

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

UNIVERSITE SAAD DAHLEB BLIDA  
FACULTE DE TECHNOLOGIE  
DEPARTEMENT DES ENERGIE  
RENOUVELABLE



## PROJET DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du Diplôme De Master en Energie Renouvelable

**Option :** Habitat Bioclimatique et Energie Renouvelable

Thème :

**Evaluation thermique d'une maison du Ksar de Timimoune**

**Encadré par :**

**Pr. HAMID Abdelkader**

**Dr. OUKACI Soumia**

**présenté par:**

**CHERQUI Abdelhakem**

**Année Universitaire 2019/2020**

## Remerciements

Je m'adresse à DIEU, le tout puissant pour le remercier de m'avoir donné le courage, le soutien, la patience pour mener à terme ce travail.

Je tiens à remercier mes directeurs de recherche « Mme OukaciSoumia », « Mr Hamid » de m'avoir soutenu et orienté avec une disponibilité sans pareille axée sur un suivi et des encouragements qui méritent d'être cités.

Les remerciements sincères vont aussi aux membres du jury et remercier tous les enseignants du département des énergies renouvelables, pour leur disponibilité et encouragements tout au long cette année. Ainsi que tous mes amis, pour leur soutien moral et leur aide précieuse.

Enfin, mon immense gratitude et mon admiration pour mes parents et toute ma famille pour leur aide et soutien infaillible.

# DEDICACE

Tous en remerciant Dieu de m'avoir donné la santé et le courage de finir ce travail, je dédie le fruit de ce dernier à :

Mes très chers parents.

Mes chers frères et sœurs Mes amies

A tous ceux qui m'ont aidés à réaliser ce modeste travail.

ملخص:

يعد البحث عن الراحة الحرارية من تحديات قطاع الإسكان، لأنه يعتبر من أسس الإسكان المناخي، في عملنا سنجد الحلول الفعالة لهذه المشكلة.

سمحت لنا دراستنا بتقييم الحرارة لمثال من موطن القصور الواقع في منطقة تميمون. لهذا، أجرينا تحققاً تنظيمياً من خلال حسابات التوازن الحراري وفقاً للقواعد الموضحة في الوثيقة الفنية التنظيمية (C3-2) Dtr برنامج، بالإضافة إلى محاكاة حرارية ديناميكية لهذا البناء بواسطة Pléiades + Comfie بواسطة ثلاث حالات وتفسير النتائج التي تم الحصول عليها.

### **Résumé :**

La recherche du confort thermique est l'un des défis du secteur du logement, car elle est considérée comme l'une des bases du logement climatique, dans nos travaux nous trouverons des solutions efficaces à ce problème.

Notre étude nous a permis l'évaluation thermique d'un exemple de l'habitat ksourien située dans le quartier de Timimoune. Pour cela nous avons fait une vérification réglementaire par des calculs du bilan thermique selon les règles décrites dans le document technique réglementaire DTR (C3-2), ainsi que de faire une simulation thermique dynamique de cette construction sous logiciel pléiades+comfie par trois variantes et une interprétation des résultats obtenues.

### **Abstract:**

The search for thermal comfort is one of the challenges of the housing sector, because it is considered one of the bases of climatic housing, in our work we will find effective solutions to this problem.

Our study allowed us to evaluate the thermal of an example of the Ksourian habitat located in the district of Timimoune. For this, we carried out a regulatory verification by thermal balance calculations according to the rules described in the regulatory technical document DTR (C3-2), as well as a dynamic thermal simulation of this construction under software pléiades + comfie by three variants and an interpretation of the results obtained.

## NOMENCLATURE :

K : est le coefficient de la transmission surfacique (appelé aussi conductance), (en  $W/m^2.OC$ ).

Ds : représente les déperditions surfaciques par transmission à travers les parois, (en  $W/OC$ ).

A : et la surface intérieure de la paroi, (en  $m^2$ ).

Dli : représente les déperditions à travers les ponts thermiques, (en  $W/OC$ ).

Dsol : représente les Déperditions à travers les parois en contact avec le Sol, (en  $W/OC$ ).

Dlnc : représente la Déperditions à travers les parois en contact des locaux non chauffés, (en  $W/OC$ ).

R : représente la résistance thermique de matériau, (en  $m^2.OC/ W$ ).

( $\lambda$ ) : représente la conductivité thermique de matériau, (en  $W/m.OC$ ).

Tau : représente le coefficient de rédaction de température.

kl : est la coefficient de la transmission linéique de chaque liaison, (en  $W/m.OC$ ).

L : est la longueur intérieure de chaque liaison, (en m).

V : représente le volume, (en  $m^3$ ).

Dréf : représente les Déperditions de référence, (en  $W/OC$ ).

DT : représente les Déperditions par transmission de logement, (en  $W/OC$ ).

a,b,c,d et e : est dépend de la nature de logement et de la zone climatique, (en  $W/m^2.OC$ ).

$\Delta t$  : variation de Température.

Cf = Facteur de forme (compacité).

DTR : Document Technique Réglementaire, (C3-2).

STD : Simulation Thermique Dynamique.

## I. Table des matières

I.	Table des matières.....	VI
	Introduction générale : .....	XI
I.	Recherche bibliographique et l'état de l'art.....	1
1	L'introduction .....	1
2	L'habitat bioclimatique.....	1
2.1	Les types des maisons bioclimatiques.....	2
2.2	Les principes de la construction bioclimatique Algérienne.....	3
3	Habitat Ksourienne .....	4
3.1	L'espace oasisien.....	4
3.2	Le ksar .....	5
3.3	Définition de l'architecture Ksourienne .....	5
3.4	La morphologie de ksar .....	6
3.5	L'organisation intérieure des maisons Ksouriennes.....	7
3.6	Les types d'habitat ksourienne .....	10
3.7	Les matériaux et le système constructif de dans les maisons Ksourienne.....	12
4	Etat de l'art.....	12
4.1	Articles consultés.....	12
4.2	Les mémoires consultés.....	16
5	Conclusion .....	17
II.	Présentation de la région étudiée .....	19
1	Situation géographique de Timimoune.....	19
2	Les données climatiques .....	19
2.1	Caractéristiques climatiques de la région de Timimoune :.....	20
2.2	La situation du cas étudié ( Aghame sidi Brahim ) .....	20
2.3	L'accessibilité.....	20
2.4	L'organisation spatiale des habitations : .....	22
2.5	L'organisation de l'Agham.....	22
3	Méthodologie de travail .....	30
4	Calcul du bilan thermique.....	31
4.1	Les déperditions surfaciques Ds.....	31
4.2	Calcul des Déperditions linéiques .....	32
4.3	Calcul des Déperditions à travers au locaux non chauffée :.....	32
4.4	Vérification par rapport aux déperditions de référence.....	32
5	La conclusion.....	33

III.	Modalisation et simulation thermique dynamique.....	34
1	Introduction.....	34
2	Une analyse pertinente.....	34
2.1	Pléiade + Comfie 2.3 .....	34
2.2	Alcyone 1.0.....	35
2.3	MeteoNorm 7.1.....	35
3	Conclusion .....	47
IV.	Résultats et discision.....	48
1	Introduction.....	48
2	Le facteur de compacité.....	48
3	Résultats de la simulation .....	48
3.1	Simulation estivale variante 01 (avec faible compacité).....	48
3.2	Simulation estivale variante 02 (avec haute compacité) .....	49
3.3	Simulation hivernale variante 01(avec faible compacité) .....	49
3.4	Simulation hivernale variante2 (avec haute compacité).....	50
3.5	Simulation estivale variante 03(variante améliorée) .....	51
3.6	Simulation hivernale variante 03(variante améliorée).....	51
4	La comparaison.....	52
5	Conclusion .....	52
	Conclusion générale.....	53

List des figures

Figure I-1 : Conception bioclimatique.....	1
Figure I-2 BBC.....	2
Figure I-3 maison à zéro énergie.....	2
Figure I-4 maison passive.....	3
Figure I-5 technique de conception de bâtiment.....	3
Figure I-6 Drâa-Tafilet Ghardaïa.....	5
Figure I-7 vue de veux de ksar de Timimoune.....	5
Figure I-8 ksar a Ourgla.....	6
Figure I-9 ksar béni abbés, Béchar.....	7
Figure I-10 le patio d'habitat traditionnel.....	8
Figure I-11 Zqāq (venelle) de Taghit.....	8
Figure I-12 Sqifa dans une maison à Kerzaz.....	9
Figure I-13 la porte d'entrée d'une maison mozabite à Ghardaïa.....	9
Figure I-14 l'entrée de ksar Timimoune.....	9
Figure I-15 Ayn-ad-dar a taghit, vue extérieure.....	10
Figure I-16 Figure I.16 Ayn-ad-dar a taghit, vue intérieure.....	10
Figure I-17 maisons traditionnelles à Taghit.....	11
Figure I-18 ksar Ait-Ben-Haddou (le Maroc).....	11
Figure I-19 ksar Draa à Timimoune.....	12
Figure I-20 Aghem amokran, aghlad a Timimoune.....	12
Figure II-1 carte de Timimoun.....	19
Figure II-2: plan de situation de l'Aghame sidi Brahim.....	21
Figure II-3 : le plan complètement de aghame sidi Brahim.....	21
Figure II-4: Plan de (RDC, létage).....	22
Figure II-5: La coupe horizontale.....	22
Figure II-6: le zkak.....	22
Figure II-7: le Rahba.....	23
Figure II-8 les fondations dans aghame sidi Brahim.....	23
Figure II-9 Mur intérieure en adobe.....	23
Figure II-10 Mure extérieur en pierre.....	24
Figure II-11 : Mur en pierre calcaire.....	24
Figure II-12: L'adobe.....	24
Figure II-13: L'enduit de chaux.....	25
Figure II-14 Plafond en kernaf(petiole).....	25
Figure II-15 les diferants materiaux local.....	25
Figure II-16 Éléments d'un plancher traditionnel à Timimoun.....	26
Figure II-17 les matériaux de construction dérivés des palmiers.....	26
Figure II-18 Plafond en roseau.....	26
Figure II-19 Plafond en Djérid(palm).....	26
Figure II-20:Plafond en Tafza.....	26
Figure II-21 les portes extérieures traditionnelles.....	27
Figure II-22 les ouvertures interieurs.....	27
Figure II-23 les fenêtres verticales.....	28
Figure II-24 les fenêtres horizontale.....	28
Figure III-1 Création d'un fichier météo sous MeteoNorm.....	35
Figure III-2 : Choisir le site.....	35
Figure III-3 mur extérieur en pierre calcaire (Tafza).....	36
Figure III-4 mur intérieur en adobe de terre.....	36
Figure III-5 le plancher bas d'agham sidi brahim.....	37
Figure III-6 composition de toiture.....	37
Figure III-7 Données de construction sous Alcyone.....	37
Figure III-8 le plan de étudié avec( faible et haute compacité).....	38

Figure III-9 le plan du cas étudié avec mur de tampon .....	38
Figure III-10 Exportation le fichier vers le pléiade .....	39
Figure III-11 scenario de ventilation d'hiver.....	39
Figure III-12 Ventilation d'été.....	40
Figure III-13 Scenarios d'occupation des chambres.....	40
Figure III-14 Scénarios d'occupation de la cuisine.....	41
Figure III-15 Scenarios d'occupations de skifa Edekhlania .....	41
Figure III-16 Scenarios d'occupation de wc+sdb.....	42
Figure III-17 Les scenarios d'occultation d'été.....	42
Figure III-18 Les scenarios d'occultation d'hiver.....	43
Figure III-19 Scenario de puissance de dissipée de zone1 (skifa Edekhlania) .....	43
Figure III-20 Puissance dissipée de zone2 (la chambre).....	44
Figure III-21 Scenario de puissance de dissipée de zone3 (la cuisine) .....	44
Figure III-22 Scenario de puissance de dissipée de zone4 (wc + sdb).....	45
Figure III-23 Scenario de puissance de dissipée de zone5 (skifa Lbab).....	45
Figure III-24 Intégration des scénarios selon le fonctionnement des espaces. ....	46
Figure III-25 Lancement de simulation.....	47
Figure IV-1 Evolution des températures durant la semaine plus chaude pour la variante 01. ....	48
Figure IV-2: Evolution des températures durant la semaine plus chaude pour la variante 02. ...	49
Figure IV-3: Evolution des températures durant la semaine plus froide variante 01. ....	50
Figure IV-4: Evolution des températures durant la semaine plus froide variante 02. ....	50
Figure IV-5: Evaluation de température en été (la semaine plus chaude).....	51
Figure IV-6: Evaluation de température en hiver (la semaine plus froide).....	51
Figure IV-7: comparaison des résultats en été.....	52
Figure IV-8: comparaison des résultats en hiver. ....	52

Liste des tableaux

Tableau I-1 principes physique et stratégie de contrôle en architecte climatique.....	4
Tableau II-1: classement de la région par rapport au zonage climatique.....	19
Tableau II-2: Caractéristiques climatiques d'hiver.....	20
Tableau II-3: Caractéristiques climatiques d'été.....	20
Tableau II-4 : Matériaux de construction (les murs).....	23
Tableau II-5 Les plancher.....	25
Tableau II-6 les portes extérieures traditionnelles.....	27
Tableau II-7 Les caractéristique thermo physique des matériaux de construction.....	28
Tableau II-8 Caractéristiques du mur extérieur.....	29
Tableau II-9 les déperditions surfaciques.....	32
Tableau II-10 Vérification des déperditions par transmission.....	32
Tableau II-11 les surfaces des composants et ses coefficients.....	33
Tableau II-12 Vérification des déperditions par transmission.....	33

## Introduction générale :

L'Algérie, riche en gaz et en pétrole ne s'est intéressée sérieusement à la rationalisation de l'utilisation de l'énergie qu'à la fin des années 80. Le secteur résidentiel et tertiaire se trouve parmi les secteurs les plus énergétivores, avec une consommation de 46 % de l'énergie finale et de 28 % de l'énergie primaire.[1]

Le sud Algérien, et vue l'aridité du climat, les bâtiments sont responsable de plus que 70 % de la consommation de l'électricité en période estivale, la solution consiste à installer une climatisation électrique dans chaque local pour assurer le confort estival. [2]

Le développement des villes de Sud a été fait à l'instar des villes du Nord, marginalisant ainsi les caractéristiques climatiques très rudes de ces régions. Depuis de nombreuses années, suite à une crise due à une forte demande de logements, l'Etat se trouve victime de cette technologie qui ne reflète pas les aspirations socioculturelles du citoyen algérien et ne répond pas aux exigences climatiques et économiques de ces régions [3]: des bâtiments avec des orientations arbitraires, et des façades comprenant des baies vitrées n'importe comment, du choix inadapté de l'utilisation des matériaux de construction, de l'exposition des bâtiments aux contraintes solaires (non utilisation des brises soleil), la majorité des gens construisent leur propres maisons à leur manière, etc...

## Problématique

La maison contemporaine semble rompre avec le bâti traditionnel, car la composition extravertie de l'espace habité, l'usage de nouveaux matériaux s'est généralisé et donne un aspect similaire à celui des bâtiments existant dans tout le pays.

Qu'est-ce qui rend la construction traditionnelle plus efficace face au climat que l'autre moderne ?

Le présent travail a pour objectif « évaluation thermique d'une maison du Ksar de Timimoune » Cette étude est basée sur vérification réglementaire de notre habitat (DTR), la simulation thermique dynamique du bâtiment à l'aide du logiciel Pléiades + Comfie pour la saison chaude et froide.

Notre mémoire s'est décomposé en quatre chapitres :

**Le premier chapitre** Dans le premier chapitre nous fera une étude bibliographique sur l'habitat bioclimatique, ses principes et le confort thermique, ainsi que l'état de l'art.

**Le second chapitre** nous présentons le site géographique dans lequel s'implantera le projet ainsi que les différentes données climatiques, compositions des parois (mur intérieur, mur extérieur, planchers bas et haut) et des ouvrants, ainsi qu'une vérification réglementaire de notre habitat (DTR).

**Le troisième chapitre** nous effectuons une présentation sur les outils avec lesquels on fera les différentes opérations de simulation ainsi que toutes les étapes de celle-ci.

Le quatrième chapitre est consacré aux résultats après simulation, et à l'analyses de ces derniers, une discussion sur les facteurs de confort thermique du bâtiment est considérée.

A la fin de ce travail de thèse nous clôturerons avec une conclusion générale dans laquelle nous ferons une récapitulation de tous les résultats et commentaires précédemment cités.

# Chapitre 01 : Recherche bibliographique et l'état de l'art

## I. Recherche bibliographique et l'état de l'art

### 1 L'introduction

Le concept populaire pour de nombreuses personnes, La modernité est souvent le fait de s'éloigner de la nature, de se désintéresser de l'environnement, de rejeter l'ancienne technologie glorifiante et de rejeter la mémoire architecturale collective de l'humanité sans ces principes de comportement. L'intensification du problème climatique et le réchauffement climatique nous ont obligés à revoir nos principes de modernité alors qu'ils étaient longtemps considérés comme obsolètes, mais nos ancêtres ont su construire des abris efficaces en utilisant le bon sens commun.

Dans ce chapitre en vas vous présente l'habitat bioclimatique c'est-à-dire sa définition, ses principes, le confort en été et hiver, et on va présenterai l'habitat Ksourienne et des techniques de constructions utilisées

### 2 L'habitat bioclimatique

La construction bioclimatique pourrait se définir comme une symbiose entre le bâtiment (site, forme, matériaux, mise en œuvre,...), le bien être de son occupant, et le respect de l'environnement. Ce type d'architecture permet au bâtiment de consommer moins d'énergie, que ce soit pour le chauffage en période froide, le rafraîchissement en période chaude, la ventilation, l'éclairage du bâtiment... Il est donc bénéfique pour la qualité de vie de son occupant, pour réaliser des économies et surtout pour l'environnement.

Le point de distinction de ces habitations par rapport à un habitat traditionnel est l'utilisation du climat et du lieu où l'habitation est bâtie comme alliés dans une quête à la fois écologique et économique. Penser bioclimatique revient à composer avec l'environnement plutôt que de se battre avec lui. Tout est dans la conception structurelle du bâtiment via quelques principes de base à appliquer : maison compacte, éviter le plain-pied, exposition plein sud... De plus, ces constructions ne nécessitent pas la mise en place de matériaux et équipements du style pompes à chaleur, panneaux photovoltaïques, capteurs solaires de chauffage...[4]

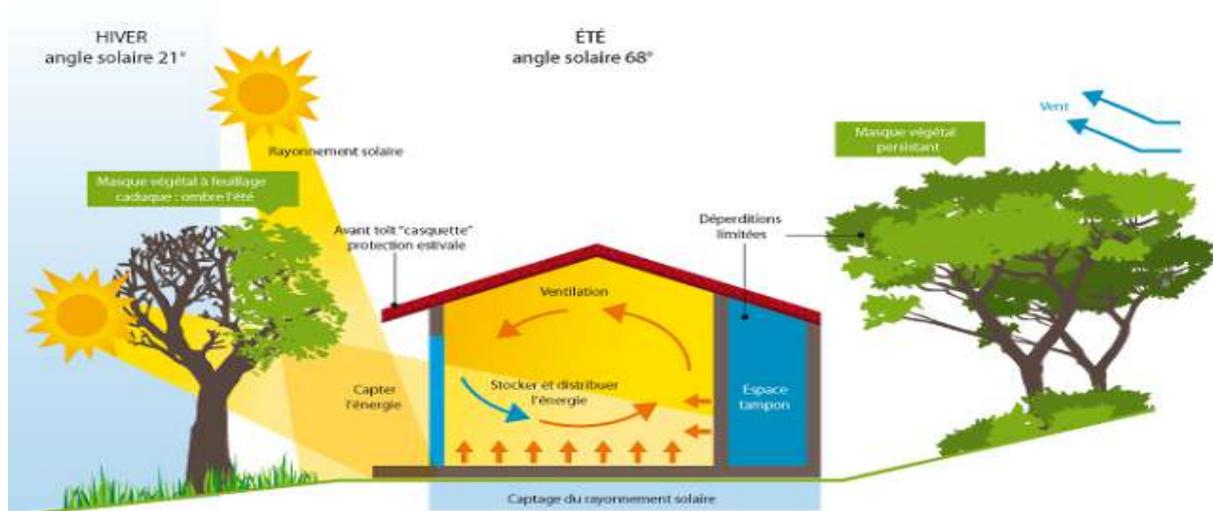


Figure I-1 : Conception bioclimatique. [5]

# Chapitre 01 : Recherche bibliographique et l'état de l'art

## 2.1 Les types des maisons bioclimatiques

### Label BBC (bâtiment basse consommation)

Le bâtiment basse consommation (BBC) est défini par l'arrêté du 8 mai 2007 relatif au contenu et aux conditions d'attribution du label « haute performance énergétique »

Un logement basse consommation au sens de la RT 2012 doit avoir une consommation énergétique inférieure à 50 kWh (en énergie primaire) par mètre carré de surface habitable par an. Un net progrès par rapport à la RT 2005 qui admettait une consommation cinq fois supérieure.[6]

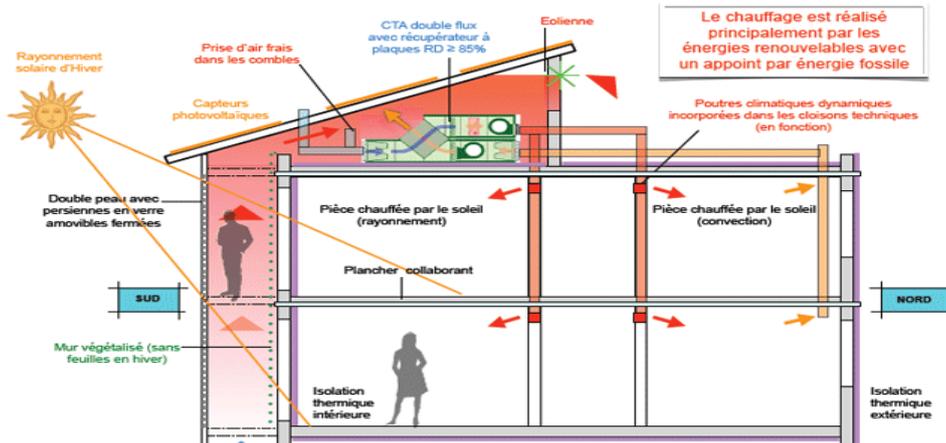


Figure I-2 BBC [6]

### Maison à énergie zéro

La maison à énergie zéro. Une maison énergie zéro est une maison autonome en énergie sur l'année, c'est-à-dire que vous n'avez absolument pas besoin de chauffage et bilan global de consommation en énergie primaire est proche de zéro, Bien protégée toute construction ne nécessite pas de l'énergie.[6]

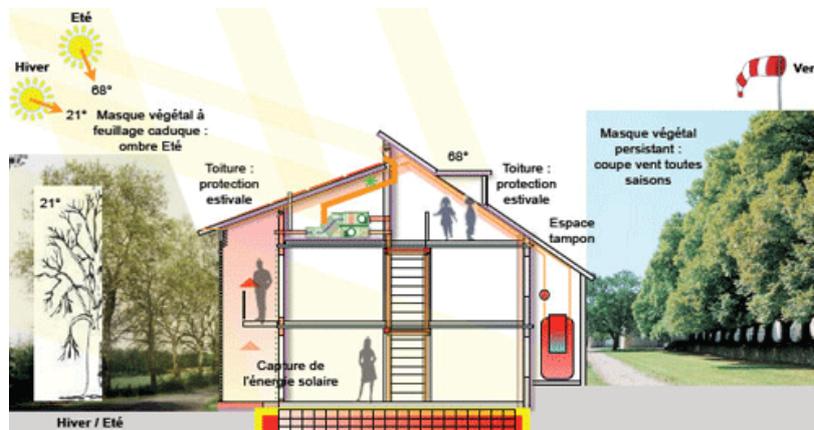


Figure I-3 maison à zéro énergie [6]

### Maison passive

Pour répondre aux enjeux écologiques, la maison passive doit produire 90 % de ses besoins énergétiques. Sa consommation annuelle de chauffage ne peut pas excéder 50 kWh/m<sup>2</sup>. Grâce à ses matériaux qui garantissent une isolation efficace, réduisant ainsi les pertes thermiques au maximum, et une ventilation mécanique contrôlée optimisée, ce type de construction s'inscrit dans une démarche d'habitat durable.[7]

# Chapitre 01 : Recherche bibliographique et l'état de l'art

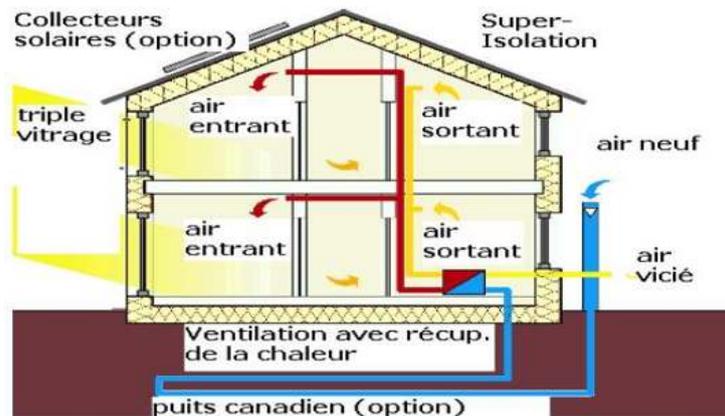


Figure I-4 maison passive[6]

## 2.2 Les principes de la construction bioclimatique Algérienne

### Conception des bâtiments

Cette partie a pour objectif de nous doter de connaissances essentielles quant à la conception d'un bâtiment. Généralement, c'est le spécialiste (architecte, thermicien), qui a les bons compromis entre un ensemble de critères et d'exigences différents, quelquefois en contradiction. Les informations exposées ci-dessous (Figure 1) devraient nous permettre de comprendre l'ensemble des facteurs qui influent sur la qualité du confort thermique de notre logement et sur notre facture d'énergie. Les techniques de conception des bâtiments sont ici envisagées dans le cadre du milieu tempéré de l'Algérie ; il faudra adapter les conseils donnés à la géographie du lieu d'implantation, à son microclimat le cas échéant, à sa topographie et à tous les paramètres physiques spécifiques d'un site donné.[8]

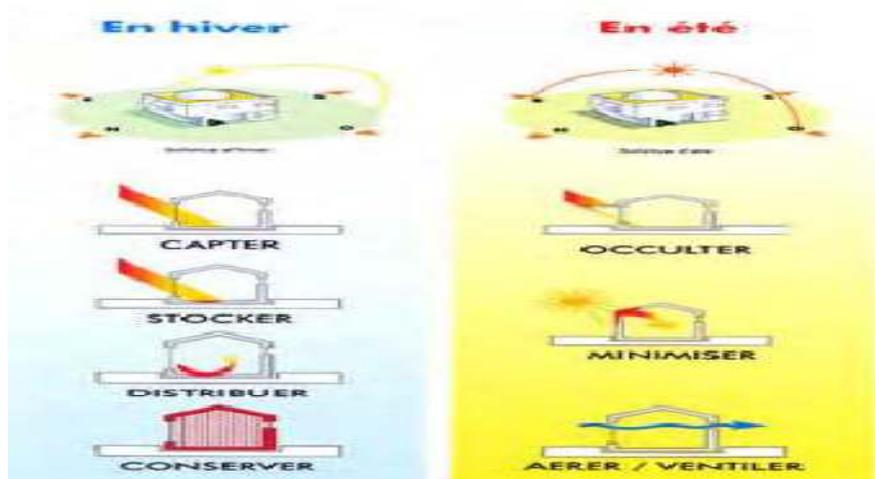


Figure I-5 technique de conception de bâtiment. [8]

### Les choix des matériaux de construction

Les matériaux de construction se divisent entre ceux qui peuvent stocker de la chaleur, ceux qui ralentissent les transferts de chaleur appelés isolants et toutes les combinaisons qui existent entre ces deux types de matériaux :

- ceux qui stockent l'énergie sont la terre (adobe, pisé ou terre crue), la pierre, la brique, le béton. Ils ont de « l'inertie ». Pour exprimer leur potentiel, il faut les isoler par l'extérieur. - les isolants ralentissent les transferts de chaleur. Ce sont la laine de verre, la laine de roche, la fibre de bois, le polystyrène, la ouate de cellulose, la paille...

