



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



UNIVERSITE DE BLIDA 1
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES
DEPARTEMENT DES ENERGIES RENOUVELABLES

MEMOIRE DE MASTER

SPECIALITE : ENERGIES
RENOUVELABLES OPTION : HABITAT
BIOCLIMATIQUE

THEME :

**L'étude du comportement thermique d'une mosquée
traditionnelle dans un climat aride –cas *ksar de
Boussemgoun***

REALISE PAR :

FERHI MARWA NIHAD

ENCADRE PAR :

PR. HAMID ABDELKADER

Dc : OUKACI SOUMIA

2022/2023

ملخص

تم التركيز في الدراسة الحرارية التي أجريت على المسجد التقليدي في قصر بوسمغون بمنطقة البيض، والتي تتميز بمناخ جاف، على تحليل الحلول المفاهيمية والتقنيات المستخدمة والمواد المحلية المستخدمة. تضمنت جزءاً من هذه الدراسة توصيفاً حرارياً للمواد المحلية المستخدمة

في بناء الحالة المدروسة مثل الدفلى والحجر والطين المتصلب

(STD). كان الهدف الثاني من الدراسة تقييم الحالة المدروسة وتحسينها باستخدام أداة المحاكاة الحرارية الديناميكية أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها خلال دراستنا التأثير الكبير لاستخدام المواد المحلية على الراحة الحرارية في الشتاء والصيف، حيث يمكن أن تصل فروق درجات الحرارة إلى 11 درجة مئوية و 16 درجة مئوية على التوالي خلال أسبوع الأكثر حرارة والأكثر برودة

الكلمات الرئيسية: ، الراحة الحرارية STD. المواد المحلية، المسجد التقليدي

Résumé

L'étude thermique entreprise sur la mosquée traditionnelle du Ksar Boussemgoune qui se situe dans région d'El bayadh, et qui se caractérise par un climat aride, s'est concentrée sur l'analyse des solutions conceptuelles, des techniques utilisées et des matériaux locaux employés. Une partie de cette étude consistait en une caractérisation thermo physique des matériaux locaux utilisés dans la construction du cas étudié tels que la défla, la pierre et le mortier de terre.

La deuxième partie de notre étude a eu pour objectif l'évaluation et l'amélioration du cas étudié à l'aide d'un outil de simulation thermique dynamique (STD)

Les résultats obtenus lors de notre étude ont prouvé l'impact significatif de l'utilisation des matériaux locaux sur le confort thermique hivernal et estival, les écarts de températures peuvent respectivement atteindre 11°C et 16°C durant la semaine la plus chaude et la plus froide

Mots clés : matériaux locaux, mosquée traditionnelle, STD, confort thermique

Abstract

The thermal study conducted on the traditional mosque of Ksar Boussemgoune, located in the El bayadh region characterized by an arid climate, focused on analyzing conceptual solutions, techniques used, and local materials employed. A part of this study involved a thermo-physical characterization of the local materials used in the construction of the case under investigation, such as adobe, stone, and earthen mortar.

The second part of our study aimed to evaluate and improve the case under investigation using a dynamic thermal simulation (STD) tool.

The results obtained during our study have demonstrated the significant impact of using local materials on winter and summer thermal comfort, with temperature differences reaching 11°C and 16°C during the hottest and coldest weeks, respectively.

Keywords: local materials, traditional mosque, STD, thermal comfort.

REMERCIEMENTS

Je suis reconnaissant envers Dieu pour m'avoir donné l'opportunité de réaliser ce travail et de réussir mon parcours académique. J'attribue tous les mérites et les bénédictions à Sa volonté et à Sa guidance

Je remercie également le Professeur **Abdelkader Hamid** d'avoir proposé ce sujet et pour son aide et ses conseils tout au long de mon travail

Je tiens à exprimer mes sincères remerciements à mon encadrant, le **Dr OUKACI Soumia**, pour son précieux soutien et le temps précieux qu'elle a consacré à mon travail. Ses conseils avisés ont été d'une grande utilité pour faire avancer mes recherches et m'orienter dans la bonne direction. Sa disponibilité et son expertise ont grandement contribué à la réussite de mon projet. Je souhaite également remercier tous les enseignants et responsables du département d'énergie renouvelable de l'université Blida 1 pour leur soutien et leurs encouragements ainsi qu'à l'ensemble des membres du Centre National d'Études et de Recherches Intégrées du Bâtiment (CNERIB).

