
- BENAMRA Mostefa Lamine / Mémoire de magister intégration des systèmes solaires photovoltaïques dans le bâtiment : approche architecturale / université Mohamed Khider Biskra 2013/ chapitre 1 page 13
- BENHARRA.HOUDA., 2016 , Impact de l'orientation sur la consommation énergétique dans le bâtiment. -Cas des zones arides et chaudes-, Mémoire de Magistère , Université de Mohamed Khider – Biskra, Algérie
- BENMEHDI Rachid, mémoire conception et régulation des systèmes fermés de distribution et circulation de chauffage /climatisation, université Abooubekr Belkaide Tlemcen, 2013
- BOUCHA HM. Y –Une Investigation Sur La Performance Thermique Du Capteur A Vent Pour Un Rafraîchissement Passif Dans Les Régions Chaudes Et Arides- cas de Ouargla. Thèse de doctorat d'état, université de Constantine, 2004.page.21
- CHABANI Zeyneb Mémoire de magister la part des énergies renouvelables dans le bilan énergétique national à l'horizon 2030 .. université m'hamedbougrara – boumerdes . 2014 / chapitre 1 Page 18

- Choufaaoui Siddik , mémoire performances énergétiques et influence architecturale dans l'habitat ,université Kasdi Marbeh Ourgla , 2014.
 - Drid M, mémoire les impacts de la protection solaire sur le confort d'usage dans les salles de classe , 2015, P14.
 - DRIFAbdelhamid, REDJILAkram , mémoire optimisation de l'éclairage naturel pour les besoins muséographiques de durabilité, université L'Arbi Ben Mhidi Oum El Boughi ,2015 ,P 83.
 - Extrait et modifié de Furstenram, Réseau routier, 1979, page 43
 - GHAFFOUR Wafa Patrimoine architectural, entre technicité, confort et durabilité : Cas de la maison de L'Oukil du Sanctuaire de Sidi Boumediene. Mme BELAID née,2014, p 14
 - Guellil f, et Merabt A, mémoire complexe artisanal a alger ,université abou bekr belkaid de tlemcen , 2016
 - HAMOUDA.A –Etude de la performance thermique et la consommation énergétique d'un bâtiment préfabriqué a Biskra- thèse de magistère. Université de Biskra, 1996.p.141
 - Jean-Pierre LAPORTE et Xavier DUPUIS2009.Antiquités africaines: L'Afrique du Nord de la protohistoire à la conquête Arabe DE NIGRENSES MAIORES à NEGRINE, CNRSÉDITIONS, Paris, 2011.P 68
- Mémoire de magister
- Pierrick Trauchessec Mémoire de séminaire. L'interprétation de l'architecture vernaculaire par les architectes. Architecture, aménagement de l'espace. 2014.

Cours :

[Lopez M, maîtrise des ambiances thermiques, www.paris-lavillette.archi.fr/uploads/file/cours/2012](http://www.paris-lavillette.archi.fr/uploads/file/cours/2012)

[Clara SPITZ - Virginie RENZI cours "Les protections solaires et le confort d'été" Lyon - RAEE - 04/07/2008 P14](#)

Sites et conférences :

IUESES, Efficacité énergétique dans le secteur industriel , <http://media.energie-industrie.com>,2010 P5

le dictionnaire de l'environnement, www.dictionnaire-environnement.com/energie_grise, 2010

FUTURA.PLANÈTE,2002,[Online],Énergie primaire,<https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/energie-renouvelable-energie-primaire-6933/>,

BOUZRIBA Mohamed Salah, l'efficacité énergétique dans le bâtiment,
<http://www.elmoudjahid.com/fr/actualites>, 2016

APRUE, consommation énergétique finale de l'Algérie , www.aprue.org.dz, 2014 P 6
Williams Fondevilla , la climatologie,www.la.climatologie.free.fr/volcan/effetvolcan.htm;
2019

ABDOU.S –Investigation sur l'intégration climatique de l'habitat traditionnel en région aride et semi-aride d'Algérie cas de Constantine et Ouargla, université de Constantine 2003-2004

Énergie +, les échanges thermique du corps humain ,
<http://www.energiepluslesite.be/index>.2019

The building centre , [www. Section 1a_ introduction to thermal comfort.htm](http://www.thebuildingcentre.com/section1a/introduction-to-thermal-comfort.htm) ; 2003