## Chapitre 01 : Recherche bibliographique et l'état de l'art

- d'autres isolent en même temps qu'ils stockent et éventuellement participent à la structure : le brique monomur, le béton cellulaire, le bois massif.[9]

### Les stratégies bioclimatiques pour améliorer le confort thermique

Les stratégies de contrôle du climat font appel à des principes physiques simples qui sont énumérés dans le Tableau 1: les phénomènes d'échange thermique ont lieu sous forme de conduction, convection, rayonnement et évaporation. Selon la saison et le climat, on utilisera chacun de ces principes de base pour élaborer une stratégie de contrôle propre au projet architectural.[10]

Tableau I-1 principes physique et stratégie de contrôle en architecte climatique [10]

			Conduction	Convection	Rayonnement	Évaporation
Stratégies de contrôle	Hiver	Favoriser les gains résistés aux pertes		Minimiser la vitesse d'air sur la peau externe	Favoriser les gains solaires	
			Minimiser les flux de chaleur par conduction	Minimiser les infiltrations d'air		
	Été	Résister aux gains (se protéger) favorisés les pertes (évacuer)	Minimiser les flux de chaleur par conduction	Minimiser infiltration d'air	Minimiser les gains solaires	
			Favoriser les échanges avec le sol (terre)	Favoriser la ventilation	Favoriser le refroidissement par rayonnement	Favoriser le refroidissement par évaporation

## 3 Habitat Ksourienne

### 3.1 L'espace oasien

Constitué essentiellement de la palmeraie-ksar, l'espace oasien, en tant que symbole et résultat physique de l'organisation sociale typique de la société saharienne, demeure une richesse patrimoniale sûre du sud Algérien. En plus d'être agricole, ces entités urbaines d'une grande qualité architecturale et urbanistique, et dont la valeur historique, artistique et culturelle est incontestée, ont traversé des siècles pour échouer, aujourd'hui, sur le rivage d'une croissance urbaine galopante.

Les populations qui s'installèrent créèrent un système d'adaptation à ce milieu naturel très particulier. La lutte de l'homme se traduit par la construction d'unités complexes introverties, renfermées par une enceinte. Ces unités parfaitement adaptées aux conditions climatiques constituent des berceaux, refuges à une vie sociale en liaison avec son support économique et agricole irrigué par le système des puits artésiens, ainsi se crée l'équilibre du milieu existentiel basé sur les trois éléments : ksar, palmeraie, eau.[11]

## Chapitre 01 : Recherche bibliographique et l'état de l'art



Figure I-6 Drâa-Tafilalet Ghardaïa. [11]

### 3.2 Le ksar

Le ksar est le mode d'implantation aggloméré, spécifique aux populations en milieu saharien. Ces populations ont inventé tout leur savoir-faire et leur génie pour créer des établissements humains qui peuvent les protéger contre les facteurs gênants de cette région, ces établissements sont connus sous le nom de "ksour", ils sont le produit d'une culture et d'un ensemble des valeurs morales, ils reflètent la capacité de la population de s'adapter et de s'intégrer dans des milieux contraignants, c'est également la forme urbaine traditionnelle, dans ces régions de cité fortifiée.

Son installation dépend directement de la disponibilité des ressources en eau, conditions qui assurent la culture du palmier et la création de vaste jardin : palmeraie. Celles-ci fonctionnent tels des microclimats, indispensables à l'installation humaine. [11]

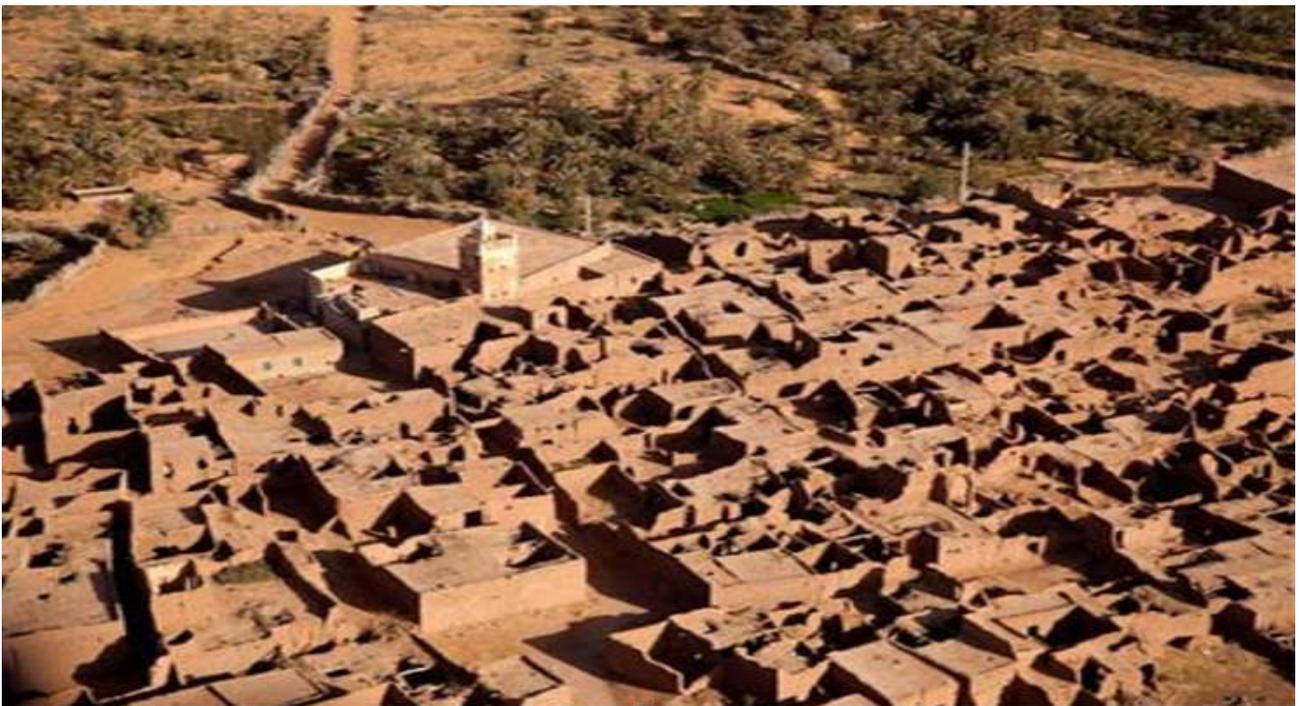


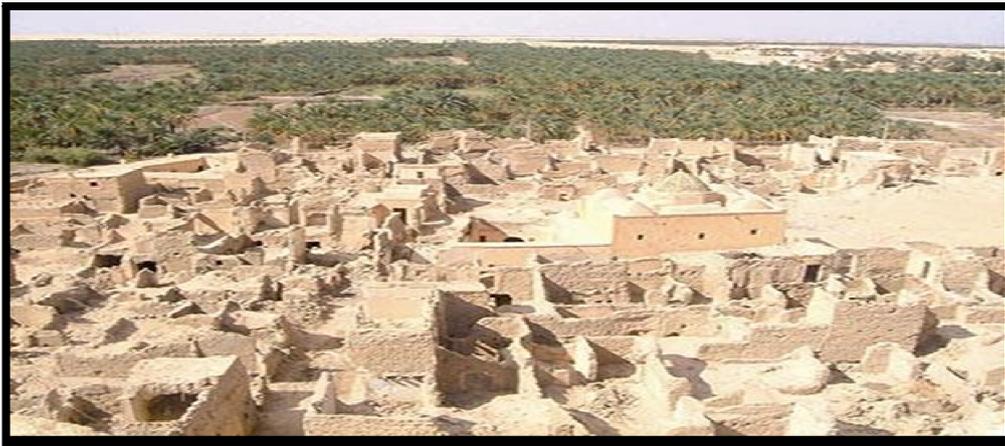
Figure I-7 vue de veus de ksar de Timimoune [13]

### 3.3 Définition de l'architecture Ksourienne

L'architecture Ksourienne est le produit d'une culture de masse nourrie de la quotidienneté, de l'environnement et du génie local et non pas une production d'élite. Cet habitat exprime les contraintes environnementales et les valeurs civilisationnelles locales. Car raisonner, exclusivement,

## Chapitre 01 : Recherche bibliographique et l'état de l'art

en termes d'écosystèmes et de contraintes environnementales, c'est succomber à la séduction du discours rationnel qui sépare le corps et l'esprit en deux entités distinctes.[12]



*Figure I-8ksaraOurgla.[11]*

### 3.4 La morphologie de ksar

Du point de vue morphologique le ksar se présente ainsi : c'est une forme compacte de couleur terre, horizontale, directement en relation avec un espace vert : la palmeraie. La forme s'organise selon un principe d'organisation où l'on distingue différentes échelles d'appropriation de l'environnement.

- L'échelle de l'édifice : habitation édifices /publics
- L'échelle de l'unité urbaine : association de plusieurs édifices organisés le long d'un axe (zkak) ou autour d'une place (rahba) définissant une unité autonome appropriable dans le groupe.
- L'échelle de la cité (ksar) : l'ensemble des unités en articulations structurées, hiérarchisées faisant émerger un centre identifie l'échelle habitée par la communauté.
- L'échelle du territoire : l'ensemble des ksour implantés généralement selon un principe morphologiques communs, partageant une succession d'événements signifiant, une fois en relation d'échange, un champ d'appropriation pour la population de la région.[12]

Du point de vue fonctionnement, le ksar en relation avec la palmeraie reste la forme construite le mieux adapté aux conditions climatiques du Sahara, vu ces principes de conception.



Figure I-9 ksar béni abbés, Béchar. [11]

### 3.5 L'organisation intérieure des maisons Ksouriennes

L'espace intérieur de la maison est découpé selon une conception du sacré et non pas seulement en fonction des besoins concrets et objectivables. En général, deux chambres, une cour intérieure (rahba), un petit magasin à provision et un petit enclos pour les animaux (taghemmin)...

#### L'entrée :

Elle est sous forme d'espace en chicane, dont la forme varie selon la position synchronique de l'habitation. Cet espace est composé d'une première pièce, longue, appelée Taskift, appelée Taskift N'jej, donne accès au cœur de l'habitation (la Rahba), En dehors de sa fonction de filtre, elle peut servir au regroupement de la famille ou comme lieu pour la sieste en été.[14]

#### Le patio:

Un autre élément très important et même structurant de la maison Ksourienne est le patio (ou WastDār), autour duquel se construit la maison. Chaque face ouvre sur un espace appelé bayt. La signification du Patio varie grandement d'une société à une autre. [15]

Le patio assure plusieurs fonctions :

- Il assure l'éclairage principal et la ventilation des différentes pièces.
- Il sert d'espace de circulation et de distribution pour les pièces.
- Il est le prolongement des activités ménagères de la cuisine.
- Il est utilisé pendant les fêtes pour accueillir les invités.
- C'est un espace de jeu pour les enfants.
- Il sert d'espace de détente quand les conditions climatiques le permettent.

En résumé, le patio constitue le cœur battant de la maison du ksar, c'est une cheminée d'air et de lumière.[16]

## Chapitre 01 : Recherche bibliographique et l'état de l'art



Figure I-10 le patio d'habitat traditionnel [17]

### Le zkak:

La théorie des deux cours est également utilisée dans les rues étroites. Certaines rues sont couvertes et certaines sont ouvertes sur plusieurs sections, ce qui permet au soleil de chauffer les zones ouvertes et d'avoir l'effet sur le mouvement de l'air.[12]

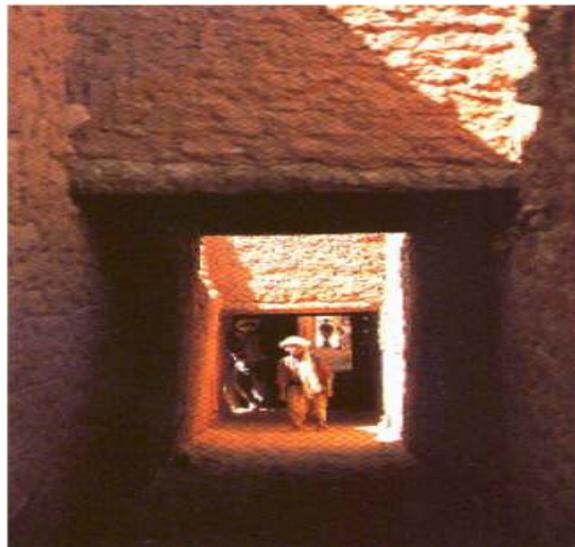


Figure I-11 Zqāq (venelle) de Taghit. [18]

### Skifa:

La porte est souvent prolongée d'une Sqifa, sorte de vestibule où parfois est confectionnée une banquette maçonnée (dukkâna) permettant au seuil d'être marqué dans sa fonction de filtre.[12]

## Chapitre 01 : Recherche bibliographique et l'état de l'art



Figure I-12 Sqifa dans une maison à Kerzaz.[12].

### Les portes:

- Les portes, seuils et ouvertures marquent la transition entre deux sortes d'espace. Leur franchissement peut indiquer le passage d'une personne d'un état à l'autre.
- La porte acquiert souvent une importance marquée par des arcs, piliers, portiques et autres éléments. Ces arcs, si diversement décorés, sont là pour marquer des passages. Que ce soit à l'entrée du ksar ou dans une rue, la porte est bien soulignée par cette arcature.
- L'arc le plus usité au Maghreb est l'arc plein cintre outrepassé ou en fer à cheval, qui symbolise la défense et la protection magique. [12]



Figure I-13 la porte d'entrée d'une maison mozabite à Ghardaïa.[12]



Figure I-14 l'entrée de ksar Timimoune.[17]

### Ayn ad-dar :

Un élément architectural, c'est le trou au niveau de la toiture appelé ayn ad-dār. Cette ouverture aménagée au plafond des patios est en effet, un « œil de la maison », Elle permet l'infiltration de la lumière.[12]

## Chapitre 01 : Recherche bibliographique et l'état de l'art



Figure I-15 Ayn-ad-dar a taghit, vue extérieure.[18]

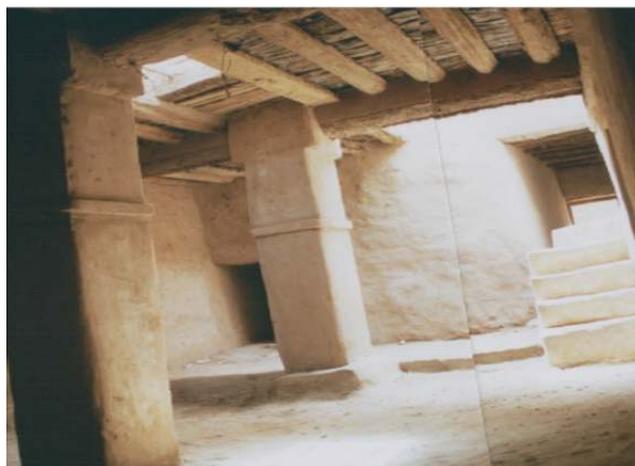


Figure I-16 Figure I.16 Ayn-ad-dar a taghit, vue intérieure.[18]

### 3.6 Les types d'habitat ksourienne

#### La maison ksourienne

L'organisation de l'espace habité semble s'inspirer du schéma classique introverti de l'habitat saharien. Cette introversion se fait autour d'un espace clos (wasteddar), ou patio à ciel ouvert, qui est l'élément permanent de l'habitat saharien. Cet espace ne s'assimile pas, simplement à un vide, ou à un dispositif d'aération et d'éclairage naturel, mais ce centre, autour duquel s'organisent toutes les activités et affirme l'unité spatiale de la maison.

Couverte ou pas, la cour est le seul endroit où l'on voit apparaître les façades décorées, dressées sur le périmètre de la cour, elles sont, à la fois, ses propres murs et les façades des pièces.[11]

## Chapitre 01 : Recherche bibliographique et l'état de l'art



Figure I-17 maisons traditionnelles à Taghit.[11]

### Agham

Au Gourara, l'agham est la première forme de l'occupation du territoire, il se présente comme une unité clairement définie par ses murs de remparts et ses tours, déterminant ainsi un extérieur et un intérieur. L'extérieur est celui de l'opposition, de l'émergence d'une forme prégnante, contrastant avec un paysage régulier, plat, mais qui se fond dans la couleur de la terre, qui a servi à la construction de ses murs, y creusent ses racines en un fossé (h'fir) qui l'entoure et qui la protège, à l'ombre du vent et de la chaleur, à l'intérieur de ce carré ou de ce rectangle, l'homme organise son lieu habitable à l'intérieur où se manifeste la vie quotidienne de la famille, de la tribu.

Ils constituent des ensembles architecturaux remarquables par leur caractère pittoresque et original où des trésors d'ingéniosité attestent du génie de l'homme et de ses savoir-faire face à un milieu extrêmement hostile.[11]



Figure I-18 ksar Ait-Ben-Haddou (le Maroc). [11]

### La kasbah-grenier

C'est un habitat primitif, construit d'abord en pierre puis à l'argile à partir du 15ème siècle, elle renfermait à l'origine presque exclusivement des greniers. Ce sont des espaces restreints creusés dans les parties inférieures de la roche et construite de manière étagée au-dessus.

Plus tard, des maisons, une mosquée et des puits sont venus s'y greffer. À l'intérieur et tout au long de la muraille d'enceinte, se trouvent des pièces donnant toutes sur l'espace central sans construction, dans lequel on trouve souvent un puits. Les petites pièces étaient utilisées comme grenier pour entreposer les biens, l'espace central étant réservé au bétail.

## Chapitre 01 : Recherche bibliographique et l'état de l'art

En tout état de cause et selon des études méthodologiques, les villages traditionnels du Gourara possèdent au moins une kasbah-grenier qui assure la sécurité et les échanges commerciaux.[11]



Figure I-19 ksar Draa à Timimoune.[17]



Figure I-20 Aghemamokran, aghlad a Timimoune. [11]

### 3.7 Les matériaux et le système constructif de dans les maisons Ksourienne

Pour les matériaux de construction, le ksourienne profite de son milieu naturel. Les plus anciennes constructions ont été édifiées en pierres. L'argile comme matériau de construction n'intervient que par la suite. On peut évidemment penser à une raréfaction du matériau qui va pousser à l'utilisation d'un matériau moins solide.

De manière générale, l'habitation est en toub (brique de terre) avec une structure en murs porteurs, assez épais. La poutraison est faite de troncs de palmiers (khashba) et les plafonds sont constitués par un clayonnage de palmes (jrîd). La terrasse est faite d'un mortier de terre (torchis) où se mêlent argile et feuilles de palmiers. Les troncs d'arbre constituent les poutres.[11]

## 4 Etat de l'art

### 4.1 Articles consultés

**1er article :** Architecture et confort thermique dans les zones arides Application au cas de la ville de Béchar.[19]

## Chapitre 01 : Recherche bibliographique et l'état de l'art

Cet article traite la relation entre conception architecturale et confort thermique des usagers sans recours total ou partiel au conditionnement mécanique des locaux.

Ce projet est une partie d'un programme de 200 logements individuels (F2 et F3) LSP situé au sud-ouest de la ville de Béchar.

La méthodologie de ce travail s'est portée sur les méthodes numériques utilisant la simulation thermique à l'aide du logiciel de simulation TRNSYS.

La recherche entreprise a étudié l'influence du type de matériau (parpaing ou brique) dans les conditions d'été (Juillet) et d'hiver (Janvier), ainsi que l'influence de l'orientation du vitrage sur l'évolution de la température intérieure du local considéré, une comparaison a été faite entre les valeurs simulées et les observations, en été et en hiver dans une maison individuelle de type F3.

- Les résultats ont montré une différence de 7°C entre les deux types de murs (parpaings et briques rouges). et confirme que le parpaing est un mauvais isolant qu'il faut éviter dans les constructions en zones sahariennes. Par contre, la brique rouge est un bon isolant thermique.
- Le choix de l'orientation d'un bâtiment à un faible impact énergétique, car la consommation totale (chaud + froid) plus importante à l'Est et l'Ouest est compensée par une consommation totale plus faible au Nord et au Sud.
- Il faut privilégier les ouvertures au Nord pour favoriser l'éclairage et la ventilation naturels. On peut réaliser une construction adaptée au climat au moyen de techniques passives de contrôle solaire et de refroidissement par ventilation et évaporation.

### **2eme article : analyse des propriétés thermiques des matériaux de constructions utilisés dans la ville de Tamanrasset.[20]**

L'objectif de ce travail consiste à la recherche et l'application de matériaux de construction locaux plus performants qui peuvent atténuer les effets du climat rude de la région, et réduire l'utilisation d'appareils de climatisation producteurs des gaz à effet de serres.

- Les échantillons représentatifs qui ont servi de support à l'analyse des propriétés thermo physique ont été pris des constructions anciennes c'est à dire des matériaux locaux (la terre et la pierre pour les murs, le Tehli et la terre pour les toitures) et le parpaing pour les matériaux contemporains.
- La détermination de ces caractéristiques exige l'utilisation de plusieurs appareillages et plusieurs méthodes. Pour ce faire, un montage expérimental a été utilisé dans le but de déterminer la conductivité et la diffusivité thermique des différents matériaux employés dans les différents types de construction à Tamanrasset.
- Les résultats ont été confirmés par des mesures comparatives de température intérieure de deux types de logements (traditionnel et contemporain).

Les résultats obtenus Dans le cas de l'habitat traditionnel, ont montré que lorsque les amplitudes des températures extérieures sont grandes, qui est égale à 12°C, celles de l'intérieur restent réduites, avec une fluctuation de 2,6°C marquée par un minimum de 25°C à 10 heures et un maximum de 28°C atteint la nuit vers 22 heures. a été trouvée que  $\Delta t_i = 2,6^\circ\text{c}$  et que 20% de  $\Delta t_e = 2,6^\circ\text{c}$ .