Dédicace

Mon parcours universitaire a pris fin après un long voyage de fatigue et de difficultés et ici je termine mes recherches de fin d'études avec vigueur .

Je dédie cette note, qui est le fruit d'un chemin long et ardu, à tous ceux qui ont été crédités de ma carrière et m'ont aidé même avec le moindre peu :

- À mes très chers parents, source de vie, d'amour et d'affection.
- À ma chère sœur Boutheyna
- À mes chers frères abd Ikarim et Ahmed
- À tous les amis que le destin m'a réunis dans ma carrière scolaire Bahi Fatna , lassouani Nawel et laoufi Lydia

À tous les enseignants qui m'ont enseigné depuis le début de mes études jusqu'à la fin de ma note de fin d'études.

Merci à vous tous.

Table des matières

RESUME

REMERCIEMENTS

DEDICACE

Table des matières

Introduction générale.....	11
Chapitre I : Recherche bibliographique.....	14
1.1. Introduction :	14
1.2. La bioclimatique et le confort thermique :	14
1.3. Des notions de base :	14
1.3.1. Conception bioclimatique :	14
1.3.2. Ponts thermiques :	15
1.3.3. Inertie thermique :	15
1.3.4. Coefficient de conductivité thermique :	15
1.4. Le confort :	16
1.5. L'architecture bioclimatique:.....	16
1.5.1. L'orientation:	17
1.5.2. La forme:.....	17
1.5.3. La distribution intérieure :	17
1.6. L'habitat:	18
1.6.1. Habitat traditionnelle référence de l'habitat bioclimatique :	18
1.7. L'architecture traditionnelle en Algérie :	19
1.7.1. Le ksar :.....	20
1.7.2. L'architecture traditionnelle des Ksour:	20
1.8. Le choix des matériaux :	23
1.9 Les principaux matériaux :	24
Chapitre 02.....	27
Chapitre II : Présentation de cas étudiée.....	28
2.1. Introduction :	28
2.2. Présentation de la région étudiée :	28
2.2.1. Situation Géographique de La Wilaya D'El Bayadh:.....	28
2.2.2. Données climatiques de la ville d'el bayadh :	29

2.2.3.	Caractéristiques météorologiques de la ville :.....	29
2.3.	Contexte Géographique de Bousseghoun:.....	32
2.3.1.	Les Accès du ksar:.....	34
2.4.	Caractéristiques technico-constructives des maisons traditionnelle du ksarBousseghoun:.....	35
2.4.1.	Les matériaux de constructions :.....	35
2.4.2.	Techniques et les éléments constructifs :.....	38
2.5.	PRESENTATION DE PROJET :.....	39
2.5.1.	Description de bâtiment étudié :.....	39
2.6	La grande mosquée:.....	39
2.6.1.	Les ouvertures :	42
2.6.2	Toitures :	43
2.6.3	Les murs :	44
2.8.	Détermination de la caractéristique thermo-physique de matériaux de construction :	45
2.8.1	Préparation des échantillons:.....	45
2.8.	CNERIB	46
Chapitre 03.....		50
Chapitre III : Logiciels et étapes de simulation.....		51
3.1	Introduction :	51
3.2.	Présentation du logiciel : PLEIADES +COMFIE :	51
3.2.1	Caractérisation de logiciel pléiades version 5.21.3.0:	51
3.2.2.	PROCESSUS D'APPLICATION DES LOGICIELS :	52
Sous pléiades :.....		53
3.2.1	On propose un taux de renouvellement standard de 0.6 du volume habitable.	63
Chapitre IV .: Résultats et discussion.....		68
4.1.	Introduction :.....	68
4.1.1.	Résultats de simulation du cas initial :.....	68
4.1.2.	Résultats de simulation des solutions proposées :.....	71
4.1.3.	Variante avec 15 cm d'isolation et occultation des surfaces vitrées :.....	77
Conclusion générale		80