David,N, capacité calorifique
http://www.uqac.ca/chimie_ens/Thermochimie/Chap_hm/CHAP_1.html ,2019

PicBleu , qu'appelle-t-on déphasage thermique pour l'isolation?,
<https://www.picbleu.fr/page/qu-appelle-t-on-dephasage-thermique-pour-l-isolation>,2018
Arch-energie, Échanges thermiques d'une paroi ,[www. archenergie.fr/wp-content/uploads/2018/04/echanges-thermiques-d-une-paroi-explication.pdf](http://www.archenergie.fr/wp-content/uploads/2018/04/echanges-thermiques-d-une-paroi-explication.pdf); 2018

Bensaada, S, traitements thermiques classification et designation des aciers et fontes
www.univ-biskra.dz/enseignant/bensaada/Transfert/chaleur.pdf ,

Outil solaire , la fenêtre et ses fonctions ,<http://outilssolaires.com/developpement-durable/architecture-solaire/fenetres+a111.html>,2012

Références

- Parlus , P , le retour à l'architecture traditionnelle recommandée par des experts , Extrait du portail algérien des énergies renouvelable EPAER, 2012 , P2
- ¹Rardeheb F, [Pour le retour au modèle architectural traditionnel ALGERIEN](#) ,
www.algerie-dz.com/urbanisme
- Centre de ressources des technologies pour l'environnement, CRTE, Guide de la construction et de la rénovation durables ,2010
- Dictionnaire Larousse, www.larousse.fr/dictionnaires/francais/vernaculaire definition
- Dictionnaire Larousse, www.larousse.fr/dictionnaires/francais/culture definition
- dictionnaire Trésor de la langue française, définition contemporain
- les maisons de monde, [Vous avez dit «architecture vernaculaire»? ,David Fabro.](#)
- Peuples amerindiens ,www.peuplesamerindiens.com, 2019
(survie et survivalisme,2017) www.survie-et-survivalisme.com
- (douce cahute 2019) <https://maison-monde.com/isba-maison-russe-traditionnelle/>
- Chine roads, le village miao en Chine du sud ,www.china-roads.fr 2019
- : les roulottes de Sud Vendée, 2019 www.roulottesudvendee.com
- Pintrest 2019, <https://www.pinterest.fr/sophiebroustet/sol-terre-cuite/>
- architecture de terre, ou l'avenir d'une tradition millénaire, Dethier , 1986
- dictionnaire sensagent.leparisien)
<http://dictionnaire.sensagent.leparisien.fr/Terre%20crue/fr-fr/>
- CRATerre, Ville anciennes de Djenné, 2010, ed CRATerre, p01
- Approche contemporaine de la construction en terre , Histoire de la construction en terre – C. Delbecque – 21 octobre 2011
- cycle de terre , 2019. <https://www.cycle-terre.eu/cycle-terre/les-etapes/>
- construction en terre, Source : Festival architecture de terre matières à construire, premier prix national des architectures en terre crue
- Hadramaout,aux franges du Quart-Vide.Say'un,Yémen /15°58'N 48°46'E/1999
www.tripadvisor.fr

INVEST EN ALGERIE , Wilaya de Tébessa, ANDI 2013

www.fr.climate-data.org-Negrine

CALENDA , 2017 , Expérimenter l'ambiance par l'architecture , Revue internationale sur l'environnement sensible . l'architecture et l'espace urbain, France

Solidaire, m.d.l.t.é.e.,2014,[Online],Sources et méthodes,

<http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/sources-methodes/enquete-nomenclature/1541/0/enquete-performance-lhabitat-equipements-besoins-usages.html>, visitée le 20/03/2018.

Michel Jouvent , Revue pratique des logiciels de simulation énergétique dynamique (SED), p11, Juin 2015.

Annexes

- Direction d'urbanisme et d'architecture et de construction.Tébessa.
- Extrait de le plan de route de l'Afrique de l'Est, 1949, par B. Salama.
- Grébénart D. Le gisement de Négrine El-Quédim (Algérie) Contribution à son étude. In: Bulletin de la Société préhistorique française. Comptes rendus des séances mensuelles, tome 63, n°4, 1966.
- PDAU, Plan directeur d'aménagement et d'urbanisme, inter communal, URB Batna,2009.
- Rapport de POS de Negrine 2001.