- Dans le cas de l'habitat contemporain, il a été remarqué que la température intérieure maximale suit l'évolution de la température extérieure maximale. Elle se rapproche l'une de l'autre avec une faible différence d'environ de 2°C.
- Les matériaux et la conception architecturale appliquée actuellement, ne tiennent pas compte du climat rude de la région de Tamanrasset.

## Chapitre 01 : Recherche bibliographique et l'état de l'art

### 3eme article : Evaluation des performances énergétiques de l'habitat traditionnel dans la région de SOUF.[21]

Le but de cette étude est d'évaluer le comportement énergétique de l'habitat traditionnel dans la région du Souf.

- L'étude menée concerne des échantillons d'habitation dans les quartierstraditionnels dans la ville Oued-Souf, la typologie urbaine est compacte, le bâtiment choisi est une habitation individuelle (maison avec cour centrale).
- Utilise l'Indice de confort thermique : PMV (PredictedMean Vote ou Vote Prévisible Moyen) qui permet de mesurer une sensation thermique globale du corps humain.
- Pour l'application numérique sur le bâtiment utilise le logiciel CoDyBapouranalyser en régime dynamique les performances énergétiques d'un bâtiment lorsque celui-ci est soumis à des conditions climatiques variées. Cet outil est destiné à mener des études de chauffage et de refroidissement, de conditionnement d'air et de ventilation, de comportement thermique d'un bâtiment en configuration multizones.
- Les résultats obtenus ont montré que le comportement énergétique de ces bâtiments est mieux adapté aux climats chauds et arides et permet la diminution de la consommation de l'énergie et l'émission des Gaz à effet de serre grâce aux solutions employées.

### 4eme article : Effet de l'enveloppe du bâtiment sur le confort thermique. Application au climat aride.[22]

#### Le but de recherche :

- Étudier l'effet de l'enveloppe sur le comportement thermique du bâtiment en utilisant différents types de matériaux.
- Valoriser l'utilisation des matériaux locaux (l'Adobe) dans la construction d'un logement situé dans la région de Béchar dont le climat est aride.

#### Méthodologie de recherche :

Dans cette recherche, la simulation numérique est réalisée à l'aide du logiciel Energie Plus V7 pour étudier les effets suivants :

1. Effet du type des parois extérieures sur le comportement thermique du bâtiment.
2. Effet de l'isolation thermique.
3. Effet du type de toiture sur le comportement thermique du bâtiment.

Que ce soit en hiver ou en été, les murs de briques sont plus efficaces que leurs homologues en béton, et cela a été constaté à partir des résultats obtenus :

Pour la journée la plus froide : Pour les murs en briques, la température de l'ambiance intérieure est plus élevée que la température extérieure, mais pour les parois en parpaing de béton, l'écart maximal est de l'ordre de 4,5°C.

Pour la journée la plus chaude: les températures intérieures de l'air sont les plus élevées dans le cas d'un mur en parpaing de béton, où elles atteignent les 39°C, par contre elles ne dépassent guère les 36°C pour le cas de l'adobe ou de la brique.

L'isolation des doubles parois est presque inefficace et n'apporte pas un gain thermique important, par ce que la différence de température entre les doubles parois avec et sans isolant est de l'ordre de 1°C dans la journée la plus froide et de 0,5°C dans la journée la plus chaude.

## Chapitre 01 : Recherche bibliographique et l'état de l'art

Le plafond en panneaux de polystyrène offre une solution très efficace. La différence de température de l'air intérieur est d'environ 1,5 ° C tout au long de la journée, pour été et hiver.

Pour la consommation énergétique en période hivernale et estivale a été constatée que pour le mur en double paroi et le mur en adobe la consommation énergétique de chauffage et de climatisation est réduite de plus de 90% par rapport à celle du mur en parpaing.

### **5eme article : Etude expérimentale du comportement thermique d'une façade ventilée dans un climat chaud et aride.[23]**

L'objectif de cette recherche est d'étudier l'impact du dispositif de la façade ventilée (le bardage et la convection naturelle de la cavité d'air) dans une zone chaude et aride « vile de Biskra » sur le fonctionnement thermique des constructions.

- La façade ventilée comme système de protection des enveloppes est caractérisée par une double peau avec une distance entre la paroi du bâtiment et le bardage additionné, ce qui crée une chambre d'air en mouvement par le tirage thermique 'l'effet de cheminée'
- Dans cette étude, a été choisie l'étude expérimentale vue la fiabilité de ses résultats incomparables. Deux cellules tests ont été réalisées à une échelle réduite sous forme rectangulaire de (0.8 × 0.9 m) et une hauteur de (0.9 m), La première cellule (Cr ) a été utilisée comme cellule de référence(en brique creuse de 10 cm, 1cm de ciment, une chape de 2cm, une dalle pleine de 7cm). La deuxième cellule (Cfv ) est utilisée afin d'expérimenter l'impact du dispositif de la façade ventilée.et réaliser la cavité d'air de 2 cm sans isolation thermique afin d'étudier l'effet thermique de la convection naturelle par l'effet de cheminée
- Les outils utilisés sont : thermomètre "Testo 480" pour mesurer la température de l'air à l'extérieur (Text ) et la température intérieure ambiante ( Ta ). "thermomètre infrarouge" pour mesurer la température surfacique externe (Tse ) et interne (Tsi ) dans les cellules.
- Les résultats sont satisfaisants, car l'impact considérable du bardage sur la réduction des températures surfaciques externes avec une valeur d'abaissement jusqu'à 6.8 °C et un pourcentage de réduction de 11.07 %, d'autre part, l'influence positive de la convection naturelle de la cavité d'air sur la réduction du flux de la chaleur.
- A été constaté que la diminution de la température ambiante est le rôle de l'isolant qui est considéré comme élément déterminant sur le comportement thermique de la façade ventilée.

### **6eme article : Etude thermique d'une maison traditionnelle en Algérie, cas d'Oued Souf.[24]**

L'étude de l'impact de l'utilisation des matériaux locaux sur le confort thermique dans la maison traditionnelle du Sud Algérien cas d'OuedSOUF.

- Caractérisation physique thermique des matériaux de construction : elle a été utilisée dans leur étude de cas, et cette étape a été mise en œuvre au sein du Centre national d'études et de recherches intégrées dans le bâtiment (CNERIB) à l'aide de l'instrument de mesure CT-Meter qui leur a permis de déterminer la conductivité thermique du matériau ainsi que sa température spécifique.
- Etude expérimentale : cette étape comprend les campagnes de mesure effectuées à l'intérieur et l'extérieur d'une maison traditionnelle située à Oued deSouf .
- Simulation thermique dynamique : La modélisation du cas d'étude à l'aide du logiciel Pleaides+comfie 2.3 qui sert à calculer les flux thermiques avec prise en considération des conditions climatiques de la région étudiée.

## Chapitre 01 : Recherche bibliographique et l'état de l'art

- Les résultats obtenus montrent que l'utilisation des matériaux locaux à forte inertie thermique peut répondre aux fluctuations.
- Que l'écart entre températures extérieures et intérieures peut atteindre jusqu'à 10°C

cette étude a confirmé que l'habitat traditionnel d'Oued Souf assure un confort thermique acceptable pour les occupants.

### **7eme article : Étude De l'amélioration De La Performance Énergétique De Bâtiments Résidentiels A Climat Sec Et Chaud.[25]**

Le but d'améliorer la performance énergétique du secteur résidentiel dans les régions arides (Bechar).

- À l'aide du logiciel de simulation TRNSYS étudier le comportement thermique de bâtiment et calculer également les consommations pour le chauffage et la climatisation.
- Proposer des solutions passives, comme l'isolation, les fenêtres performantes et la ventilation naturelle, et les comparer par le bâtiment de référence.
- Ont été Constaté que la meilleure solution et la plus économe en consommation énergétique est réalisée par le système d'isolation, avec une réduction de 56,08 %, et 54% pour l'inertie thermique.
- Aussi, le système de ventilation naturelle présente une réduction 50,94%. Les systèmes de la toiture isolée et la protection horizontale permettent une réduction de 32,53%, 20,067% et 39,15% en été uniquement.
- Par contre, le système des fenêtres performantes ne produit pas de changement important au niveau de la consommation énergétique globale.

## **4.2 Les mémoires consultés**

### **Thèse par articles présentée à l'école de technologie supérieure comme exigence partielle à l'obtention du doctorat en génie. [26]**

Cette thèse a pour but de développer une méthodologie qui permet d'intégrer les aspects énergétiques et du confort ambiant passif dans la conception de l'habitat,(dans le climat aride cas de Biskra)

Comme première étape, une analyse détaillée de l'architecture traditionnelle (dispositifs vernaculaires) existante dans la zone climatique en question et ses spécificités architecturales doit être réalisée.

Pour répondre à l'objectif de la recherche, ce travail est structuré en trois parties qui constituent les principaux axes de la thèse. Un inventaire des dispositifs et stratégies vernaculaires a été réalisé, suivi d'une analyse de la complexité de l'intégration des aspects énergétiques et du confort de l'utilisateur dans les différents cas de figure en milieu aride, basé sur la structure morphologique du bâtiment proposé

L'outil de simulation (EnergyPlus) a été utilisé pour analyser les combinaisons d'intégration d'appareils et de stratégies, qui maximisaient les économies d'énergie tout en assurant le confort des occupants.

- **1ère étude :** L'étude démontre qu'il est possible de développer un processus de conception architecturale basé sur l'analyse de différentes configurations et stratégies de dispositifs vernaculaires. Cette analyse relie les aspects énergétiques d'un bâtiment et le confort des occupants, ce qui permet de modéliser et d'évaluer le potentiel de diverses stratégies et dispositifs pour améliorer l'efficacité énergétique dans les régions arides.

## Chapitre 01 : Recherche bibliographique et l'état de l'art

- **2eme étude** : Les résultats de cette étude démontrent qu'à chaque étape d'intégration, l'intégration d'appareils dans un bâtiment est une solution pertinente, un processus qui permet à un ensemble d'appareils de se constituer en groupe. Dans ce processus, le comportement de chaque appareil devient un stimulus pour un autre appareil. Cet ensemble de dispositifs et de stratégies, ici sous la forme de l'intégration d'une mezzanine avec une voûte de type 2, a permis une réduction de 20,84% du rapport énergétique par rapport au bâtiment Standard.
- **3eme étude** : Cette mise en œuvre de ce processus conceptuel dans la conception des bâtiments a permis d'aboutir à une réduction de 25,11% du rapport énergétique d'un immeuble d'habitation par rapport à celui du bâtiment Standard (SB) de la ville de Biskra, en Algérie, surpassant les recherches prévues de 16 %.

### **Vers une amélioration de la performance énergétique des habitations : la certification énergétique comme une stratégie durable. Cas de la ville de Bechar. [27]**

Améliorer la performance énergétique de l'habitation collective de la ville de Bechar. Il consiste à évaluer le confort thermique des habitants, et réduire la consommation d'énergie, répondant d'abord aux normes minimales du logement à cette région, surtout en période estivale.

- La première est une investigation subjective achevée à l'aide d'un questionnaire comme outil de recherche. Tandis que la deuxième est un travail expérimental et une analyse comparative entre des résultats expérimentaux et de simulation à l'aide de thermique TRNSYS©.
- À l'aide de méthode française RT2012, ont été effectués une analyse critique de l'appliquer pour une extension vers la région Sub-Saharienne, en gardant la même structuration du bâtiment et en choisissant les systèmes énergétiques les plus accessibles dans la ville de Bechar, afin de valider la possibilité d'appuyer la forme générale de la méthode RT 2012 dans le contexte de la région étudiée.
- Et proposer des solutions pour améliorer la performance énergétique des logements, en simulant le bâtiment de référence par l'outil de simulation TRNSYS choisi dans le but de calculer les indices réglementaires de performance.
- La meilleure solution et la plus économe en consommation énergétique est réalisée par le système d'isolation, avec une réduction de 56,08 %, et 54% pour l'inertie thermique. Aussi, le système de ventilation naturelle, créant par une cour intérieure, présente une réduction 50,94%. Les systèmes de la toiture isolée et la protection horizontale permettent une réduction de 32,53 %, 20,067% et 39,15% en été.
- Une série de solutions techniques susceptibles d'apporter une amélioration énergétique du bâtiment de référence est proposée ;
  1. Ont été examinés la configuration d'une isolation par l'extérieur (la technique des plaques en polystyrène expansé), pour les murs et la toiture.
  2. La ventilation (La ventilation nocturne, par des cours intérieures), la protection horizontale, les fenêtres performantes (en posant un double vitrage) et l'inertie thermique est une solution passive pertinente pour nos régions et donne un résultat optimal en période estivale.

## 5 Conclusion

On peut conclure dans ce chapitre que l'habitat bioclimatique utilise l'aspect climatique environnant afin de réduire la consommation énergétique de ce dernier par le choix des matériaux, l'orientation et même en divisant les deux périodes estivales (hiver : on recherche la chaleur pour la stocker et éviter sa perte ; été : on recherche le rafraichissement pour éviter la surchauffe).

## **Chapitre 01 : Recherche bibliographique et l'état de l'art**

L'habitat ksourienne dans le sud de l'Algérie est pleinement compatible avec les conditions culturelles et écologiques de cette région et de fortes densités. L'erreur est dans l'application où les perceptions et les besoins socioculturels des sociétés sont ignorés. En étudiant ces types de logement, nous pouvons développer des logements à haute densité qui réduisent les coûts d'infrastructure et de services publics et réduisent considérablement la consommation d'énergie.

# Chapitre 02 : Présentation de la région étudiée

## II. Présentation de la région étudiée

### 1 Situation géographique de Timimoune

« Le Gourara », région où Timimoune se situe, est formé d'un ensemble d'oasis entouré par le Grand Erg Occidental (au nord), le Touat et la Saoura (à l'ouest) et le plateau de Tademaït (au sud et à l'est). Ce dernier est une immense étendue plate et pierreuse qui la sépare du Tidikelt (au sud - région d'Aïn Salah). [28]

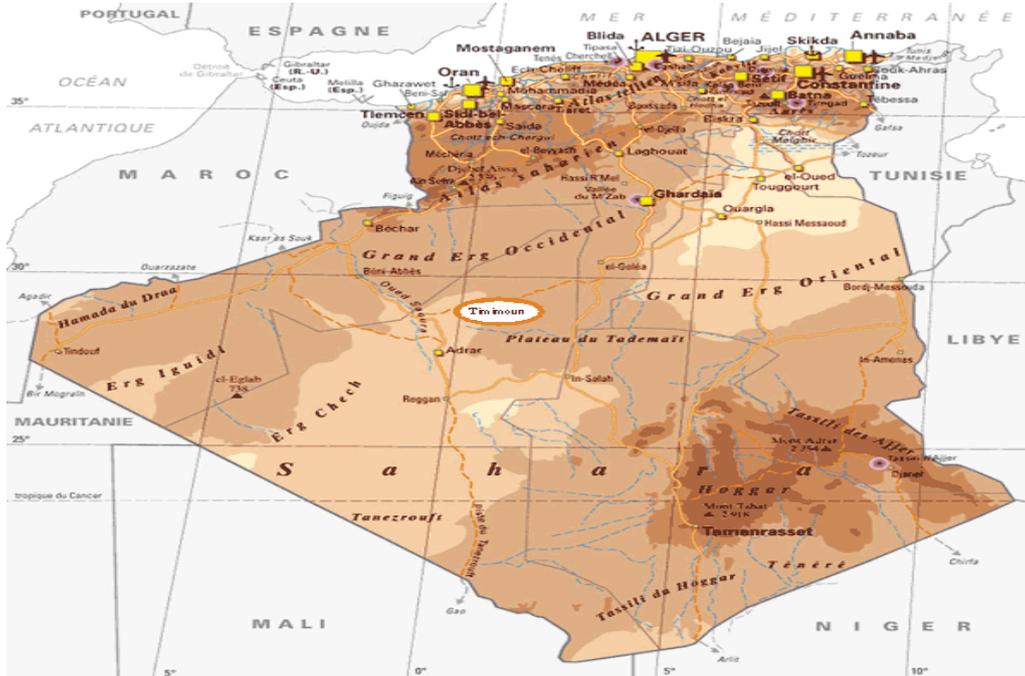


Figure II-1 carte de Timimoun[29]

### 2 Les données climatiques

Latitude : 29.3 N, Longitude : 0.3 E Altitude : 312m[30]

La région de Timimoune est classée dans la zone D' selon la classification thermique du DTR (3-2) des communes de ADRAR:

Tableau II-1: classement de la région par rapport au zonage climatique.[31]

Wilaya	Communes	Zone
01	Groupe de Communes 1 : Ksar Kaddour - Timiaouine - Tinerkouk	D
ADRAR	Groupe de Communes 2 : Toutes les communes autres que celles figurant au groupe de communes 1.	D'

## Chapitre 02 : Présentation de la région étudiée

### 2.1 Caractéristiques climatiques de la région de Timimoune :

#### Données pour l'hiver

Tableau II-2: Caractéristiques climatiques d'hiver.[31]

Caractéristiques climatiques moyennes par zone	Caractéristiques climatiques du mois le plus froid: Janvier							
	T <sub>moy</sub>	T <sub>min. moy</sub>	T <sub>max. moy</sub>	T <sub>min. abs</sub>	T <sub>max. abs</sub>	Ecart diurne	V Variabil.	T <sub>extérieure de base.</sub>
<b>Zone D2</b>								
< 500 m	16,5	8,5	24,5	3	31	16	6,5	4
500 – 1000 m	14	6,5	21	1	27,5	14,5	6,5	2

#### Données pour l'été

Tableau II-3: Caractéristiques climatiques d'été.[31]

Caractéristiques climatiques moyennes par zone	Caractéristiques climatiques du mois le plus chaud: Juillet								
	T <sub>moy</sub>	T <sub>max. moy</sub>	T <sub>min. moy</sub>	T <sub>min. abs</sub>	T <sub>max. abs</sub>	Ecart diurne	V Variabil.	T <sub>effect. max. moy.</sub>	T <sub>extérieure sèche de base.</sub>
<b>Zone D2</b>									
< 500 m	31	39	23	18	44	16	5	28	41,5
500 – 1000 m	28	34,5	19,5	14,5	39,5	20	5	26	37

### 2.2 La situation du cas étudié ( Aghame sidi Brahim )

Aujourd'hui notre Agham occupe une position stratégique dans l'armature urbaine de la ville. Il se situe à la zone de contact entre le ksar ancien et le village récent, pas loin de boulevard de 1er novembre, ex piste inter Ksourienne, qui rassemble actuellement la majorité des institutions de la ville (centre culturel, la daïra, la mairie, la poste, la banque centrale, l'ONAT, ...etc.). En plus il est desservi par deux Rahbates.

### 2.3 L'accessibilité

L'accès à l'Agham est possible à partir du boulevard du 1er novembre de côté Sud-est par deux parcours séparés par la parcelle du marché. Le premier mène directement à un accès latéral. Le deuxième débouche sur RahbatAharach là où on trouve un second accès doté d'un escalier.

## Chapitre 02 : Présentation de la région étudiée

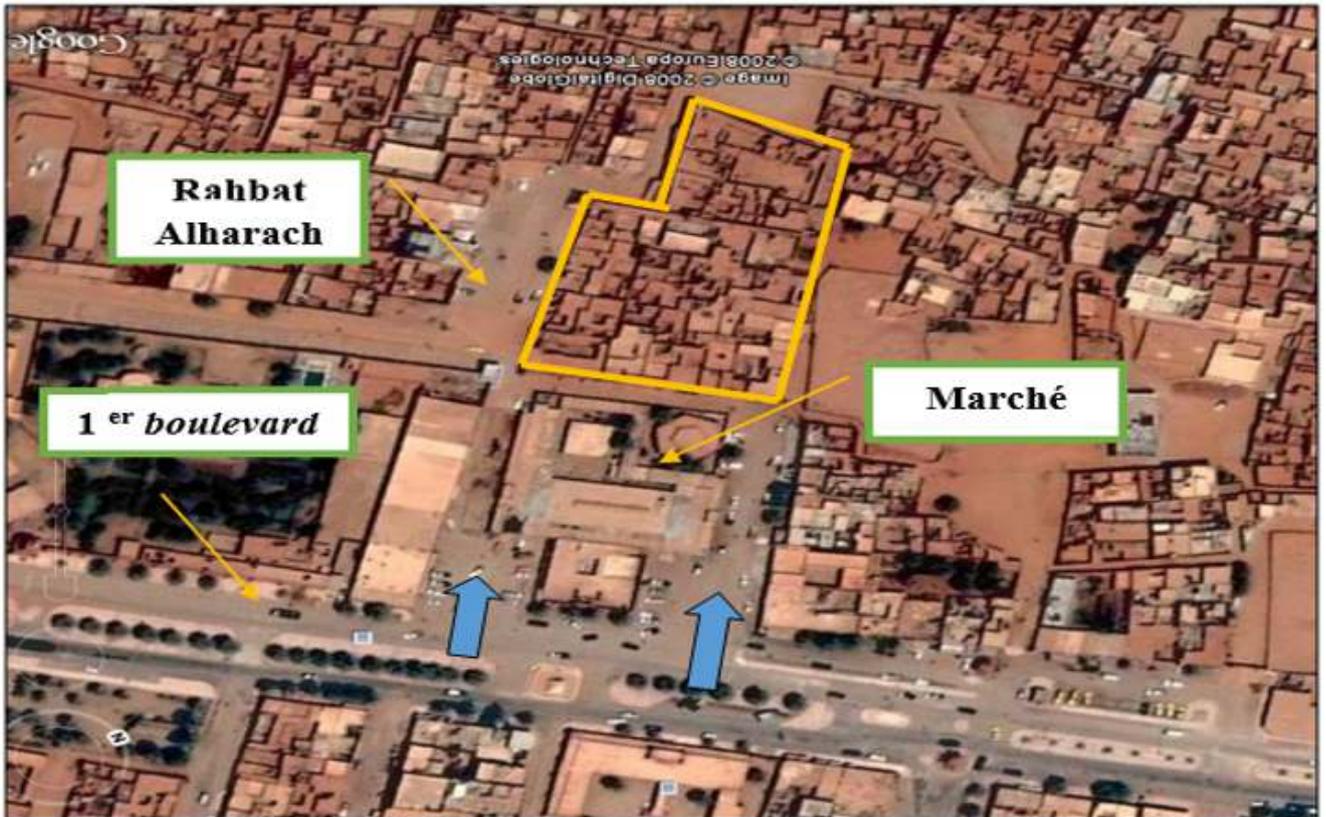


Figure II-2: plan de situation de l'Aghame sidi Brahim (source Google Earth)