Liste des figures

Figure I- 1 : pont thermique au niveau d'un plancher.....	15
Figure I- 2 : Coefficient de conductivité thermique.....	16
Figure I- 3 : Conception bioclimatique.....	16
Figure I- 4 : la méthode de l'orientation.....	17
Figure I- 5 : la distribution intérieure.....	18
Figure I- 6 : Comparaison des réactions d'un bâtiment à inertie faible et d'un bâtiment à inertie forte face aux apports solaires.....	18
Figure I- 7 : vue de veus de ksar de Timimoune.....	20
Figure I- 8 : ksar Ouargla.....	21
Figure I- 9 : Vue de Taghit.....	22
Figure I- 10 : Une rue du vieux Ksar El Boukhari.....	22
Figure I- 11 : Le plâtre.....	24
Figure I- 12 : la pierre.....	24
Figure I- 13 : L'enduit.....	24
Figure II- 14 : Situation géographique de la wilaya d'El Bayadh.....	28
Figure II- 15 : La température moyenne mensuelle pour le site d'el bayadh.....	29
Figure II- 16 : Irradiation à bayadh.....	30
Figure II- 17 : Durée d'ensoleillement.....	30
Figure II-18 : La température journalière pour le site d'el bayadh.....	31
Figure II- 19 : Rayonnement global journalier.....	31
Figure II- 20 : Précipitations à bayadh.....	32
Figure II- 21 : Situation géographique du ksar de Boussemgoun.....	33
Figure II- 22 : Vue aérienne de ksar Boussemgoun.....	33
Figure II- 23 : Vue sur le ksar de Boussemgoun.....	33
Figure II-24 : Plan des quartiers du ksar de Boussemgoun.....	34
Figure II- 25 : Hiérarchisation des voies dans le ksar de bousemgoun.....	34
Figure II- 26 : Revêtement des murs.....	35
Figure II- 27 : Préparation de toub.....	36
Figure II- 28 : La pierre utilisée dans la construction des murs.....	36
Figure II- 29 : Les troncs de palmiers utilisés dans les maisons.....	37
Figure II-30 : Defla utilisée dans le plancher de la mosquée.....	37
Figure II- 31 : Mur de soutènement d'une maison.....	38
Figure II- 32 : Morphologie et situation du site.....	39
Figure II- 33 : Plan du sous sol de la mosquée du ksar de Boussemgoun.....	40
Figure II- 34 : Plan du RDC de mosquée du ksar de Boussemgoun.....	40
Figure II- 35 : Vue en 3D de la mosquée et du minaret du ksar de Boussemgoun.....	41
Figure II-36 : defla utilisée dans le plancher de la mosquée.....	43
Figure II- 37 : Le Mihrab.....	43
Figure II-38 : defla.....	45
Figure II- 39 : defla broyé.....	45
Figure II- 40 : La pierre coupée.....	46
Figure II- 41 : photo de CT METRE.....	47
Figure II-42 : CT mètre en mode de mesura.....	47
Figure III 43 : Icône d'ouverture dans logiciel confie pléiades.....	52
Figure III 44 : Création du fichier météo logique sous logiciel pléiades.....	52
Figure III 45 : Création de defla.....	53
Figure III 46 : Création du mortier de terre.....	53