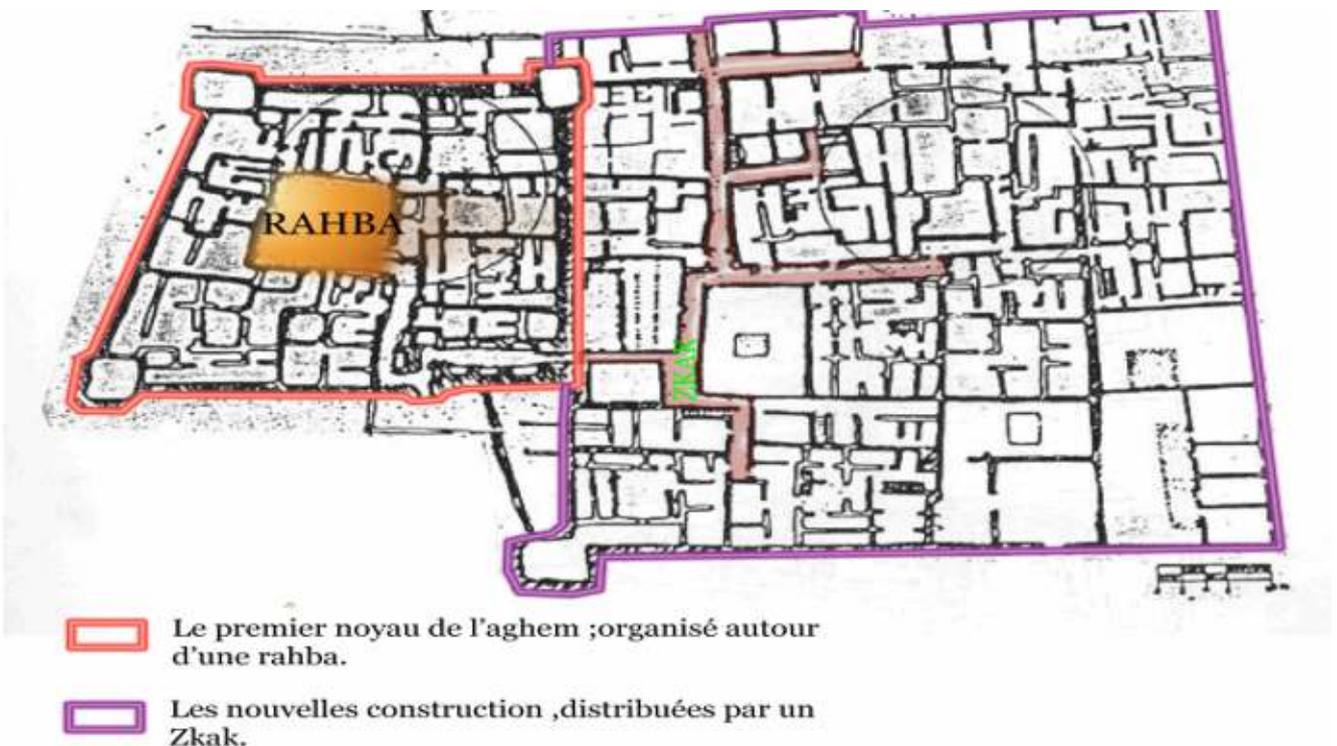


Figure II-3 : le plan complètement de aghame sidi Brahim

## Chapitre 02 : Présentation de la région étudiée

### 2.4 L'organisation spatiale des habitations :

#### Exemple d'un plan

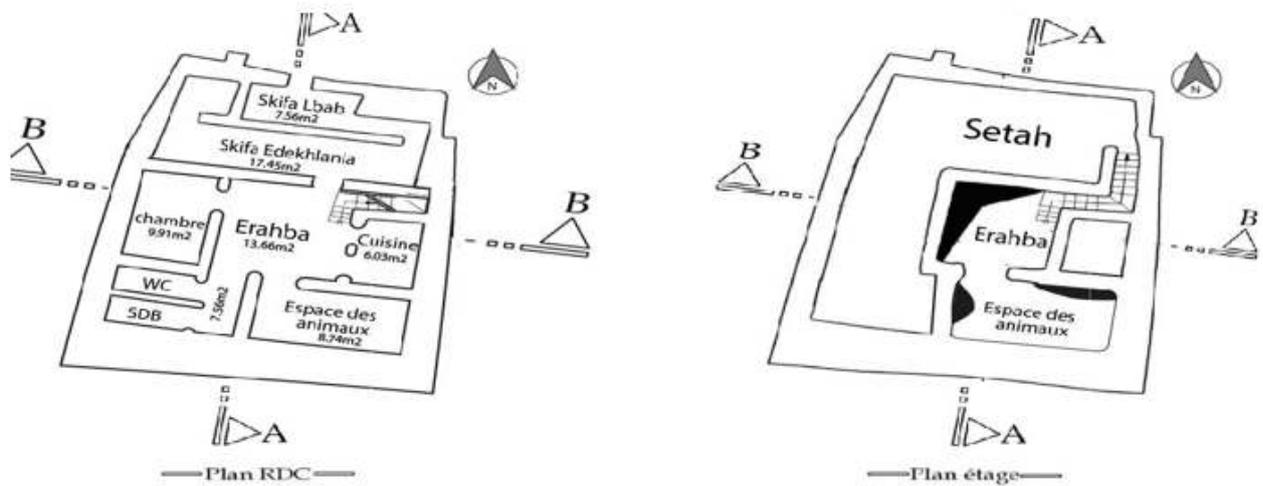


Figure II-4: Plan de (RDC, étage)

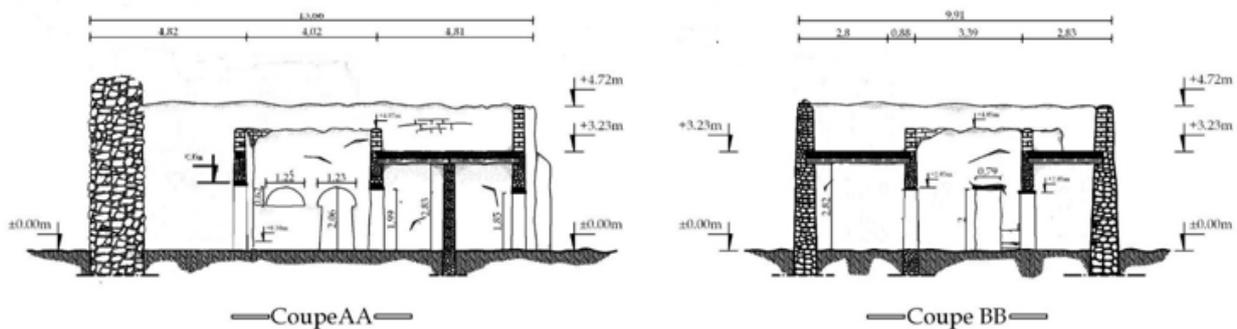


Figure II-5: La coupe horizontale

### 2.5 L'organisation de l'Agham

L'Agham Sidi Brahim s'organise selon deux systèmes de distribution

#### Le Zkak

Ce système de distribution est utilisé dans la partie de l'Agham issue de l'extension intra-muros, sous forme de parcours étroits et couverts finissant en impasse. Il dessert toutes les parcelles.



Figure II-6: le zkak

## Chapitre 02 : Présentation de la région étudiée

### La Rahbat

C'est une cour à ciel ouvert, elle occupe le centre de premier noyau de l'Agham. C'est autour d'elle que s'organisent toutes les parcelles.



Figure II-7: le Rahba

### Les matériaux de construction :

Tableau II-4 : Matériaux de construction (les murs)

Matériaux de construction (les murs)	
Les fondations	<p style="text-align: center;"><u>Types de fondations dans l'Aghem Sidi Brahim</u></p> <p style="text-align: center;">Figure II-8 les fondations dans aghame sidi Brahim[17]</p> <p>Ce sont des fondations uniformes construites en pierre calcaire dont l'épaisseur varie de 40 cm à 1 m. constitué de 3 types des murs :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- mur en pierre complètement</li> <li>- mur en 'toubé' avec soubassement en pierre 'tafza'</li> <li>- mur d'enceint</li> </ul>
Construction	<p>A l'intérieur on trouve des murs construit en adobe avec des assises en pierre mais la majorité des murs reste réalisés avec des moellons de Tafza noyés dans la terre. Les épaisseurs des murs sont très variables, elles vont de 0.25m jusqu'à 1m.</p>

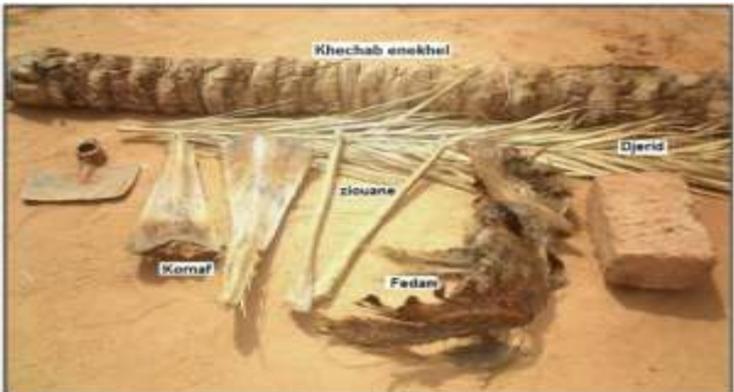
## Chapitre 02 : Présentation de la région étudiée

	  <p data-bbox="264 555 655 589"><i>Figure II-9 Mur intérieure en adobe</i></p> <p data-bbox="927 555 1337 589"><i>Figure II-10 Mure extérieur en pierre</i></p>
La pierre calcaire (tafza)	 <p data-bbox="584 1010 1086 1043"><i>Figure II-11 : Mur en pierre calcaire [17]</i></p> <p data-bbox="264 1070 1390 1178">La pierre calcaire « Tafza », un grès issu de l'agrégation et de la cimentation des grains des sable. Caractérisée par une grande porosité et une forte absorption de l'humidité et aussi par une faible résistance mécanique, elle et aisément friable. [32]</p>
L'adobe	 <p data-bbox="699 1503 970 1536"><i>Figure II-12: L'adobe</i></p> <p data-bbox="264 1563 1406 1736">Communément connue sous le nom d'adobe. Elle est moulée à partir d'une terre malléable souvent ajoutée de paille. A l'origine, cette brique était formée à la main. Plus tard (et encore aujourd'hui), elle est fabriquée manuellement à l'aide de moules à formes variées, en bois ou en métal. Actuellement, on emploie également des machines. [32]</p>

## Chapitre 02 : Présentation de la région étudiée

L'enduit	<p>Les enduits extérieurs protègent le mur des pluies et des vents de sable, mais aussi du fort soleil. L'intérieur de la maison, quant à lui, est couvert par deux couches. On réalise la première avec le même mortier que les adobes et après son séchage, on appose une couche de finition en argile blanc liquide ou en chaux pour avoir un espace éclairé par la couleur blanche. [32]</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;"><i>Figure II-13: L'enduit de chaux</i></p>
----------	--

Tableau II-5 Les plancher

<b>Matériaux de construction (les planchers)</b>	
<p><b>Les</b></p> <p><b>Planchers</b></p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p><i>Figure II-14 Plafond en kernaf(petiole)</i></p> </div> <div style="text-align: center;">  <p><i>Figure II-15 les diferantsmateriaux local. [33]</i></p> <p>Ont été Simplement conçu, le plancher nécessite deux matériaux principaux: la terre et les différentes composantes du palmier: khechabenekhal, palmes Djerid, Kornaf, Fedam. Parfois on fait recours aussi,</p> </div> </div>

## Chapitre 02 : Présentation de la région étudiée



Figure II-18 Plafond en roseau



Figure II-19 Plafond en Djérid (palm)



Figure II-20: Plafond en Tafza

quoique rarement, à la pierre. Comme tout arbre destiné à la construction, le palmier, seule source de bois à région degourara, il est coupé longitudinalement, afin de servir comme poutre principale. Toujours disposés dans le sens de la petite portée, et ce, dans le but d'éviter le fléchissement de celle-ci. [33]

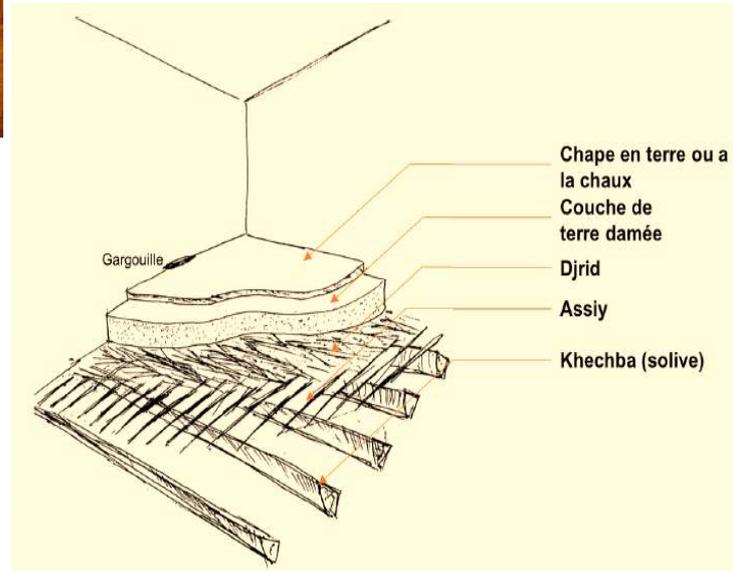


Figure II-16 Éléments d'un plancher traditionnel à Timimoun. [33]

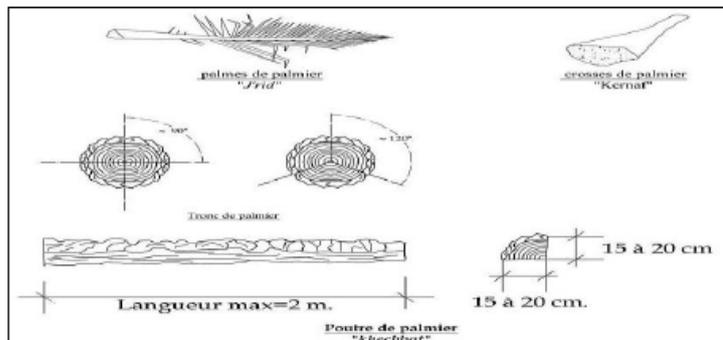
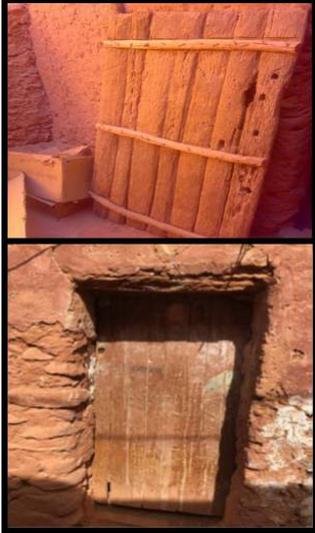


Figure II-17 les matériaux de construction dérivés des palmiers. [17]

## Chapitre 02 : Présentation de la région étudiée

Tableau II-6 les portes extérieures traditionnelles.

Matériaux de construction (les ouvertures)	
Eléments	Illustration
<b>Les Portes Extérieures</b>	<p>Il est réalisé pendant la maçonnerie sur toute l'épaisseur du mur par des solives découpées et parfois attachées par une corde. La hauteur des portes varie entre 170 – 190cm et leur largeur, entre 70 – 100cm. Le volet se compose de plusieurs solives en bois taillé, presque plat, assemblées par des planches d'olivier. Il est fixé par des charnières dans l'épaisseur du mur. Toutes les portes extérieures sont dotées d'un système de fermeture simple, intégré dans l'épaisseur du mur.</p>  <p style="text-align: right;"><i>Figure II-21 les portes extérieures traditionnelles.</i></p>
<b>Les portes intérieures</b>	<p>La maison traditionnelle dans le Ksar de Timimoun possède couramment une seule porte à volets. Elle est celle de l'entrée principale ! Le reste des ouvertures se caractérise par un encadrement droit avec un linteau. Le linteau est nécessaire dans tous les types de porte (sauf quand il s'agit d'arc)</p>  <p style="text-align: right;"><i>Figure II-22 les ouvertures intérieurs</i></p>

## Chapitre 02 : Présentation de la région étudiée

<b>Les fenêtres verticales</b>	Est une ouverture ou fente de petite taille, ne dépassant pas celle d'un adobe (hauteur 30cm, largeur 15cm), stabilisée quand-même par un linteau de pierre plate ou des solives assemblées. Il s'agit de ces fenêtres à deux volets qui offrent un maximum d'ouverture vers l'extérieur.	 <p style="text-align: center;"><i>Figure II-23 les fenêtres verticales</i></p>
<b>Les fenêtres horizontales</b>	Est une fenêtre horizontale et situé dans le plancher, elle est fait pour éclairer et aérer l'intérieur de la maison. (ainedar)	 <p style="text-align: center;"><i>Figure II-24 les fenêtres horizontale</i></p>

Tableau II-7 Les caractéristique thermo physique des matériaux de construction.

matériaux	conductivité thermique w /m C°	Masse Volumique (kg/m <sup>3</sup> )	Chaleurs spécifiques (J/kg. °C)	la diffusivité thermique a (m <sup>2</sup> /°C)	sources
Adobe de terre(timimoun)	0.9	2500	1426	2.5x10 <sup>-7</sup>	[34]
terre + TEHLI (timimoun)	1	1700	/	1,23x10 <sup>-7</sup>	[35]
pierre naturelle (timimoun)	2	2000	936	1,30x10 <sup>-7</sup> m <sup>2</sup>	
Pétiole de palmier (el akarnaf)	0.083	276	1512	/	[36]
Tronc de palmier (khechba)	0.126	760	936	1.771	
Mortier de chaux	0.87	1800	1080	-	[31]
Le sable sec	0.6	1300	823	-	

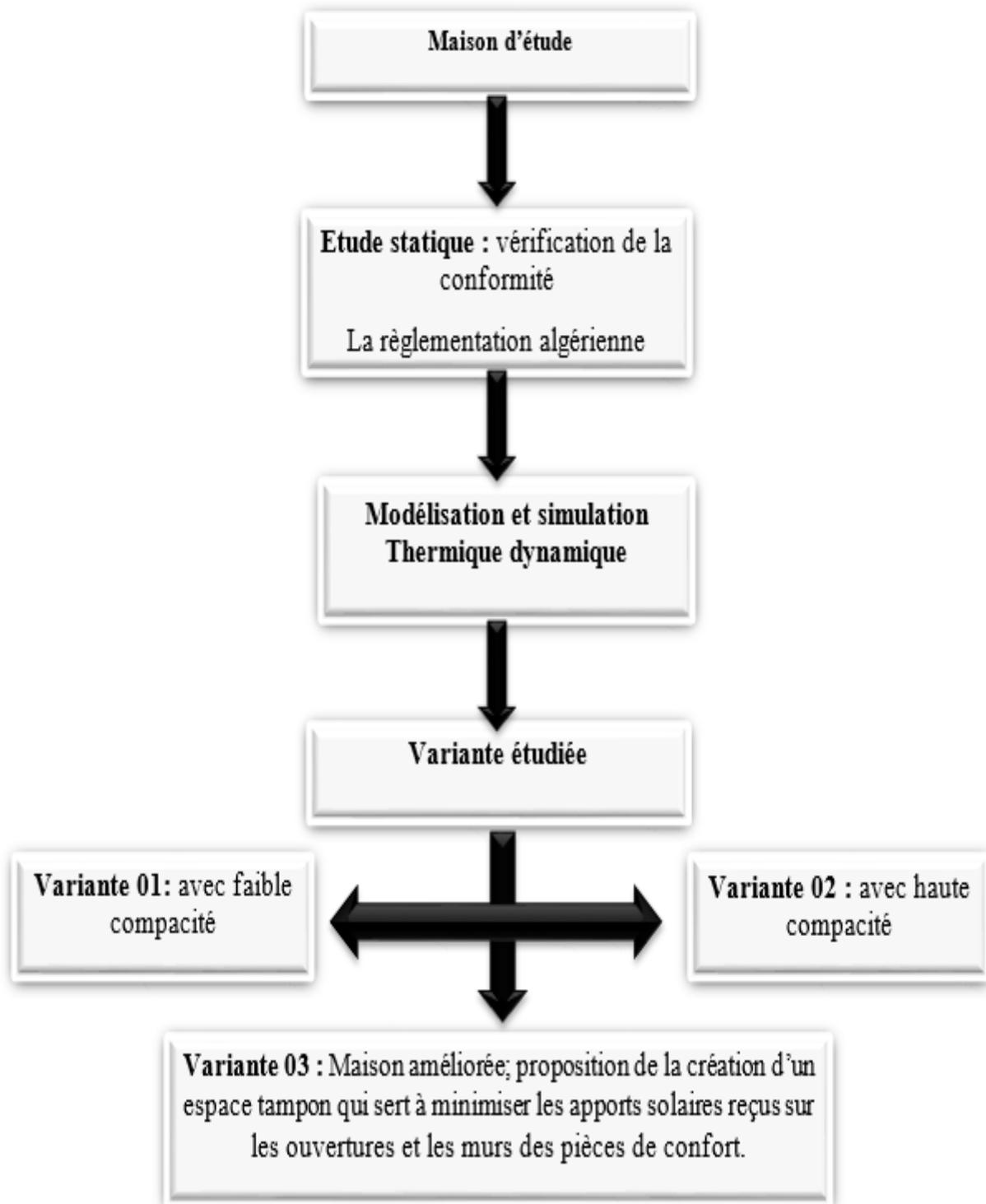
## Chapitre 02 : Présentation de la région étudiée

Tableau II-8 Caractéristiques du mur extérieur

Composants	Matériaux	Conductivité thermique $\lambda$ (w/m.c°)	Résistances Thermique R (m.c°/w)	Coefficient de transmission surfacique K (w/m <sup>2</sup> .c°)
Mur extérieur (40 à 100cm)	- mortier de chaux (5cm) - pierre calcaire (60 cm) - mortier de chaux (5cm)	$\lambda=0.87$ w/m.c°  $\lambda=2$ w/m.c°  $\lambda=0.87$ w/m.c°	R=0.057  R=0.3  R=0.057 R <sub>totale</sub> =0.414	$1/h_i+1/h_e= 0.17$ m <sup>2</sup> .°c/w   K=1.71
Mur intérieur contact a local ouvert (40 cm)	- mortier de chaux (5cm) - adobe de terre (30cm) - mortier de chaux (5cm)	$\lambda=0.87$ w/m.c°  $\lambda=0.9$ w/m.c°  $\lambda=0.87$ w/m.c°	R <sub>m</sub> =0.057  R <sub>a</sub> =0.333  R <sub>m</sub> =0.057 R <sub>totale</sub> =0.447	$1/h_i+1/h_e= 0.17$ m <sup>2</sup> .°c/w   K=1.62
Mur intérieur (40 cm)	- mortier de chaux (5cm) - adobe de terre (30) - mortier de chaux (5cm)	$\lambda=0.87$ w/m.c°  $\lambda=0.9$ w/m.c°  $\lambda=0.87$ w/m.c°	R <sub>m</sub> =0.057  R <sub>a</sub> =0.27  R <sub>m</sub> =0.057 R <sub>totale</sub> =0.384	$1/h_i+1/h_e= 0.22$ m <sup>2</sup> .°c/w   K=1.5 w/m <sup>2</sup> .c°
Le Plancher bas	- un couche de chaux (10 cm) - Couche de sable (10 cm)	$\lambda=0.87$ w/m.c°  $\lambda=0.6$ w/m.c°	R <sub>mt</sub> =0.114  R <sub>cs</sub> =0.166 R <sub>t</sub> =0.28	$1/h_i+1/h_e= 0.34$ m <sup>2</sup> .°c/w   K=1.61 w/m <sup>2</sup> .c°
Plancher haut	-couche de mortier chaux (5cm) -toiture: terre + TEHLI (10cm) - Pétiole de palmier (el akarnaf) (5cm) - Tronc de palmier (13cm)	$\lambda=0.87$ w/m.c°   $\lambda= 1$ w/m.c°  $\lambda= 0.083$ w/m.c°  $\lambda= 0.126$ w/m.c°	R=0.057   R=0.1  R <sub>K</sub> =0.6024  R <sub>TP</sub> =1.0317  R <sub>t</sub> = 1.79	$1/h_i+1/h_e= 0.34$ m <sup>2</sup> .°c/w     K=0.47 w/m <sup>2</sup> .c°

## Chapitre 02 : Présentation de la région étudiée

### 3 Méthodologie de travail



## Chapitre 02 : Présentation de la région étudiée

### 4 Calcul du bilan thermique

#### ➤ Les déperditions totales :

$$D = \sum D_i = (D_T)_i + (D_R)_i [W/^\circ C]$$

$D_i [W/^\circ C]$  représente les déperditions totales du volume « i ».

$(D_T)_i [W/^\circ C]$  représente les déperditions transmission d'un volume.

$(D_R)_i [W/^\circ C]$  représente les déperditions renouvellement d'air totales

#### ➤ Les Déperditions par transmission d'un volume :

$$(D_T)_i = (D_s)_i + (D_{li})_i + (D_{sol})_i + (D_{lnc})_i [W/^\circ C]$$

- $(D_s)_i$  : déperditions surfaciques par transmission à travers les parois
- $(D_{li})_i$  : Déperditions linéiques.
- $(D_{sol})_i$  : Déperditions par transmission à travers les parois en contact avec le sol
- $(D_{lnc})_i$  : déperditions à travers les parois en contact avec locaux non chauffée.