<i>Figure III 47 : Création de la pierre.....</i>	<i>54</i>
<i>Figure III 48 : Composition de mur extérieur 1</i>	<i>54</i>
<i>Figure III 49 : Composition de mur extérieur 2</i>	<i>55</i>
<i>Figure III 50 : Composition de mur Int.....</i>	<i>55</i>
<i>Figure III 51 : Composition de planchers.....</i>	<i>56</i>
<i>Figure III 52 : Composition de planchers intermédiaire</i>	<i>56</i>
<i>Figure III 53 : Composition de toiture 01</i>	<i>57</i>
<i>Figure III 54 : Composition de toiture 02</i>	<i>57</i>
<i>Figure III 55 : Composition de toiture 03.....</i>	<i>58</i>
<i>Figure III 56 : Insertion des éléments constructifs sous Modeleur.....</i>	<i>58</i>
<i>Figure III 57 : plan R D C.....</i>	<i>59</i>
<i>Figure III 58 : plan de 1^{er} étage.....</i>	<i>60</i>
<i>Figure III 59 : plan 3D.....</i>	<i>60</i>
<i>Figure III 60 : Scénario d’occultation de la salle de pierre.....</i>	<i>61</i>
<i>Figure III 61 : Scénario d’occultation de la midhaa</i>	<i>62</i>
<i>Figure III 62 : Scénario de consigne de température</i>	<i>62</i>
<i>Figure III 63 : Scénario de ventilation sans consigne.....</i>	<i>63</i>
<i>Figure III 64 : Scénario de ventilation avec consigne</i>	<i>63</i>
<i>Figure III 65 : Puissance dissipée de zone 1</i>	<i>64</i>
<i>Figure III 66 : Puissance de dissipée de zone 3.....</i>	<i>64</i>
<i>Figure III 67 : Scénario d’occultation pour la mosquée.....</i>	<i>65</i>
<i>Figure IV- 68 : Evolution de température en estivale pendant la semaine la plus chaude</i>	<i>68</i>
<i>Figure IV- 69 : Evolution de température pendant la semaine la plus froid</i>	<i>69</i>
<i>Figure IV-70 : Evolution de température en estivale pendant la semaine la plus chaude</i>	<i>70</i>
<i>Figure IV-71 : Evolution de température en hiver pendant la semaine la plus froid de simulation</i>	<i>70</i>
<i>Figure IV- 72 : Evolution de température en estivale pendant la semaine la plus chaude simulation</i>	<i>72</i>
<i>Figure IV- 73 : Evolution de température en estivale pendant la semaine la plus chaude simulation</i>	<i>73</i>
<i>Figure IV- 74 : Evolution de température en hiver pendant la semaine la plus froide.....</i>	<i>73</i>
<i>Figure IV- 75 : Evolution de température en hiver pendant la semaine la plus froide.....</i>	<i>74</i>
<i>Figure IV- 76: histogramme de besoin en chauffage et climatisation cas de base et varient 01.....</i>	<i>75</i>
<i>Figure IV- 77 : histogramme de besoin en chauffage et climatisation cas de base et varient 02.....</i>	<i>76</i>
<i>Figure IV- 78 : Evolution de température en estivale pendant la semaine la plus chaude simulation</i>	<i>77</i>
<i>Figure IV-79 : histogramme de besoin en chauffage et climatisation cas initial avec occultation.....</i>	<i>78</i>
<i>Figure IV- 80 : histogramme de besoin en chauffage et climatisation cas initial avec occultation et varient 01 et 02</i>	<i>79</i>

Liste des tableaux

Tableau I- 1 : : Les matériaux de construction traditionnel]	23
Tableau II- 3 : d'ouvertures	42
Tableau II- 4 : Les matériaux de construction de la mosquée	44
Tableau II- 5 : Pour les échantillons en Poudres	47
Tableau II- 6 : tableau de matériaux	48
Tableau IV- 7 : résultats de la simulation du cas initial	68
Tableau IV- 8 : résultats de la simulation avec consigne du cas initial	70
Tableau IV- 9 : résultats de la simulation	71
Tableau IV- 10 : résultats de la simulation	72
Tableau IV- 11: résultats de la simulation	75
Tableau IV- 12 : résultats de la simulation	76
Tableau IV- 13: résultat de la simulation de cas de base avec occultation	77
Tableau IV- 14: résultats de la simulation	78

La nomenclature

- ✓ ρ : la masse volumique du matériau en $[\text{kg.m}^{-3}]$
- ✓ c : la capacité thermique massique du matériau en $[\text{J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}]$
- ✓ R : ,représente la résistance thermique de matériau, (en $\text{m}^2.\text{K}/\text{W}$).
- ✓ (λ) : représente la conductivité thermique de matériau, (en $\text{W}/\text{m.K}$).
- ✓ DTR : Document Technique Réglementaire, C3/2.
- ✓ STD: Simulation Thermique Dynamique.
- ✓ La consommation énergétique : kWh/m^2
- ✓ Consommation d'énergie : kWh
- ✓ S : surface(m^2)
- ✓ Cf:compacité
- ✓ V : volume(m^3)
- ✓ e : épaisseur (cm)

Introduction générale

L'étude du comportement thermique des bâtiments revêt une importance capitale pour optimiser leur efficacité énergétique. Dans les zones arides, où les températures peuvent être extrêmes, il est d'autant plus essentiel de comprendre le fonctionnement des bâtiments traditionnels, notamment des mosquées, face à ces conditions climatiques spécifiques. Les mosquées traditionnelles dans les zones arides sont des édifices emblématiques, conçus au fil des siècles pour résister aux conditions climatiques rigoureuses tout en offrant un environnement intérieur confortable aux fidèles.