#### ➤ Déperditions par renouvellement d'air :

$$(D_R)_i = (D_{RV})_i + (D_{RS})_i [W/^\circ C]$$

### 4.1 Les déperditions surfaciques $D_s$

Déperditions à travers les murs extérieurs en contact avec l'extérieur

#### Surface du mur extérieur en pierre calcaire en contact avec l'extérieur :

$S_m(\text{pierre}) = [\text{périmètre du mur en contact avec l'extérieur} * \text{hauteur} - (\text{l'épaisseur de la dalle}) - \text{surface des ouvrants}]$

Surface de la porte :  $S_{pp} = (0.90 * 1.85) = 1.67 \text{ m}^2$

$S_m(\text{pierre}) = [(40.33 * 2.82) - 1.67] = 112.06 \text{ m}^2$

#### Surface du mur intérieur en adobe contact à local ouvert :

$S_m(\text{adobe}) = [\text{périmètre du mur en contact avec l'extérieur} * \text{hauteur} - (\text{l'épaisseur de la dalle}) - \text{surface des ouvrants}]$

Surface des ouvertures :  $S_o = 11.10 \text{ m}^2$

$S_m(\text{adobe}) = 61.61 - 11.10 = 50.51 \text{ m}^2$

#### Déperditions à travers les murs extérieurs en contact avec l'extérieur :

$D_{sm} = K_m(\text{pierre}) * S_m(\text{pierre}) + K_m(\text{adobe}) * S_m(\text{adobe}) = (1.71 * 112.06) + (1.62 * 50.51) = 273.35 \text{ W/}^\circ C$

#### Déperditions à travers les planchers en contact avec l'extérieur :

Surface de plancher haut :  $S_{ph} = \text{surface totale} - \text{la surface de (espace des animaux)} - \text{la surface de (El rahba + vide de les escaliers)} = 168 - 13.66 - 8.74 - 4.1 = 112.06 \text{ m}^2$

Surface de plancher bas :  $S_{pb} = (\text{c'est la surface total de la maison}) = 135 \text{ m}^2$

#### Déperditions des planchers :

$D_{pl} = (S_{ph} * K_{ph}) + (S_{pb} * K_{pb}) = (112.06 * 0.47) + (135 * 1.61) = 270 \text{ W/}^\circ C$

#### Déperditions à travers les ouvertures en contact avec l'extérieur :

Pour les ouvertures il Ya une seule porte à l'extérieure en bois ;

$K_p = 3.5 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ C$   $S_p = (0.90 * 1.85) = 1.67 \text{ m}^2$

## Chapitre 02 : Présentation de la région étudiée

Dépense de la porte :  $D_p = K_p \cdot S_p = 3.5 \cdot 1.67 = 5.84 \text{ W/}^\circ\text{C}$

Tableau II-9 les dépenses surfaciques

Les composants	Les murs	Les planchers	Les ouvertures	<b>totales</b>
Les dépenses surfaciques (W/m°C)	273.35	270	5.84	<b>549.19</b>

### 4.2 Calcul des Dépense linéiques

$D_l = D_{ST} \cdot 20\% = 549.19 \cdot 0.2 = 109.83 \text{ W/}^\circ\text{C}$

### 4.3 Calcul des Dépense à travers au locaux non chauffée :

$$D_{LNC} = \text{Taux} [\sum (K_i \cdot A_i) + \sum (K_{L_i} \cdot L_i)]$$

$K_i$  : le coefficient de transmission surfacique de chaque partie en W/m°C.

$A_i$  : la surface intérieure de chaque partie surfacique en m<sup>2</sup>.

$K_{L_i}$  : le coefficient de transmission linéiques de chaque liaison en W/m°C.

$L_i$  : la longueur intérieure de chaque liaison en m.

Taux : le coefficient de réduction de température.

Taux = 1 (selon le DTR)

✓ **Calculer la surface des murs contacte aux locaux non chauffée :**

$S_{mLNC}$  = le périmètre du mur en contact avec locaux non chauffé \* son hauteur - (l'épaisseur de plancher) =  $10.76 \cdot 2.82 = 30.35 \text{ m}^2$

**Les dépenses surfaciques de locaux non chauffée :**

$D_{SLNC} = (30.35 \cdot 1.65) = 50.68 \text{ W/}^\circ\text{C}$

✓ **Calcul de la dépense linéique de locaux non chauffée :**

$D_{LLNC} = D_{SLNC} \cdot 20\% (\text{selon le DTR}) = 50.68 \cdot 0.2 = 10.13 \text{ W/}^\circ\text{C}$

Les dépenses de locaux non chauffée :  $D_{LNC} = 30.35 + 10.13 = 40.48 \text{ W/}^\circ\text{C}$

Tableau II-10 Vérification des dépenses par transmission

Le type de dépense	Dépense surfacique	Dépense linéiques	Dépense surfacique de locaux non chauffée	<b>Totals</b>
Dépense (W/m°C)	549.19	109.83	40.48	<b>699.5</b>

### 4.4 Vérification par rapport aux dépenses de référence

$$D_{ref} = a \cdot S_1 + b \cdot S_2 + c \cdot S_3 + d \cdot S_4 + e \cdot S_5 \quad [\text{W/}^\circ\text{C}]$$

## Chapitre 02 : Présentation de la région étudiée

Tableau II-11 les surfaces des composants et ses coefficients

	La toiture	Le plancher bas	Les murs	Les portes	Les fenêtres
La surface (m <sup>2</sup> )	S1=112.06	S2=135	S3=162.56	S4=13.52	S5=0.76
Le coefficient (W/m <sup>2</sup> °C)	a=2.4	b=3.4	c=1.4	d=3.5	e=4.5

$$D_{\text{ref}} = (2.4 * 112.06) + (3.4 * 135) + (1.4 * 162.56) + (3.5 * 13.52) + (4.5 * 0.76) = 1006.26 \text{ W/°C}$$

$$DT \leq D_{\text{ref}} * 1.05 \text{ alors : } 1.05 * 1148.14 = 1205.54 \text{ W/°C}$$

Tableau II-12 Vérification des déperditions par transmission

$D_T$	$D_{\text{ref}} * 1.05$	Vérification
699.5	1056.58	Vérifié

### 5 La conclusion

D'après Les résultats obtenus, nous avons constaté que notre cas d'étude est conforme à la réglementation thermique et cela est dû à la bonne résistance des matériaux locaux utilisés, en particulier la toiture qui est composée de quatre matériaux différents qui jouaient le rôle d'isolants et que le Coefficient de transmission surfacique soit estimé à 0.47 (w/m2.co). Aussi l'épaisseur importante des murs est un autre facteur qui a pu réduire les déperditions thermiques.

## Chapitre 03 : Modalisation et simulation thermique dynamique

### III. Modalisation et simulation thermique dynamique

#### 1 Introduction

Les outils de simulations énergétiques permettent la simulation du comportement thermique d'un bâtiment, en lien éventuel avec les questions de confort acoustique et d'éclairage.

De tels outils calculent les besoins énergétiques nécessaires au maintien du confort thermique (chauffage, rafraîchissement), voire l'ensemble des besoins énergétiques. Au-delà de l'aspect énergétique, certains logiciels évaluent les impacts environnementaux liés au bâtiment sur la totalité de son cycle de vie.

Dans ce chapitre ; nous allons présenter le logiciel d'étude « PLEIADES + COMFIE »; faire un modèle du logement; rentrer le fichier de donnée météorologique ; intégrer le concept proposé et les scénarios de fonctionnements.

**Présentation générale de l'outil « le logiciel PLEIADES + COMFIE » :**

#### **Pour quoi la simulation thermique dynamique ?**

La simulation thermique dynamique simule au pas de temps horaire le métabolisme du bâtiment en fonction de la météo, de l'occupation des locaux,...

Au final, on accède aux températures, aux besoins de chauffage/climatisation, aux apports solaires...heure par heure dans les différentes zones prédéfinies du bâtiment. La STD permet de prendre en compte l'inertie thermique du bâtiment, les ponts thermiques, le comportement des usagers, la stratégie de régulation et de mener les études de sensibilités afférentes. La STD permet donc d'identifier et de quantifier l'impact des différentes fuites énergétiques (ponts thermiques, infiltration, ventilation...) afin de valider les concepts et solutions techniques retenues

#### 2 Une analyse pertinente

Une STD (simulation thermique dynamique) est nécessaire en phase de conception d'un projet de construction, afin de valider les objectifs de faible consommation. Elle l'est aussi dans l'existant quand il s'agit d'établir une stratégie de rénovation. Dans ce dernier cas, on réalise une série de STD pour tester différentes solutions techniques à tout niveau (enveloppe, ventilation, chauffage, vitrage, équipement...) [37]

##### 2.1 Pléiade + Comfie 2.3

Le logiciel Pleiades + Comfie est développé par le Centre d'énergétique de l'Ecole des Mines de Paris, il intègre plusieurs bibliothèques de données thermiques sur les matériaux et les éléments constructifs, les menuiseries, les états de surface, les albédos et les écrans végétaux.

Le logiciel comprend aussi des bibliothèques de modes de gestion du bâtiment étudié selon un scénario horaire pour une semaine-type (occupation, apports internes, températures de consigne de chauffage ou de climatisation, gestion des occultations).

Chaque ouverture vitrée peut être affectée d'un masque intégré à la construction (évent, brise-soleil etc.). Les masques lointains (relief, autres bâtiments), les obstacles à l'ensoleillement à proximité de chaque paroi (arbre, masques architecturaux) sont également pris en compte.

Le logiciel de simulation thermique utilisé par IZUBA Energies, Pléiade Comfie, nécessite, comme données d'entrées météorologiques, les valeurs horaires des températures et du rayonnement.[38]

est intégré à un ensemble de logiciel interfacé complet facilitant la saisie rapide de toutes les caractéristiques du bâtiment, de ses équipements et de ses scénarios de fonctionnement, d'une part, et chaîné à un calcul d'analyse de cycle de vie du bâtiment, d'autre part.

## Chapitre 03 : Modalisation et simulation thermique dynamique

### 2.2 Alcyone 1.0

Est un module de saisie graphique qui permet de dessiner le bâtiment à partir de plan 2D, de lui associer des masques proches, des compositions, des vitrages, de le découper en zones thermique.

### 2.3 MeteoNorm 7.1

Le pack Stations Météo norme comporte plus de 400 stations météo complémentaires pour la simulation thermique dynamique, il nous donne accès à des données météorologiques pour divers applications pour n'importe quel endroit dans le monde.

#### Les étapes de simulation

#### Création d'un fichier météorologique sous logiciel MeteoNorm version 7

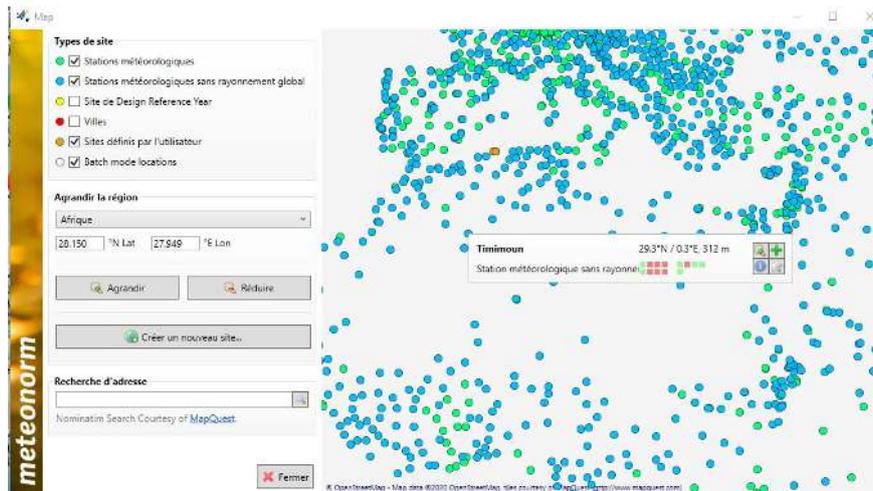


Figure III-1 Création d'un fichier météo sous MeteoNorm



Figure III-2 : Choisir le site

#### Les compositions des parois sous logiciel pléiade :

## Chapitre 03 : Modalisation et simulation thermique dynamique

The screenshot shows the 'Caractéristiques de la composition' window for a wall class 'Murs'. The wall name is 'mur en pierre calcaire (timimoun)'. The composition table is as follows:

Composants	T	cm	kg/m <sup>2</sup>	λ	R
mortier chaux timi	M	5.0	90	0.87	0.06
pierre calcaire (timimoun)	M	60.0	1200	2.00	0.30
mortier chaux timi	M	5.0	90	0.87	0.06
Total		70.0	1380		0.42

The wall is oriented with 'Extérieur' on top and 'Intérieur' on the bottom, as indicated by a downward arrow.

Figure III-3 mur extérieur en pierre calcaire (Tafza).

The screenshot shows the 'Caractéristiques de la composition' window for a wall class 'Murs'. The wall name is 'mur en adobe de terre(timimoun)'. The composition table is as follows:

Composants	T	cm	kg/m <sup>2</sup>	λ	R
mortier chaux timi	M	5.0	90	0.87	0.06
adobe de terre timimoun	M	30.0	750	0.90	0.33
mortier chaux timi	M	5.0	90	0.87	0.06
Total		40.0	930		0.45

The wall is oriented with 'Extérieur' on top and 'Intérieur' on the bottom, as indicated by a downward arrow.

Figure III-4 mur intérieur en adobe de terre

# Chapitre 03 : Modalisation et simulation thermique dynamique

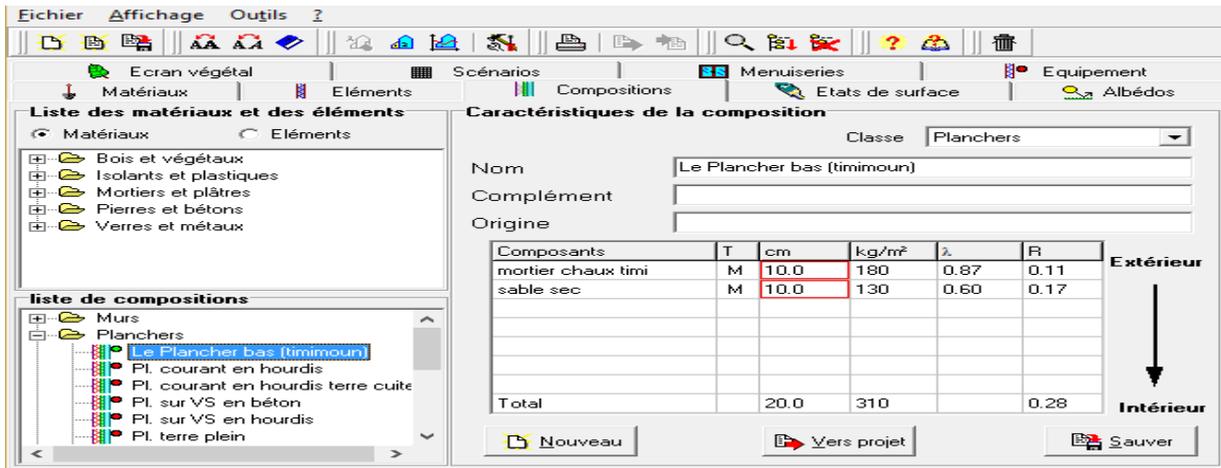


Figure III-5 le plancher bas d'agham sidi brahim

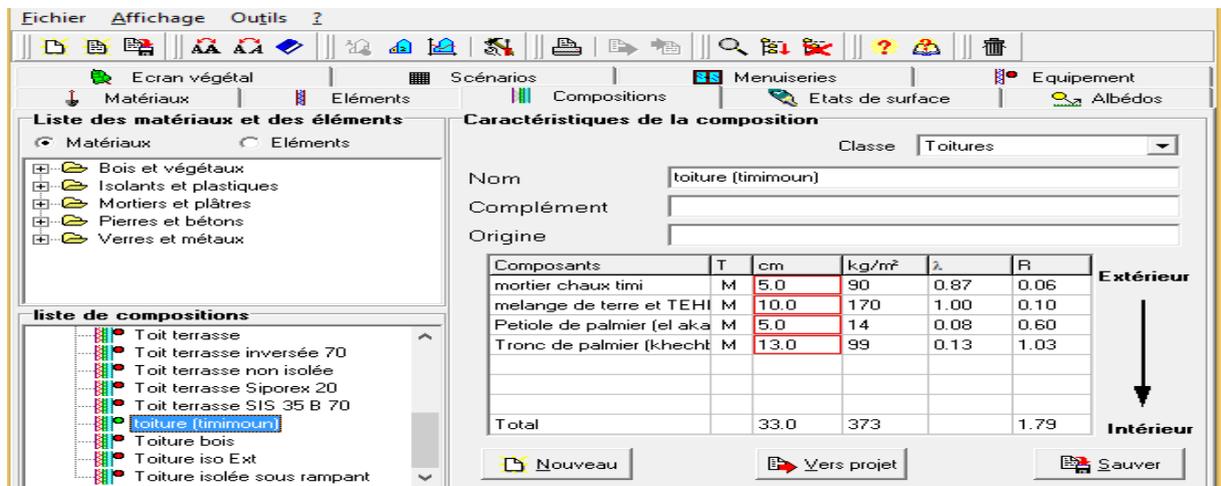


Figure III-6 composition de toiture

## Les données de construction sous l'Alcyone :

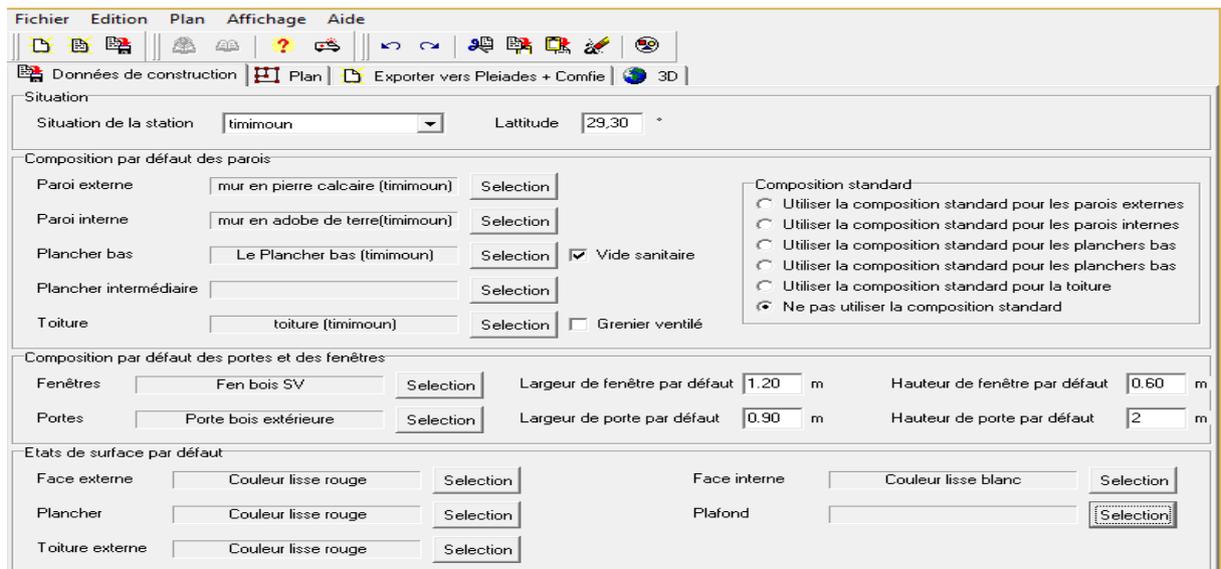


Figure III-7 Données de construction sous Alcyone

## Dessin des plans sous Alcyone :

On sélectionner :

## Chapitre 03 : Modalisation et simulation thermique dynamique

- Caractéristiques des murs.
- Caractéristiques des ouvertures.
- Identification.

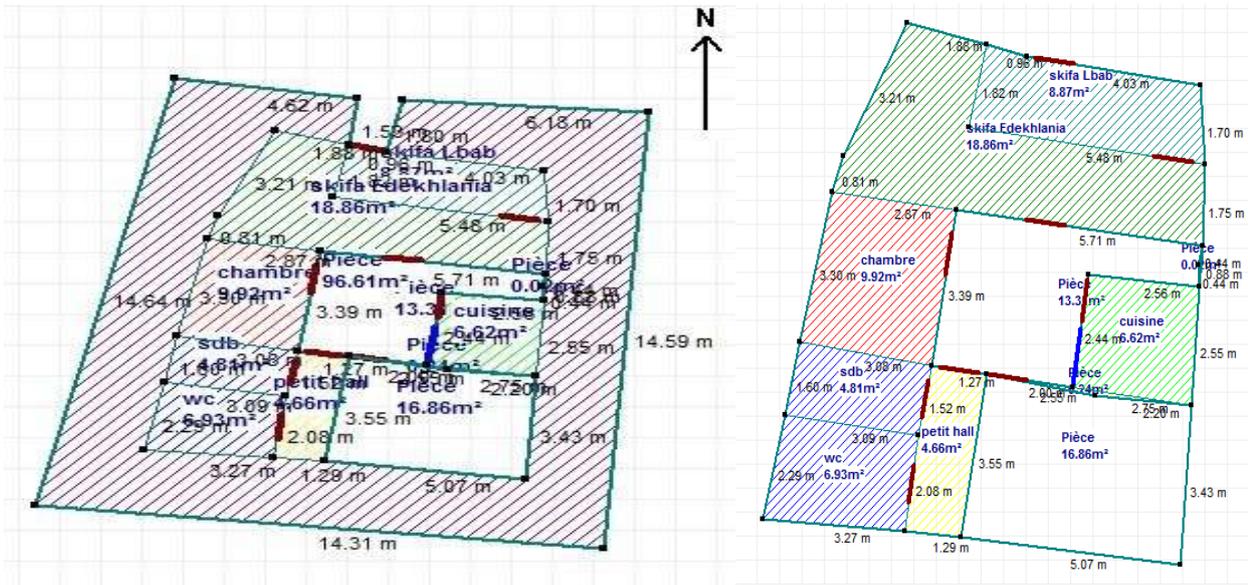


Figure III-8 le plan de étudié avec (faible et haute compacité).

**Le plan du cas étudié après amélioration:**

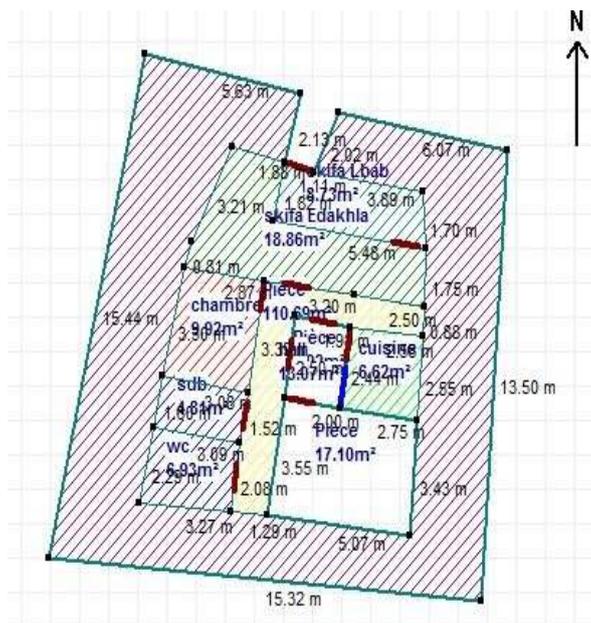


Figure III-9 le plan du cas étudié avec mur de tampon.

### Exportation vers pléiades :

Après avoir définis les données de construction et dessiner le plan sous Alcyone, on exporte le tout vers pléiades pour introduire les scenarios de fonctionnement afin d'identifier les besoins en chauffage et climatisation, ainsi que l'évolution des températures.

## Chapitre 03 : Modalisation et simulation thermique dynamique

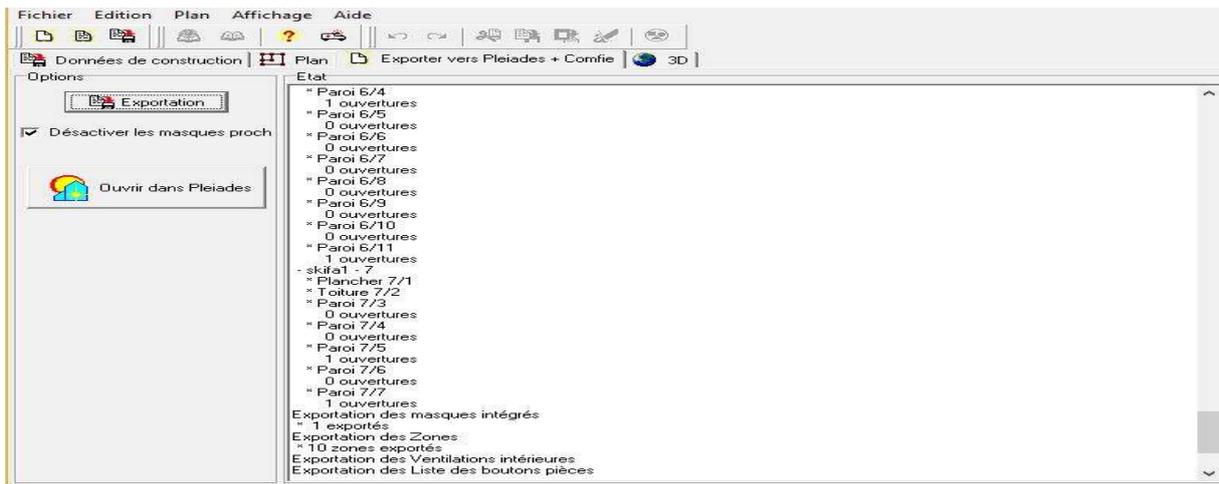


Figure III-10 Exportation le fichier vers le pléiade

### Définition des scenarios de fonctionnement :

- Scenario de Ventilation.
- Scenario d'occupation.
- Scenario de puissance dissipée.
- Scenario de consigne de thermostat.

### Scenario de ventilation :

La ventilation est certainement, après l'enveloppe thermique, le point le plus important de la simulation, il est nécessaire d'introduire de l'air neuf dans la maison pour garantir le confort des occupants. Cet apport d'air neuf est réaliser grâce au scenario de ventilation.

En ce qui concerne le taux de renouvellement, on propose un débit standard de 0.6 du volume habitable.

	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
0 H							
1 H	20	20	20	20	20	20	20
2 H	20	20	20	20	20	20	20
3 H	20	20	20	20	20	20	20
4 H	20	20	20	20	20	20	20
5 H	20	20	20	20	20	20	20
6 H	20	20	20	20	20	20	20
7 H	20	20	20	20	20	20	20
8 H	100	100	100	100	100	100	100
9 H	100	100	100	100	100	100	100
10 H	100	100	100	100	100	100	100
11 H	100	100	100	100	100	100	100
12 H	100	100	100	100	100	100	100
13 H	100	100	100	100	100	100	100
14 H	100	100	100	100	100	100	100
15 H	100	100	100	100	100	100	100
16 H	100	100	100	100	100	100	100
17 H	100	100	100	100	100	100	100
18 H	100	100	100	100	100	100	100
19 H	100	100	100	100	100	100	100
20 H	20	20	20	20	20	20	20
21 H	20	20	20	20	20	20	20
22 H	20	20	20	20	20	20	20
23 H	20	20	20	20	20	20	20
24 H	20	20	20	20	20	20	20

Figure III-11 scenario de ventilation d'hiver

### Scenarios de ventilation d'été :

## Chapitre 03 : Modalisation et simulation thermique dynamique

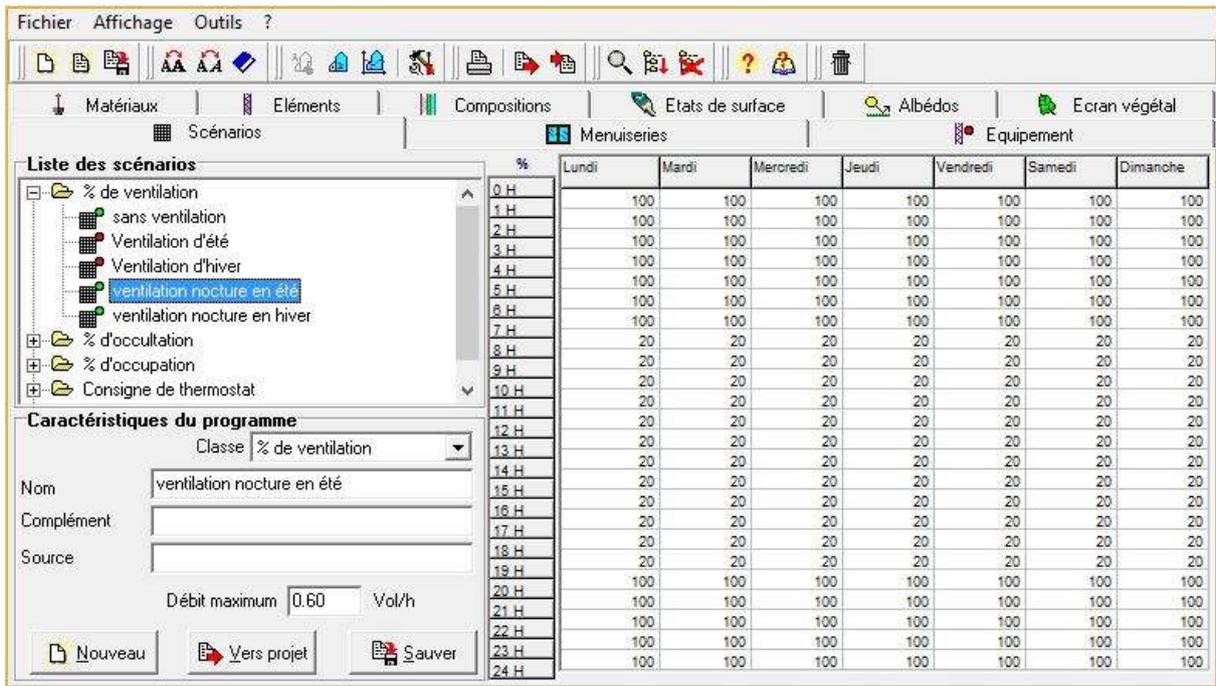


Figure III-12 Ventilation d'été

### Les scénarios d'occupations :

Les scénarios d'occupations permettent de définir le nombre de personnes occupant chaque zone et leur fréquence de présence dans cette dernière. Le but de ce scénario est de déterminer les apports internes produits par les occupants du logement étudié.

Pour notre modélisation, nous avons créé des scénarios pour chaque zone.

### Les scénarios d'occupations de chambres :

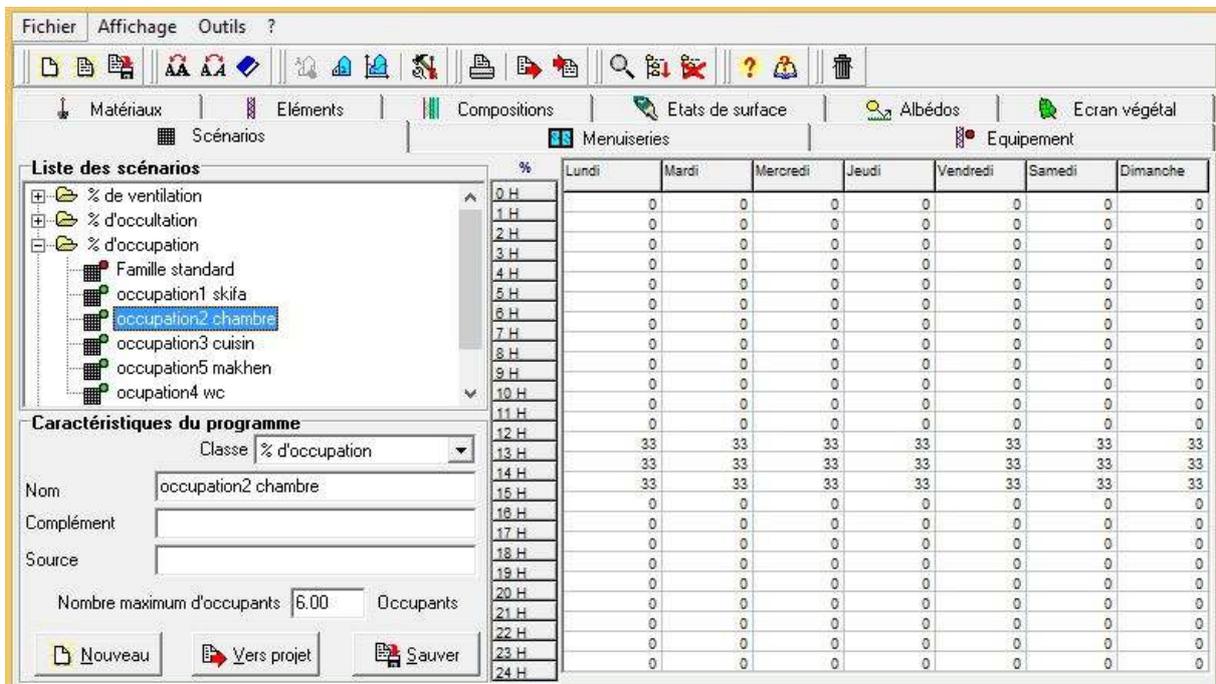


Figure III-13 Scenarios d'occupation des chambres

Les scénarios d'occupations de la cuisine :

## Chapitre 03 : Modalisation et simulation thermique dynamique

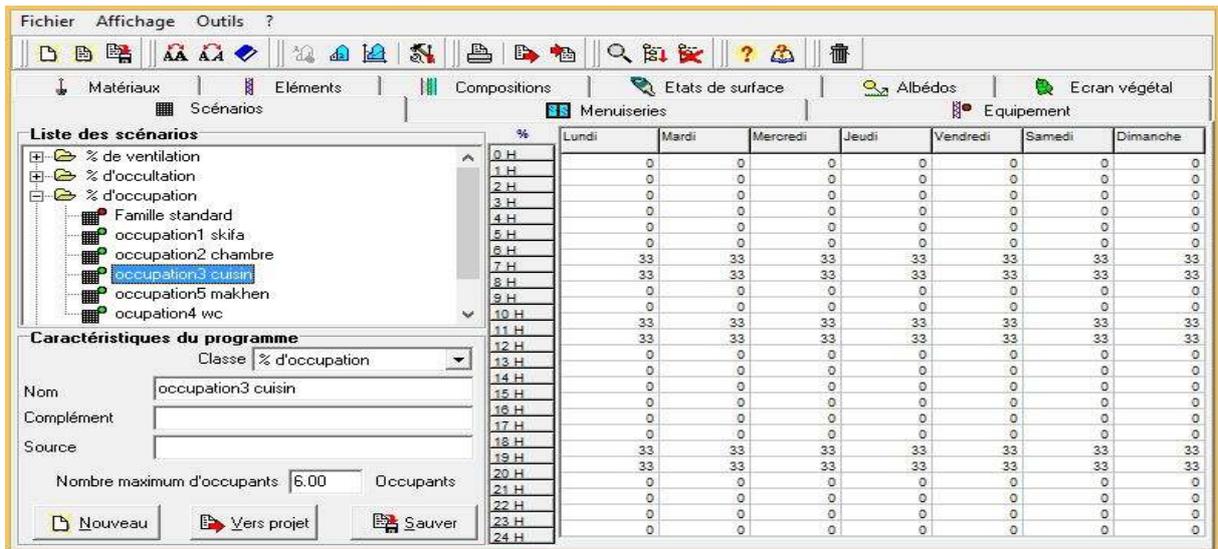


Figure III-14 Scénarios d'occupation de la cuisine

### Les scénarios d'occupations de skifa :

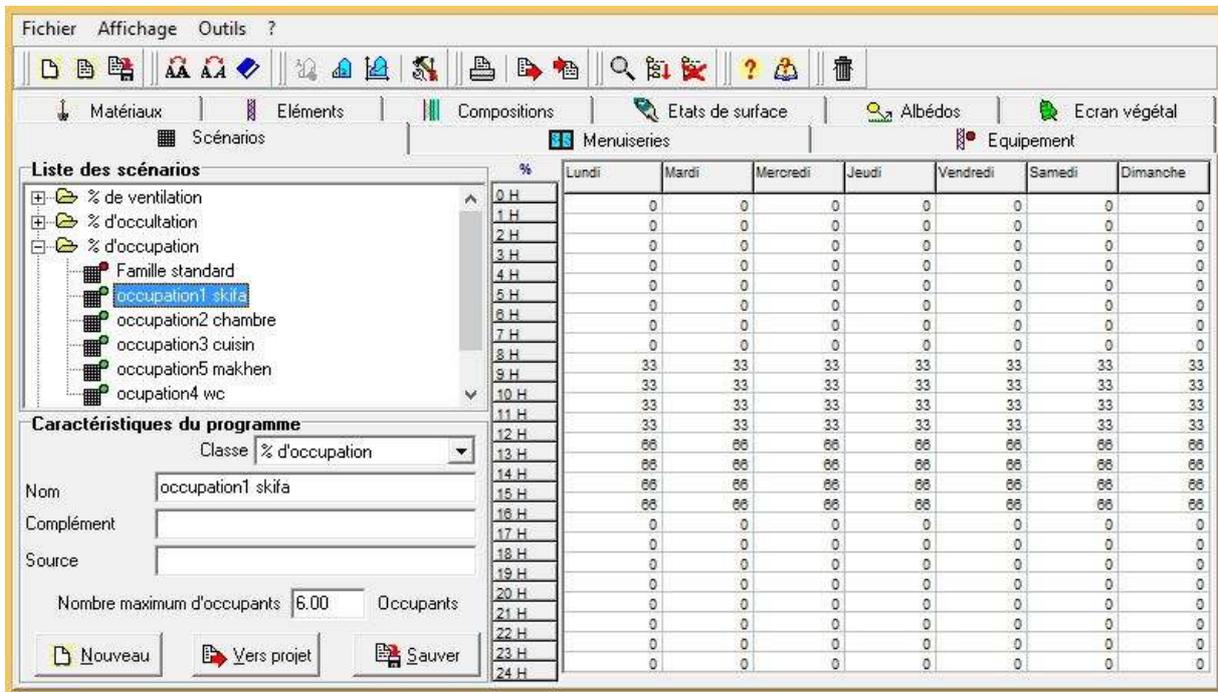


Figure III-15 Scenarios d'occupations de skifaEdekhlania

### Les scénarios d'occupations de wc+sdb :

## Chapitre 03 : Modalisation et simulation thermique dynamique

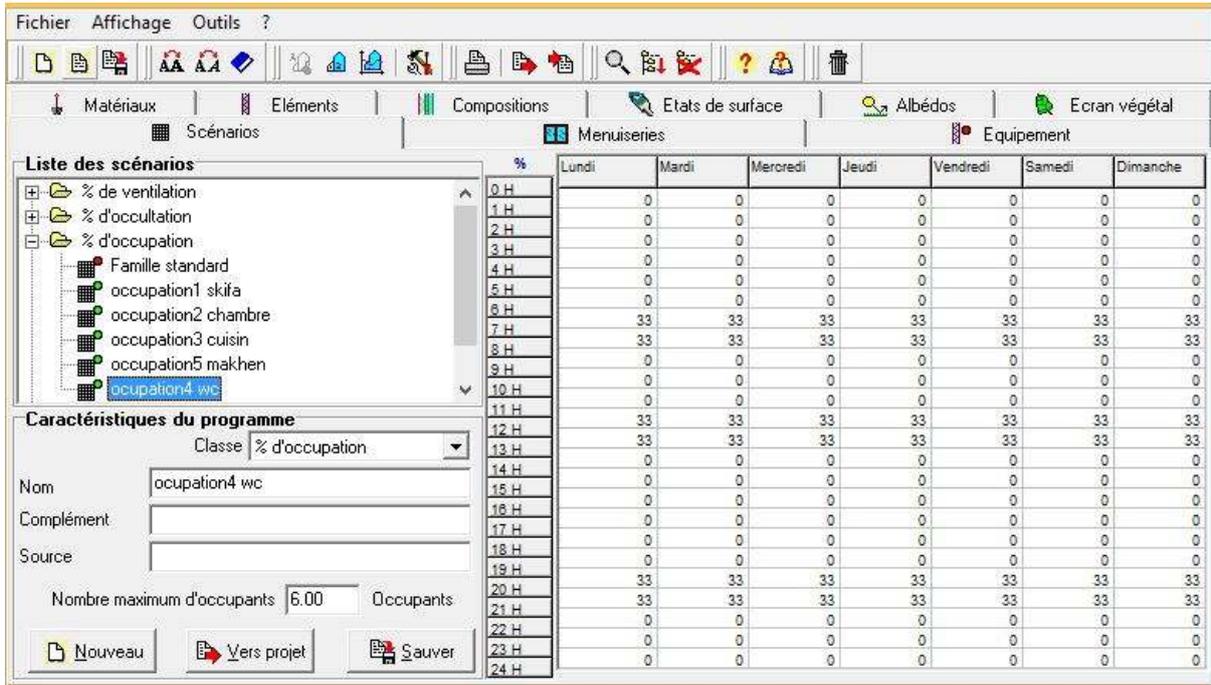


Figure III-16 Scenarios d'occupation de wc+sdb

### Les scenarios d'occultation :

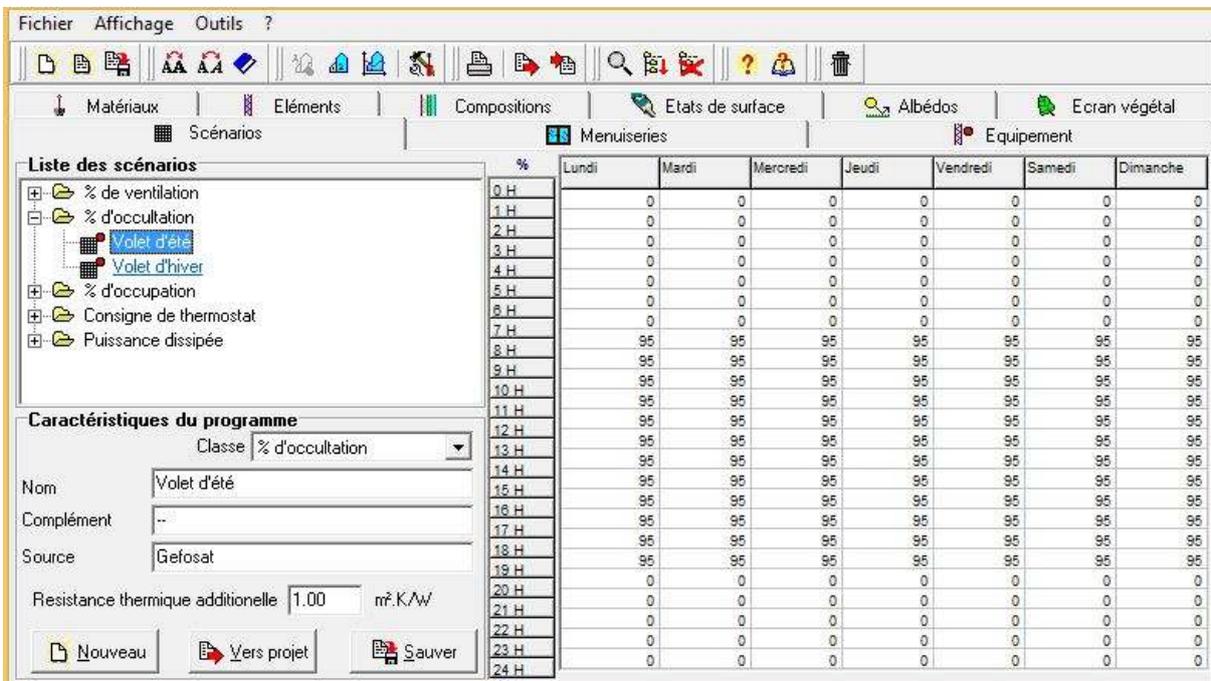


Figure III-17 Les scenarios d'occultation d'été

### Les scenarios d'occultation d'hiver :

## Chapitre 03 : Modalisation et simulation thermique dynamique

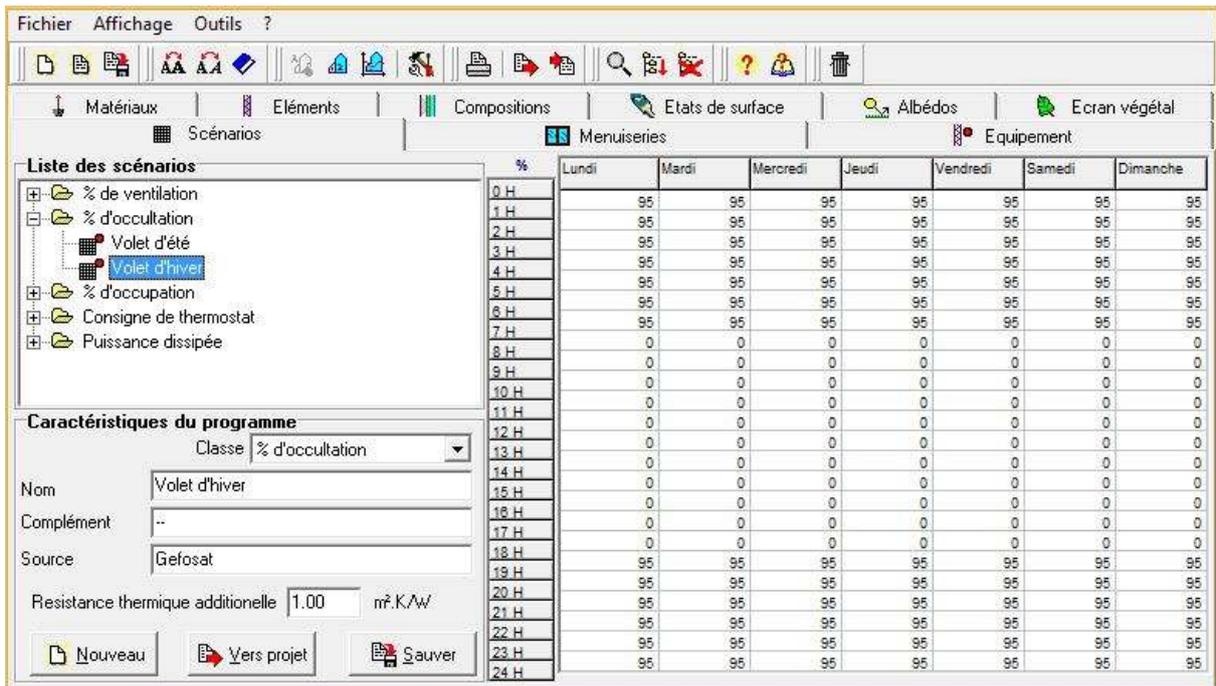


Figure III-18 Les scénarios d'occultation d'hiver

### Scenario de puissance de dissipée :

#### Scenario de puissance de dissipée de zone1 (skifaEdekhlania) :

- 1 lampe de (33 Watts).
- TV + démodulateur de (200 Watts)

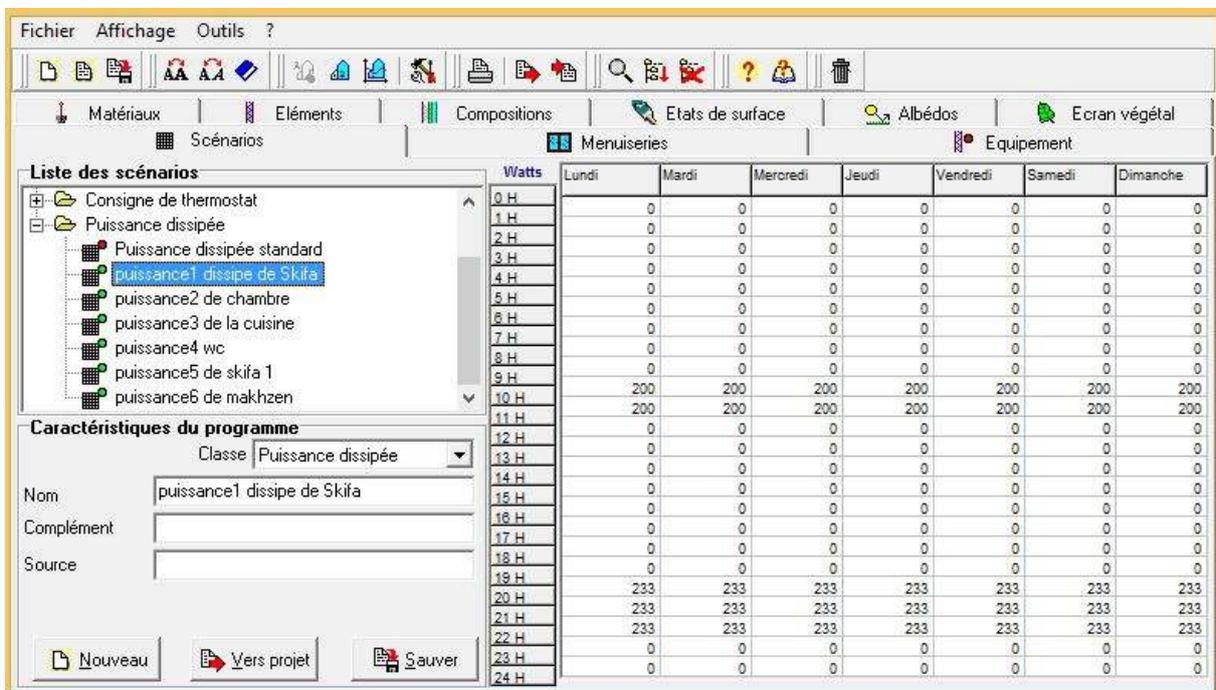


Figure III-19 Scenario de puissance de dissipée de zone1 (skifaEdekhlania).

### Scenario de puissance de dissipée de chambres :

## Chapitre 03 : Modalisation et simulation thermique dynamique

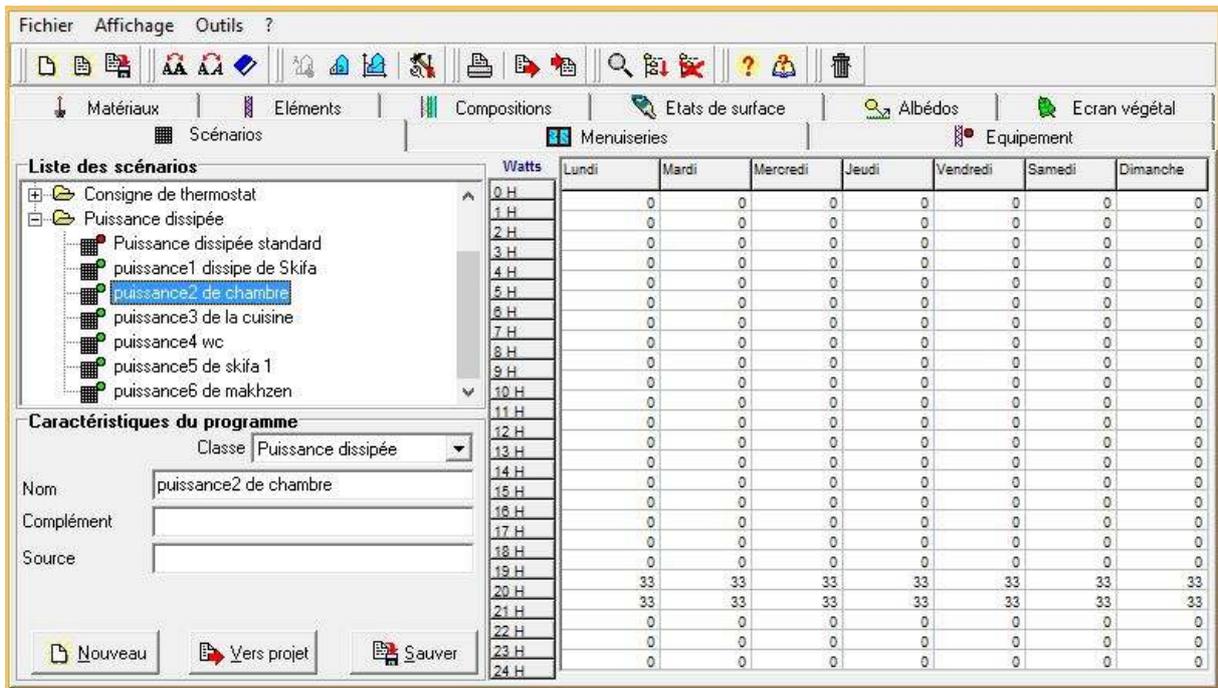


Figure III-20 Puissance dissipée de zone2 (la chambre).