Cette étude se focalisera sur le comportement thermique d'une mosquée traditionnelle située dans une zone aride. Nous examinerons attentivement les matériaux de construction utilisés, les techniques architecturales mises en œuvre et les stratégies passives adoptées pour réguler la température à l'intérieur de l'édifice. Comprendre le fonctionnement thermique de ces bâtiments traditionnels contribuera à améliorer la conception des constructions contemporaines dans les régions arides, en tirant parti des connaissances ancestrales et en les adaptant aux exigences modernes de confort et d'efficacité énergétique.

Pour cela, nous analyserons les caractéristiques spécifiques de la mosquée, telles que sa forme, son orientation, ses matériaux de construction et ses éléments architecturaux. Nous évaluerons également les performances thermiques des différentes parties du bâtiment, y compris les murs, les fenêtres, le toit et les systèmes de ventilation. En examinant le comportement thermique de la mosquée dans des conditions climatiques extrêmes, nous pourrions identifier les forces et les faiblesses de sa conception thermique.

L'objectif ultime de cette étude est d'acquérir des connaissances précieuses sur les principes bioclimatiques et les stratégies passives utilisées dans les mosquées traditionnelles des zones arides. Ces enseignements pourront ensuite être appliqués dans la conception de nouveaux bâtiments ou dans la rénovation des bâtiments existants afin de créer des espaces intérieurs confortables tout en réduisant la consommation d'énergie et en préservant l'environnement.

En somme, l'étude du comportement thermique d'une mosquée traditionnelle dans une zone aride nous permettra de mieux comprendre comment ces bâtiments emblématiques parviennent à maintenir un confort thermique optimal malgré des conditions climatiques extrêmes. Cette connaissance pourra ensuite être mise à profit pour concevoir des bâtiments plus durables et éco-énergétiques dans les régions arides, en s'appuyant sur les principes de l'architecture traditionnelle tout en intégrant les avancées technologiques modernes.

Problématique

L'architecture traditionnelle dans le sud de l'Algérie est conçue de manière à tirer parti des conditions climatiques locales et à assurer un confort optimal pour les habitants, surtout pendant les périodes estivales. Les Ksour, des constructions spécifiques à la population saharienne, sont érigés en utilisant judicieusement les

Ressources limitées en terre et en eau.

Notre choix s'est porté sur le Ksar de Boussemgoun, situé dans l'Atlas saharien, dans la wilaya d'El Bayadh. Il est l'un des ksour les plus anciens de toute la région sud de l'Algérie.

La question de recherche concerne l'impact de l'utilisation des matériaux de construction sur le confort thermique dans ces constructions traditionnelles. Comment les choix des matériaux de construction influencent-ils le confort thermique à l'intérieur des Ksour ?

Objectif

Dans le cadre de cette problématique, une recherche a été entreprise pour vérifier l'impact de l'utilisation des matériaux de construction locaux dans les bâtiments traditionnels. Cette recherche est structurée en plusieurs chapitres qui abordent les aspects suivants

Chapitre 01 : comprend l'étude bibliographique et l'état de l'art, ce qui nous a permis de tirer les recommandations nécessaires pour notre recherche.

Chapitre 02 : comprend la présentation de la ville d'el bayadh, ainsi que la présentation de notre cas d'étude étudié. Avec l'étude expérimentale qui a été faite sur notre cas d'étude situé dans la région d'el bayadh

Chapitre 03 : comprend la modélisation de notre cas d'étude à l'aide d'un logiciel de simulation thermique dynamique pléiades + Comfie.

Chapitre 04 : comprend les résultats et discussion, et on terminera par une conclusion générale.