### Scenario de puissance de dissipée de zone3 (la cuisine) :

- 1 lampe de (33 Watts).
- Réfrigérateur de (77 watts).
- Four à gaz (300 watts).

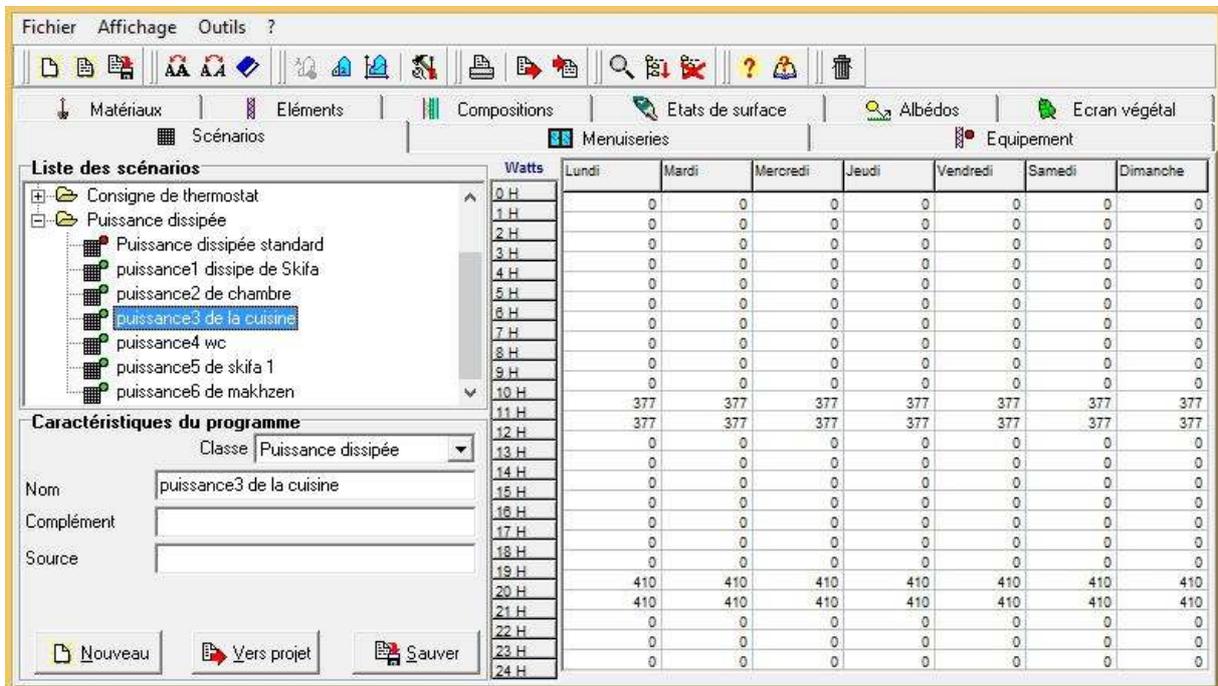


Figure III-21 Scenario de puissance de dissipée de zone3 (la cuisine)

### Scenario de puissance de dissipée de zone4 (wc + sdb) :

## Chapitre 03 : Modalisation et simulation thermique dynamique

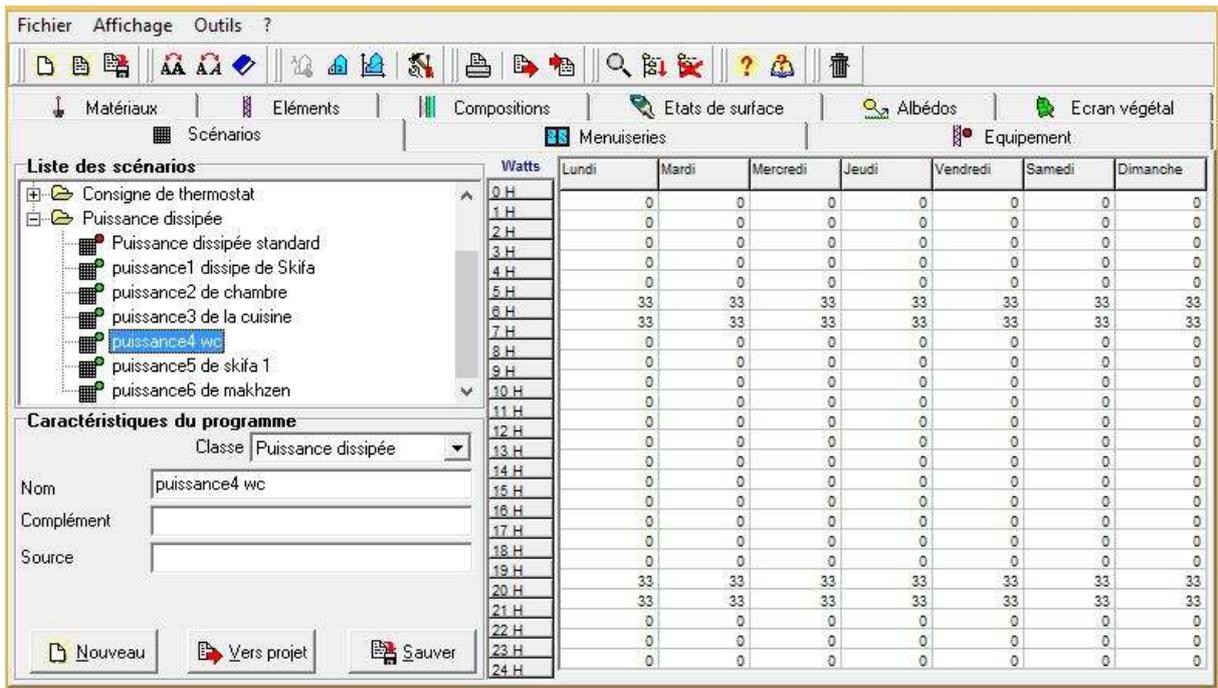


Figure III-22 Scenario de puissance de dissipée de zone4 (wc + sdb).

### Scenario de puissance de dissipée de zone5 (skifaLbab) :

- 1 lampe de (33 Watts).

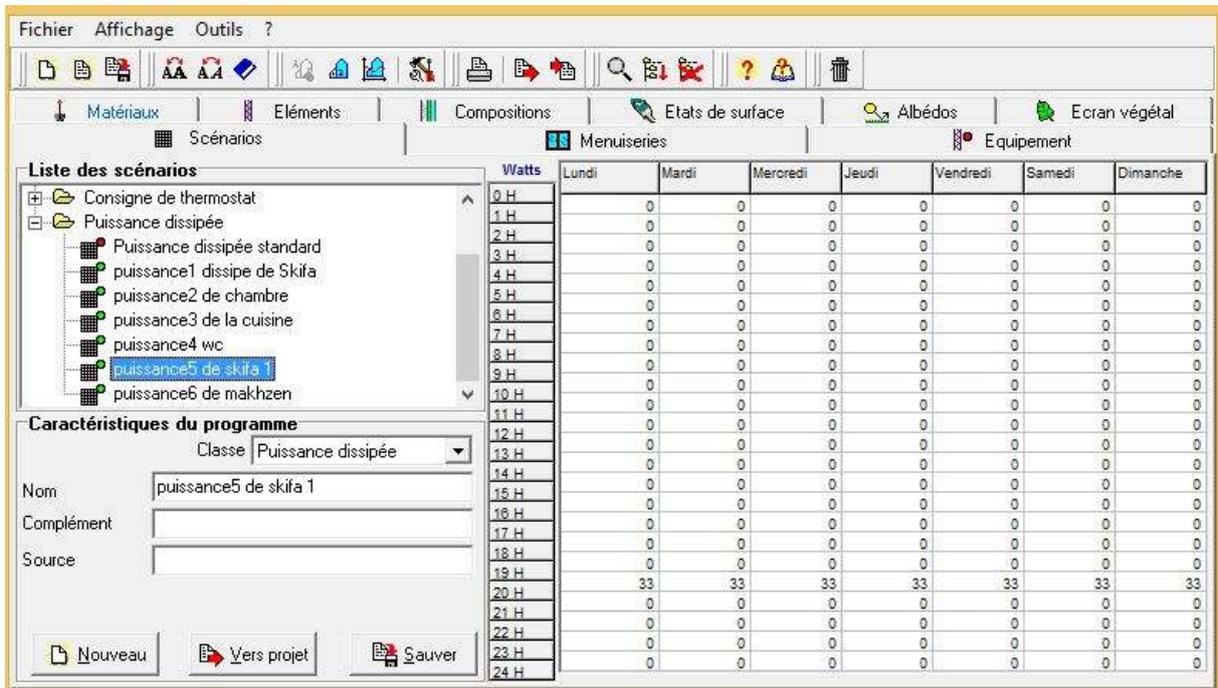


Figure III-23 Scenario de puissance de dissipée de zone5 (skifaLbab)

### Envoyer de scenarios vers le projet :

## Chapitre 03 : Modalisation et simulation thermique dynamique

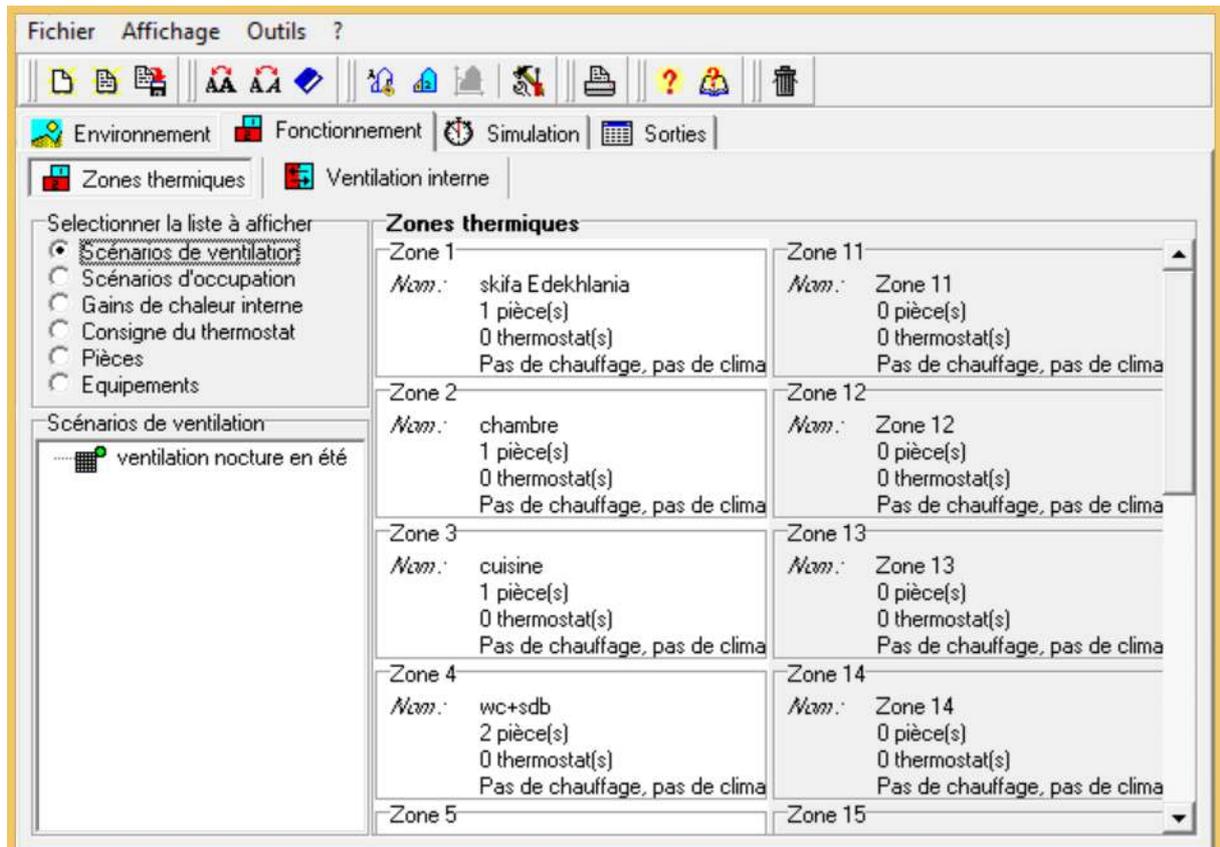


Figure III-24 Intégration des scénarios selon le fonctionnement des espaces.

### Lance de la simulation :

Pour les semaines de simulation, nous les choisissons en fonction de la saison que nous étudierons soit été ou hiver.

## Chapitre 03 : Modalisation et simulation thermique dynamique

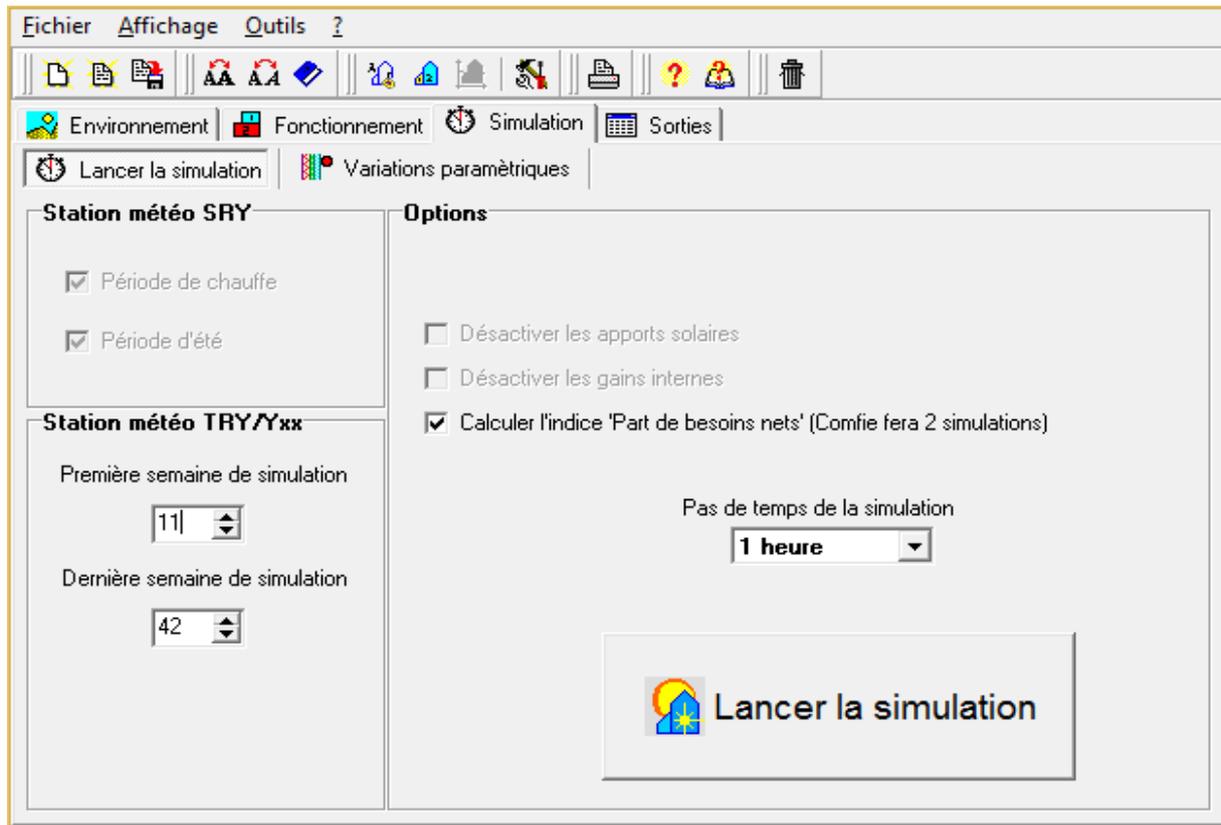


Figure III-25 Lancement de simulation.

### 3 Conclusion

La simulation thermique dynamique est un outil de simulation qui permet de modéliser et analyser précisément le comportement thermique d'un projet de bâtiment, dès les phases de conception ; Cet outil permet de calculer précisément les besoins énergétiques prévisionnels de chauffage et climatisation, et de quantifier les conditions de confort pour les deux saisons (estival et hivernal).

Dans ce chapitre nous avons, présenté les différents logiciels utilisés comme Pléiade+ Comfie, Metonorm, Alcyon et cité les différentes procédures effectuées dans notre simulation.

Le chapitre suivant sera consacré pour citer la différente simulation et discutés les résultats.

# Chapitre 04 : Résultats et discision

## IV. Résultats et discision

### 1 Introduction

Dans ce chapitre, nous présentons les résultats obtenus après simulation ainsi que les discussions.

Présentation des Variantes étudiées :

- Variante 01 : Cas d'étude faible compacité.
- Variante 02 : cas d'étude haute compacité.
- Variante : cas d'étude amélioré par l'intégration d'un espace tampon entre pièces de confort et Rahba.

### 2 Le facteur de compacité

**Variante 1 :**

$$S_m = 55.21 \times 3 = 165.21 \text{ m}^2, V_h = 182.01 \text{ m}^3$$

$$C_f = S / V = 0.9 \text{ m}^{-1}$$

**Variante 2:**

$$S_m = 22.5 \times 3 = 67.65 \text{ m}^2, V_h = 182.01 \text{ m}^3$$

$$C_f = 0.37 \text{ m}^{-1}$$

**Variante 3:**

$$S_m = 13.16 \times 3 = 39.48 \text{ m}^2, V_h = 206 \text{ m}^3$$

$$C_f = 0.19 \text{ m}^{-1}$$

D'après les résultats obtenus ont constaté qui le meilleur facteur c'est la variante 3

### 3 Résultats de la simulation

Après le lancement de la simulation avec Pleiades + comfie, nous avons obtenu les résultats suivants:

#### 3.1 Simulation estivale variante 01 (avec faible compacité)

Après simulation, on a obtenu le graphe suivant pour la semaine la plus chaude de l'année pour notresite

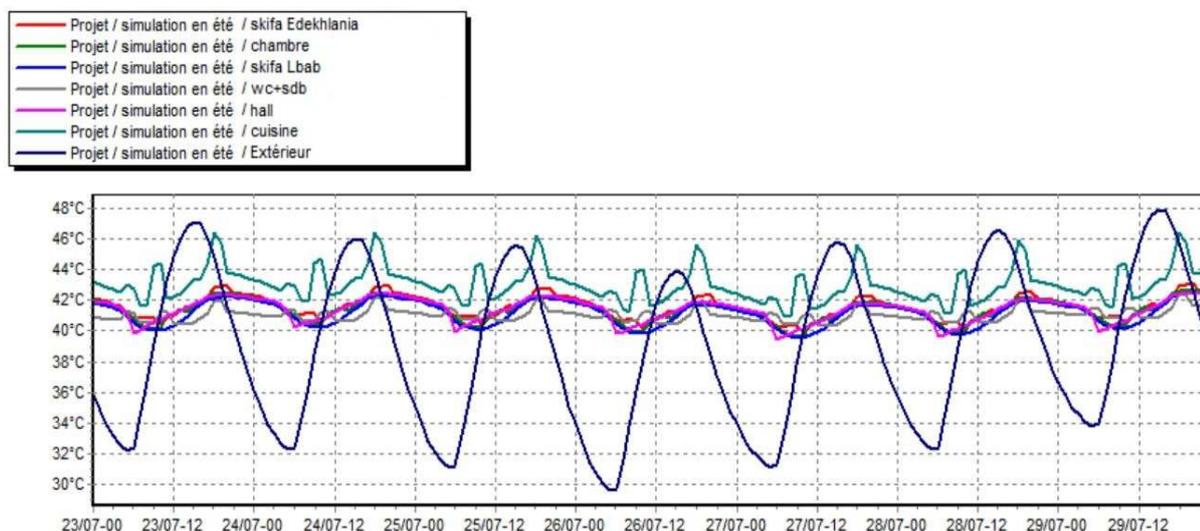


Figure IV-1 Evolution des températures durant la semaine plus chaude pour la variante 01.

## Chapitre 04 : Résultats et discision

### Interprétation

D'après les résultats obtenus nous avons constaté que les températures extérieures peuvent atteindre 48°C, mais les températures à l'intérieur des pièces de confort varient de 40°C à 42°C, L'écart peut atteindre 6°C.

Les températures intérieures ne suivent les fluctuations des températures extérieures est ça est dû à l'inertie thermique des matériaux de construction utilisés.

### 3.2 Simulation estivale variante 02 (avec haute compacité)

Après simulation, on a obtenu le graphe suivant pour la semaine la plus chaude de l'année pour notre site « 23-29 juillet »

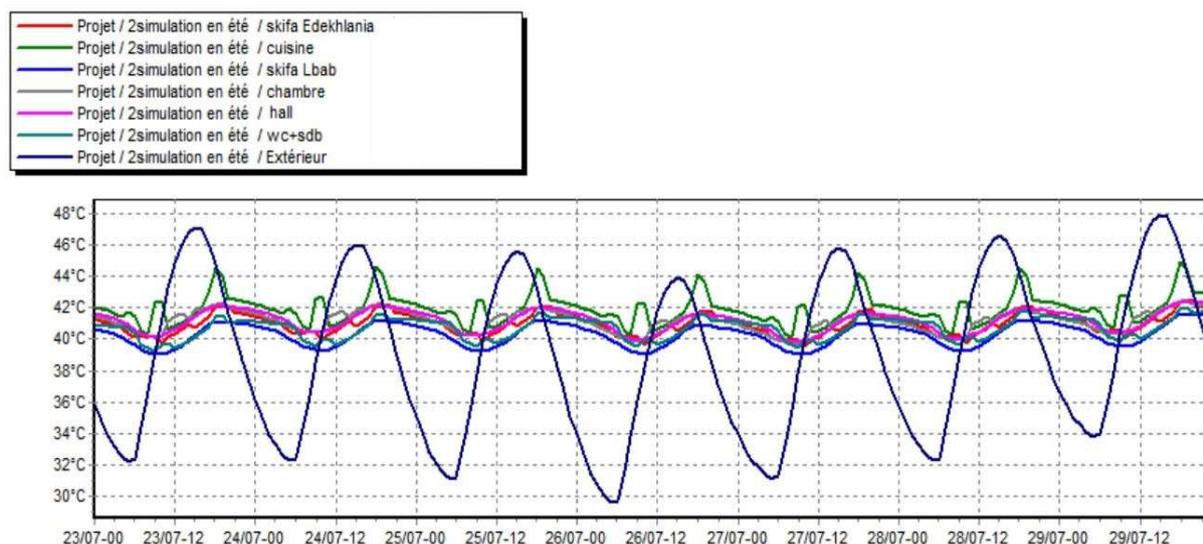


Figure IV-2: Evolution des températures durant la semaine la plus chaude pour la variante 02.

### Interprétations :

Dans le but de vérifier l'impact de la compacité sur l'évolution des températures à l'intérieur de notre cas d'étude, une autre simulation a été faite avec compacité. Les résultats obtenus ont montré que les températures deviennent plus stables par rapport à la variante 01, et que les températures varient de 40 à 41 dans les pièces de confort. L'écart est estimé à 1°C par rapport aux résultats de la variante 01 et a 7°C par rapport aux températures extérieures et c'est dû à l'effet de l'inertie thermique ainsi que la bonne compacité qui permet de minimiser les surfaces d'échange thermique.

### 3.3 Simulation hivernale variante 01(avec faible compacité)

Après simulation, on a obtenu le graphe suivant pour la semaine la plus froide de l'année pour notre site « 07-13 janvier ».