Chapitre 01

Chapitre I : Recherche bibliographique

1.1. Introduction :

L'Algérie présente une diversité géographique qui se reflète dans la variété des habitats traditionnels adaptés aux différents climats locaux. Dans les régions désertiques et semi-désertiques, comme le Sahara et le sud de l'Algérie, les habitations sont souvent construites en utilisant des matériaux locaux tels que la terre crue et le pisé. Ces matériaux offrent une excellente régulation thermique en absorbant la chaleur pendant la journée et la libérant lentement pendant la nuit.[1] Dans ce chapitre, nous allons vous présenter l'habitat bioclimatique, qui se réfère à la conception et à la construction de bâtiments en tenant compte des conditions climatiques locales. Nous allons aborder sa définition, ses principes fondamentaux ainsi que le confort thermique en été et en hiver.

Nous allons également vous présenter l'habitat Ksourienne, un type d'habitation traditionnelle spécifique à certaines régions de l'Algérie. Nous explorerons les techniques de construction utilisées dans ces habitations et nous vous donnerons une définition de la mosquée, qui est un élément central de la vie communautaire et religieuse en Algérie.

1.2. La bioclimatique et le confort thermique :

Il est crucial que les bâtiments offrent des conditions intérieures confortables pour les occupants, ce qui inclut une température agréable et stable. Cependant, cela peut avoir un impact significatif sur la consommation d'énergie du bâtiment. Ainsi, pour maximiser le confort thermique tout en minimisant la consommation d'énergie, il est important de considérer plusieurs facteurs clés, tels que l'isolation thermique, l'éclairage naturel, la ventilation, les systèmes de chauffage et de climatisation, et les sources d'énergie renouvelable. En prenant en compte ces facteurs, il est possible de concevoir et d'exploiter des bâtiments plus durables, plus confortables et plus économiques à long terme. [2]

1.3. Des notions de base :

1.3.1. Conception bioclimatique :

La conception bioclimatique consiste à mettre à profit les conditions climatiques favorables tout en se protégeant de celles qui sont indésirables, ceci afin d'obtenir le meilleur confort thermique. Elle utilise l'énergie solaire disponible sous forme de lumière ou de chaleur, afin de consommer le moins d'énergie possible pour un confort équivalent. [3]

1.3.2. Ponts thermiques :

Les ponts thermiques sont des endroits spécifiques dans la structure d'un bâtiment où la chaleur s'échappe plus facilement en raison d'un défaut d'isolation ou de phénomènes tels que les ailettes. Ces zones représentent des points critiques de pertes de chaleur dans le bâtiment. [4]

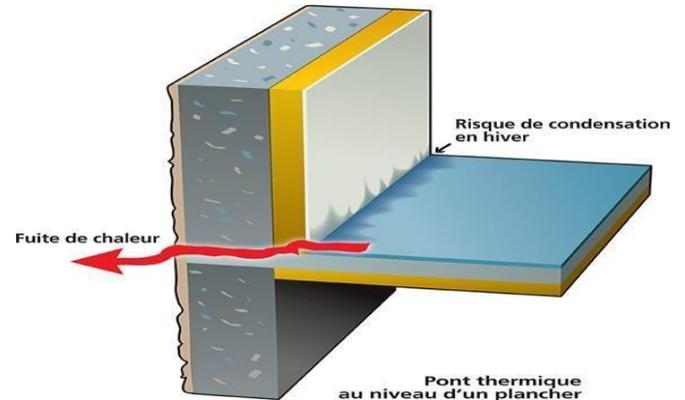


Figure I- 1 : pont thermique au niveau d'un plancher[31]

1.3.3. Inertie thermique :

Capacité d'un matériau à accumuler de la chaleur ou de la fraîcheur, puis à la restituer. Elle permet d'obtenir un déphasage thermique (décalage dans le temps) par rapport aux températures extérieures et d'aplanir les pics de température, de jour comme de nuit. L'inertie thermique d'une paroi est surtout déterminée par les propriétés des couches superficielles.

Elle est évaluée à l'aide des deux paramètres :

la diffusivité : $\alpha = \lambda / (\rho * c)$ [m²/s]

l'effusivité : $E = (\lambda * \rho * c)^{1/2}$ [J.K-1.m-2.s- 1/2]où :

L'inertie sera élevée si les matériaux qui composent les couches des parois ont :

une effusivité élevée (sensation de «froid» que donne le contact avec un matériau);

une diffusivité faible (déphasage important entre le moment où la chaleur arrive sur une face du mur et le moment où elle atteint l'autre face).

S'agissant d'un comportement dynamique, l'effet d'inertie thermique est difficilement quantifiable. [5]

1.3.4. Coefficient de conductivité thermique :

La conductivité thermique est un coefficient qui qualifie la réaction d'un matériau face au *transfert thermique*. Il définit donc la quantité de chaleur en watt transmise par unité de surface et de temps sous un gradient de température de 1 °C / m ou 1 kelvin. Ce coefficient est noté lambda (λ) ou K, et peut être exprimé en *watts par mètre-kelvin*, soit $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$:

Plus la conductivité thermique est grande, plus le matériau est conducteur. Et donc, à contrario, plus le coefficient de conductivité thermique est faible, plus le matériau aura des pouvoirs isolants. Pour calculer la *résistance thermique* (R) d'un isolant, il faut donc prendre en compte sa conductivité thermique (λ) mais également son épaisseur (e

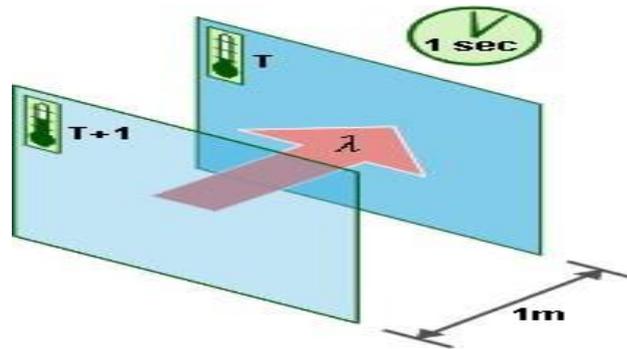


Figure I- 2 : Coefficient de conductivité thermique [32]

1.4. Le confort :

Le confort est caractérisé par un état de satisfaction ressenti par rapport à l'environnement. Cette satisfaction peut être influencée par diverses dimensions physiques des ambiances, ainsi que des aspects comportementaux et psychologiques.

- **Le confort thermique :**

Le confort thermique est une sensation liée à la chaleur qui est propre à chacun. En hiver, un bon confort thermique doit garantir une sensation suffisante de chaleur. En été, il doit limiter cette chaleur pour éviter les surchauffes.

1.5. L'architecture bioclimatique:

L'architecture bioclimatique est une branche de l'architecture qui vise à atteindre un équilibre entre la conception de la construction, son environnement (climat, milieu naturel) et les modes et rythmes de vie des occupants. Elle permet de réduire les besoins en énergie, de maintenir des températures agréables, de contrôler l'humidité et de favoriser l'éclairage naturel. L'architecture bioclimatique repose sur cinq principes :

l'implantation et l'orientation du bâtiment, l'architecture et la forme de celui-ci, la distribution intérieure, le choix des matériaux de construction et le confort en été. [7]

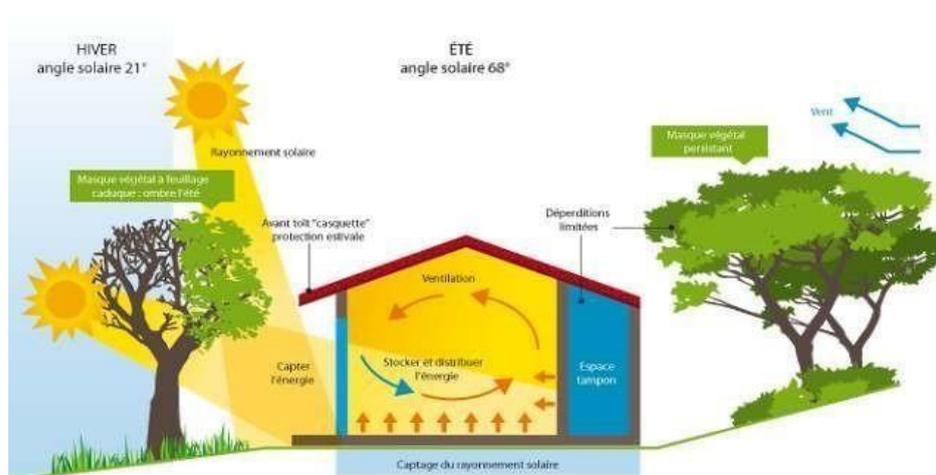


Figure I- 3 : Conception bioclimatique. [31]