## Chapitre 04 : Résultats et discision

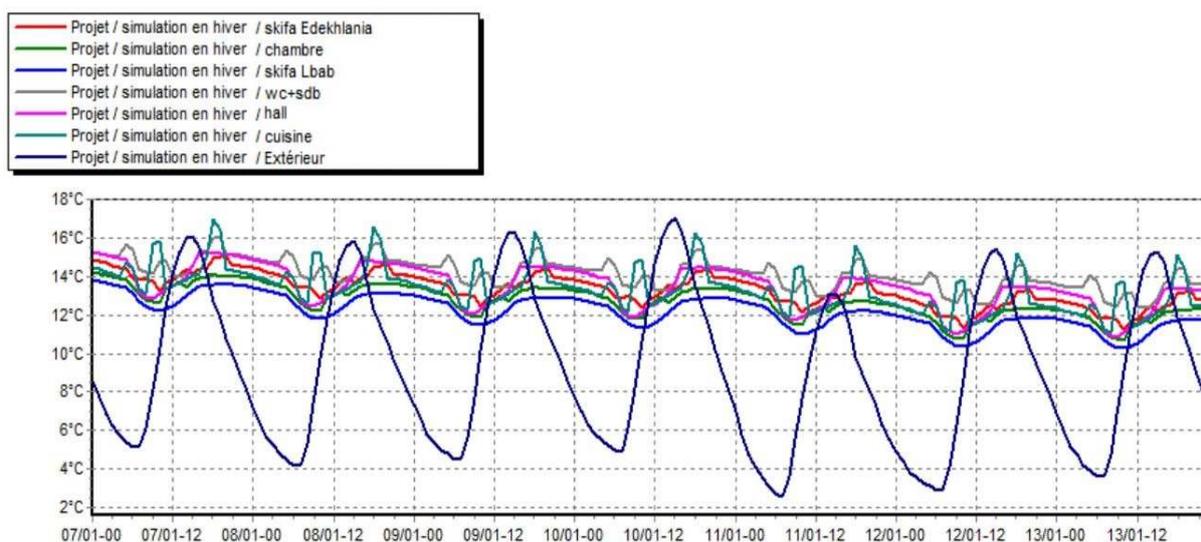


Figure IV-3: Evolution des températures durant la semaine plus froide variante 01.

### Interprétation :

D'après les résultats obtenus nous avons constaté que les températures hivernales des zones de confort peuvent atteindre 15 °C malgré que la température extérieure puisse baisser jusqu'à 3°C, la température intérieure des pièces de confort reste comprise entre 11 et 15°C. L'écart peut atteindre 12°C est c'est dû à l'inertie thermique ainsi que l'isolation en pétole de palmier intégrée dans la toiture.

### 3.4 Simulation hivernale variante2 (avec hautecompacité)

Après simulation, nous avons obtenu le graphe suivant pour la semaine la plus froide de l'année pour notre site « 07-13 janvier ».

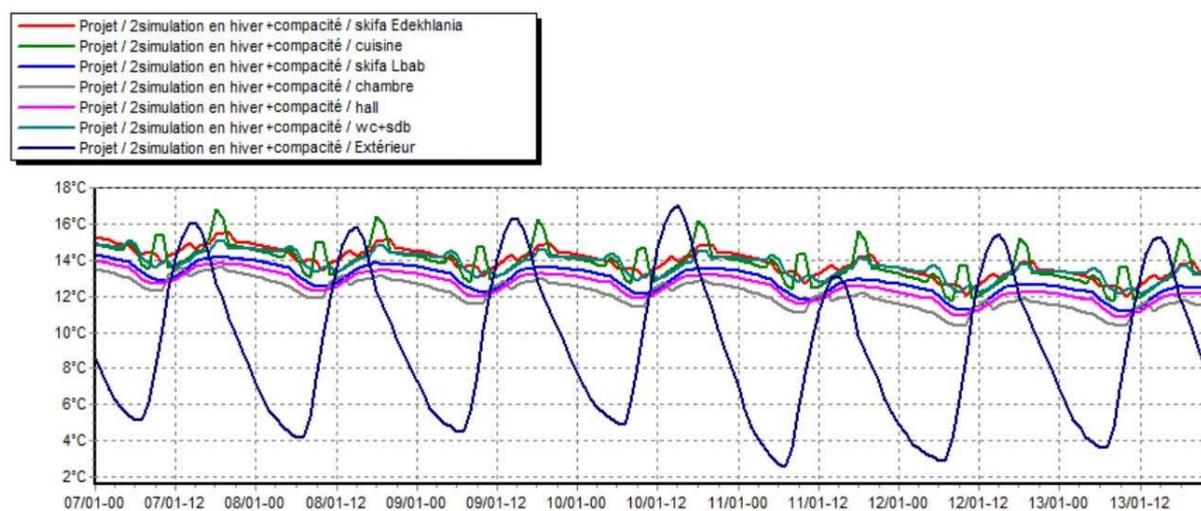


Figure IV-4: Evolution des températures durant la semaine plus froide variante 02.

### Interprétation :

Après intégration de la compacité nous avons constaté que les températures deviennent plus stables, et varient de 11,5 à 16°C avec un écart de 13°C par rapport aux températures extérieures et a 1°C par rapport aux résultats de la variante 01.

## Chapitre 04 : Résultats et discision

### 3.5 Simulation estivale variante 03(variante améliorée)

Après simulation, on a obtenu le graphe suivant pour la semaine la plus chaude de l'année pour notre site « 23-29 juillet »

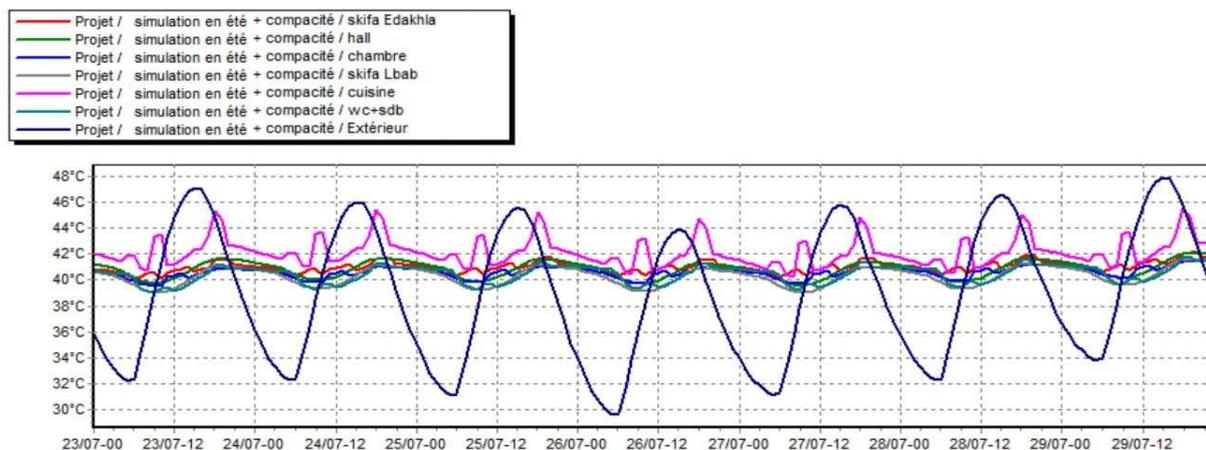


Figure IV-5: Evaluation de température en été (la semaine plus chaude).

#### Interprétation :

Selon les résultats obtenus, la création de l'espace tampon qui permet de minimiser les apports solaires reçus sur les ouvertures qui donnent sur le patio(Rahba), a permis de mieux stabiliser les températures par rapport aux résultats de la variante 01 et 02, les températures sont presque égales à 40°C, l'écart peut atteindre 8°C par rapport aux températures extérieures.

### 3.6 Simulation hivernale variante 03(variante améliorée)

Après simulation, on a obtenu le graphe suivant pour la semaine la plus froide de l'année pour notre site « 07-13 janvier ».

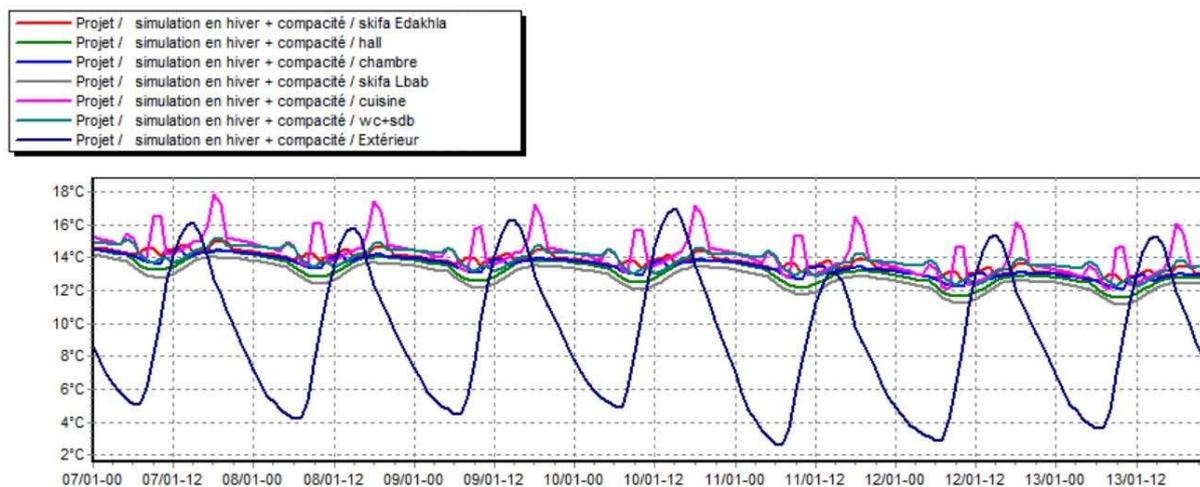


Figure IV-6: Evaluation de température en hiver (la semaine plus froide).

D'après les résultats obtenus, les températures intérieures sont estimées à 16°C dans les pièces de confort et deviennent aussi plus stables par rapport à la simulation précédente.

### 4 La comparaison

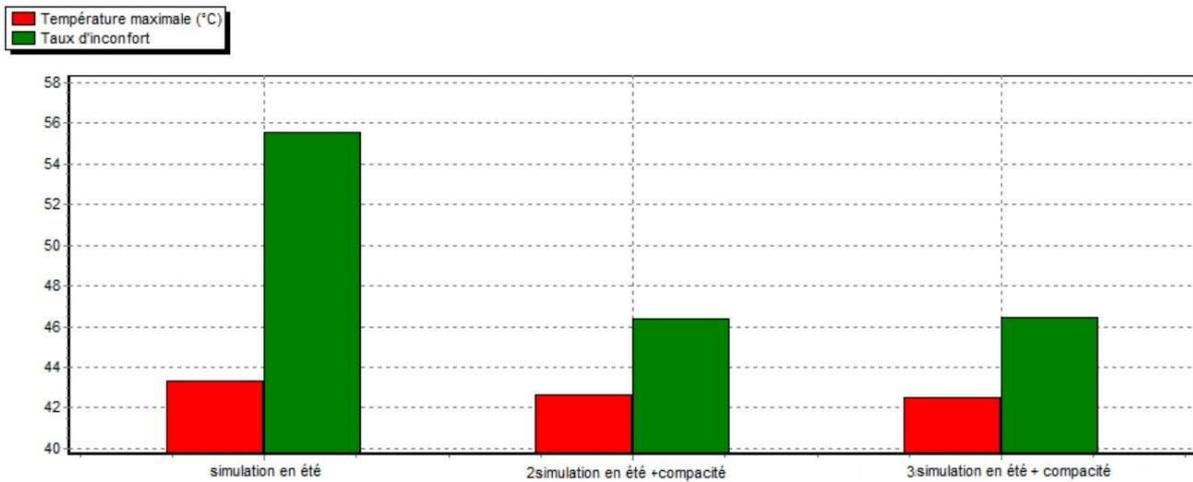


Figure IV-7: comparaison des résultats en été.

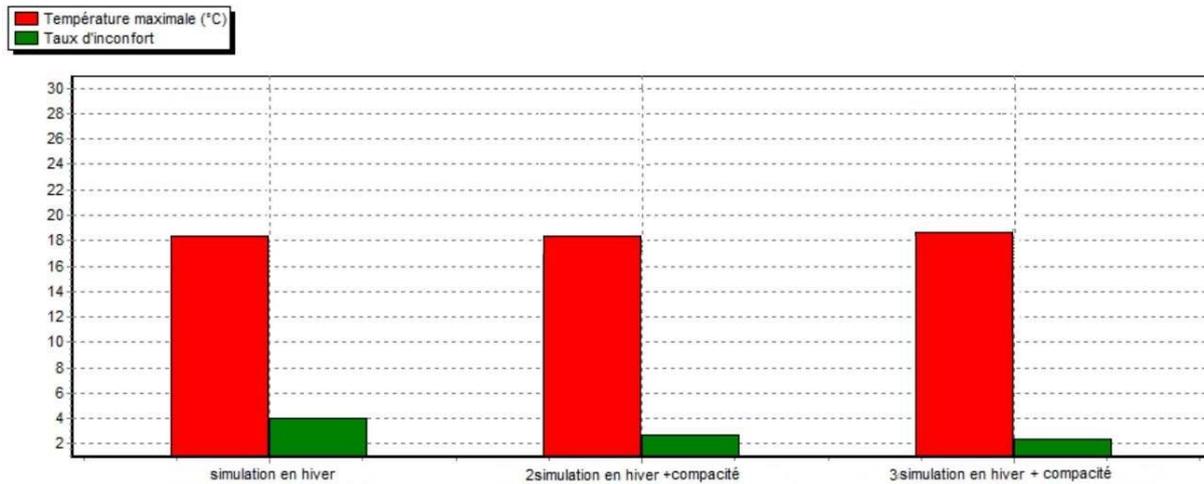


Figure IV-8: comparaison des résultats en hiver.

Après la comparaison des simulations qui ont été faites lors de ces études, on a constaté que par la compacité a pu améliorer le confort à l'intérieur, les températures intérieures ont

Diminue de 1°C entre les différentes étudiées, et le taux de l'inconfort de notre cas a diminué de 9.2% par rapport au cas initial. Ce qui prouve l'impact positif de la compacité et la création des espaces tampons pour améliorer le confort.

### 5 Conclusion

Cette étude a permis de mettre en œuvre une étape très importante dans le processus du projet, c'est l'étude thermique d'un modèle réaliste et la découverte de l'influence de facteurs internes et externes.

## **Conclusion générale**

Notre étude nous a permis l'évaluation thermique d'un exemple de l'habitat traditionnel de ksar Timimoune, et nous a permis d'atteindre les objectifs suivants :

Vérification de la conformité thermique de notre cas d'étude par rapport au DTR (C 3-2), d'après les résultats obtenus notre cas est conforme à la réglementation algérienne.

Etude thermique de notre cas d'étude à l'aide d'un outil de simulation thermique dynamique pléiade +Comfie qui a permis de vérifier l'impact de la compacité et la création d'un espace tampon afin de minimiser les apports solaires reçus sur les éléments constructifs du cas d'étude.

Selon notre étude, l'écart de température pour les différentes variantes peut atteindre 8°C durant la période de surchauffe et ça est dû aux différents concepts bioclimatiques intégrés dans la conception du Ksar. Mais malgré que les températures soient stables et que l'écart soit important mais le confort thermique n'est pas atteint dans ces maisons vu les conditions climatiques du Sud Algérien. Suite à ce constat, nous envisageons dans nos perspectives l'intégration d'un système de rafraîchissement par humidification.

D'un point de vue pratique, les résultats présentés dans cette étude ont montré que les matériaux locaux ont une résistance élevée et une bonne inertie thermique, aussi la compacité et l'espace de tampon crée ont un effet considérable sur les changements de température et la stabilisation de leur fluctuation

De cela, on sait pourquoi dans l'habitat ksourienne, ils avaient l'habitude de rapprocher les maisons les unes des autres pour éviter les températures élevées. Sur la base des résultats présentés, nous avons donné une image plus détaillée de l'ancien bâtiment, nous pouvons ainsi trouver de meilleures solutions pour la construction du sud d'Algérie.

## Bibliographie

### Références :

- [1]. S. Nezzar and M. Gourdache, 'Etude des Performances Energétiques d'une Conception Bioclimatique en Région Aride', World Energy Council, 1999.
- [2]. N. Fezzioui, B. Droui, M. Benyammine et S. Larbi. 'Influence des caractéristiques dynamiques de l'enveloppe d'un bâtiment sur le confort thermique au sud Algérien, 2008
- [3]. N. Fezzioui, 'Modélisation de la Convection Forcée lors d'un Ecoulement d'Air Chaud à Travers un Cylindre Poreux en Vue de Stockage de la Chaleur Sensible dans l'Habitat, Mémoire de Magister, Centre Universitaire de Béchar, 2003.
- A. Mokhtari, K. B. (2008). Architecture et confort thermique dans les zones arides Application au cas de la ville de Béchar. oran: Université des Sciences et de la Technologie Mohamed Boudiaf.
- [5]. Oukacisoumia. (2015). Intégration du système actif dans le bâtiment. Université Saad DAHLEB de Blida, Département de Génie Mécanique.
1. LES MAISONS BIOCLIMATIQUES FICHES-CONSEILS N°156. écoconso. 2013, écoconso, p. www.ecoconso.be.
- [6]. Rana, BENRAMDANE Farida Zahira et HADJ SAID. Un quartier bioclimatique, une solution architecturale dans un milieu aride Cas d'étude : la ville d'el Menia. Tlemcen : Université Abou BakrBelkaid, 2019.
- [7]. <https://www.terrafutura.info/les-differents-types-de-maisons-ecologiques/>
- [8]. FouraSmir. Simulation des paramètres du confort thermique d'hiver en Algérie. C O N S T A N T I N E : U N I V E R S I T E M E N T O U R I, 2008.
- [9]. NADHIRA, KHEDDOUMA MANAR et KELIL. LES ENERGIES SOLAIRES DANS L'HABITAT. MEMOIRE DE MASTER, OUM EL BOUAGHI : U N I V E R S I T E L'ARBI BEN M'HIDI., 2016.
- [10]. Haddam Muhammad, AbdalkhalaqChuayb. Application de quelques notions de la conception. TLEMEN : mémoire Doctorat en Sciences physiques, Année universitaire, 2015.
- [11]. BOURAS WISSEM, EL KEBOUB AMIRA. PROJET URBAIN ET ESPACE OASIEN REVITALISATION DE L'ENSEMBLE HISTORIQUE DE AGHLAD. blida : UNIVERSITÉ SAAD DAHLEB. memoire de master, 2018.
- [12]. BOUKHARI Kenza, GUEDIFA Zoulikha. ARCHITECTURE KSOURIENNE ET CONFORT THERMIQUE VILLAGE TOURISTIQUE A TAGHIT. blida : UNIVERSITÉ SAAD DAHLEB, memoire de master, 2018.
- [13]. ZEBOUJJI, Sihem. L'Espace Ksourien Monographie du Ksar Echeikh, OuledSaid, (Timimoun). Blida
- [14]. AHMED ALI Ep. AIT KADI Salima. Performances thermiques du matériau terre pour un habitat durable des régions arides et semi-arides : cas de Timimoune. UNIVERSITÉ MOULOUD M AMMERI – TIZI OUZOU faculté du génie de la construction département d'architecture.
- [15]. Zoulikha, BOUKHARI Kenza et GUEDIFA. ARCHITECTURE KSOURIENNE ET CONFORT THERMIQUE VILLAGE TOURISTIQUE A TAGHIT. BLIDA : UNIVERSITÉ SAAD DAHLEB, 2018.
- [16]. Nawal, YAOU. L'Architecture de l'Oasis, Respect de l'Environnement et Développement Durable : Cas de l'Oasis de Figuig. GHARDAIA : s.n., 2012.
- [17]. MEDERRES MOHAMED, DJEMAA SAHARAOU, BENKHELIFA HOUARI. LA PROTECTION ET LA PRESERVATION DU PATRIMOINE POUR LA CREATION D'UN CERCUIV TORISTIQUE : Cas D'étude La Ville De Timimoune. MOSTAGANEM : UNIVERSITE ABDELHAMID IBN BADIS, 2017.

## Bibliographie

- [18].Khadidja El-Bahdja DJEBBAR. KSOURS IN ALGERIA, LESSONS OF ENVIRONMENTAL PERFORMANCE FOR A MORE SUSTAINABLE FUTUR. International Journal of HumanSettlements Vol. 2, 2018
- [19].A. Mokhtari<sup>1\*</sup>, K. Brahimi<sup>1</sup> et R. Benziada<sup>2</sup>. Architecture et confort thermique dans les zones arides Application au cas de la ville de Béchar. oran : Université des Sciences et de la Technologie Mohamed Boudiaf, 2008.
- [20].Z. CHELGHOU, A. BELHAMRI. ANALYSE DES PROPRIETES THERMIQUES DES MATERIAUX DE CONSTRUCTIONS UTILISES DANS LA VILLE DE TAMANRASSET. Constantine : Université Constantine<sup>1</sup>, 2011.
- [21].FEZZAI Soufiane<sup>1</sup>, AHRIZ Atef<sup>2</sup>, ALKAMA Djamel<sup>3</sup>. Evaluation des performances énergétiques de l'habitat traditionnel dans la région de SOUF. s.l. : université de Tébessa,Biskra, 2012.
- [22].Nabil MATARI<sup>1</sup>, AbdelkaderMAHI<sup>1\*</sup> et Mohammed LACHI<sup>2</sup>. Effet de l'enveloppe du bâtiment sur le confort thermique. Application au climat aride. Oran : Université des Sciences et de la Technologie, 2015.
- [23].Sriti, M.A. Khadraoui et L. Etude expérimentale du comportement thermique d'une façade ventilée dans un climat chaud et aride. Biskra : Université Mohamed Khider, 2017.
- [24].NEFIDI.H, SoumiaOukaci, DjaffarSemmar, HAMID AEK. Etude thermique d'une maison traditionnelle en Algérie, cas de OuedSouf. blida : univercité de saaddahleb blida<sup>1</sup>, 2017.
- [25].IBTISSAME BENOUDJAFER(1), NOUREDDINE ZEMMOURI(2), IMANE BENOUDJAFER(3). ÉTUDE DE L'AMELIORATION DE LA PERFORMANCE ENERGETIQUE DE BATIMENTS RESIDENTIELS A CLIMAT SEC ET CHAUD. s.l. : Université de Bechar, Biskra, 2018.
- [26].BelkacemBERGHOUT. Intégration des aspects énergétiques et du confort ambiant passif dans la conception de l'habitat en milieu aride. s.l. : Thèse de doctorat électronique, Montréal, École de technologie supérieure., 2019.
- [27].Benoudjafer, Ibtissame. Vers une amélioration de la performance énergétique des habitations : la certification énergétique comme une stratégie durable. Cas de la ville de Bechar. BISKRA : Doctoral thesis, UNIVERSITE MOHAMED KHIDER BISKRA., 2018.
- [28]. le gouraraetude de gieographie humaine. BISSON, JEAN. 1999, institut de recherches sahariennes.
- [29]. Situation de TIMIMOUN [http://amistimimoun.free.fr/2Rens/carte\\_relief.gif](http://amistimimoun.free.fr/2Rens/carte_relief.gif)
- [30]. MeteoNormbase desdonnées météorologique globale pour ingénieurs, planificateurs et éducation.
- [31]. Déccemnt Technique règlementaire, Réglementation thermique des bâtiments d'habitation D .T .R (C 3-2)
- [32]. CHARIF, Haroune BEN. Culture constructive traditionnelle : défis actuels Cas de l'architecture de terre à Timimoun. Biskra : Magister en : Architecture, Université Mohamed Khider – Biskra, 2018.
- [33]. L'architecture domestique en terre entre préservation et modernité: cas d'une ville oasisienne d'Algérie "Aoulef". H. Boutabba, M. Mili, S.D. Boutabba. 2015, JMESCEN
- [34]. Salima, AHMED ALI Ep. AIT KADI. Performances thermiques du matériau terre pour un habitat durable des régions arides et semiarides : cas de Timimoune. UNIVERSITÉ MOULOUD MAMMERI, MÉMOIRE DE MAGISTER, TIZI OUZOU. 2012
- [35]. AziziFaiza, BoukhechbaGhaliya. INFLUENCE DE LA TEMPERATURE ET DE L'HUMIDITE SUR LES PROPRIETES THERMO-PHYSIQUE DES MATERIAUX LOCAUX A BASE D' ARGILE, Université Ahmed Draia, memoire de master, ADRAR. 2016
- [36]. Tlijani, Mohamed. Contributionàlacaractérisationthermo physique de matériaux bio-isolants:valorisationdesdéchetsdebois de palmier. UNIVERSITE PARIS EST - Créteil, mémoire de doctorat, paris, 2016
- [37]. Bruno, PEUPORTIER. Validation of COMFIE, Rapport C.E.C. Université de Stuttgart (I.T.W.), 1989

## **Bibliographie**

[38]. CHERIF, ISMAIL. Rafraichissement passif par ventilation naturelle. Université Saad Dahleb de Blida2015