1.5.1. L'orientation:

L'orientation joue un rôle clé dans l'architecture bioclimatique en permettant de maximiser les apports solaires passifs en hiver tout en les réduisant en été afin de garantir le confort d'été. [8]



Figure I- 4 : la méthode de l'orientation [31]

1.5.2. La forme:

- **Le volume :**

La quantité de chaleur perdue d'un bâtiment dépend en grande partie de son volume. Un bâtiment avec un volume compact aura moins de surfaces exposées aux éléments extérieurs et donc subira moins de déperditions thermiques. Cela peut conduire à une réduction de la consommation d'énergie nécessaire pour maintenir le confort intérieur.

- **La toiture :**

La toiture devrait prendre en compte deux paramètres : la pluviométrie et les vents dominants. Sa position et sa pente devraient être optimisées pour diminuer les nuisances du vent tout en protégeant efficacement de la pluie. [9]

- **Compacité :**

est le rapport entre son volume protégé « chaud » et sa surface de déperdition .elle est meilleure quand la valeur est faible. $C=S/V$

1.5.3. La distribution intérieure :

La distribution intérieure d'un bâtiment peut être conçue pour adapter différentes zones à des ambiances thermiques spécifiques. Par exemple, une zone non chauffée située au nord peut servir de zone tampon pour protéger le reste du bâtiment de la baisse de température. Cette approche permet de mieux répondre aux besoins de confort des occupants en offrant des ambiances thermiques différenciées selon les espaces. [8]

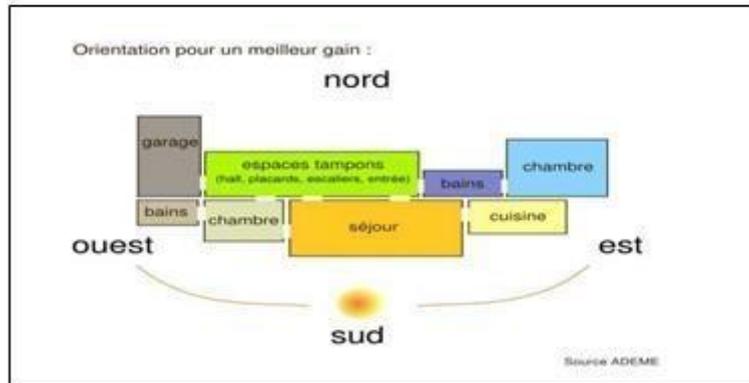


Figure I- 5 : la distribution intérieure [31]

- **L'inertie :**

Définie comme la capacité d'un matériaux à stoker de la chaleur et à la restituer petite à petite , cette caractéristique est très importante pour garantir un bon confort notamment en été, pour éviter les surchauffes. [8]

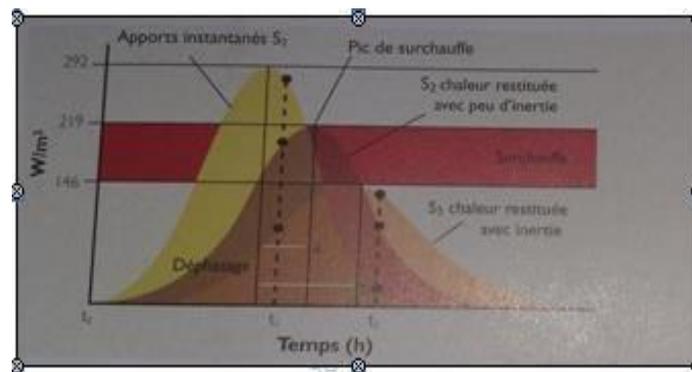


Figure I- 6 : Comparaison des réactions d'un bâtiment à inertie faible et d'un bâtiment à inertie forte faceaux apports solaires [32]

1.6. L'habitat:

C'est l'espace résidentiel et le lieu d'activités privés de repos , de récréation et de vie familiale avec leur prolongement d'activités publiques ou communautaires d'échange sociaux et d'utilisation d'équipements et de consommation de biens et de services . Cette définition de l'habitat montre que l'habitat n'est pas uniquement limité à la fonction loger ou abriter mais s'étend pour englober toutes les activités destinées à assurer et à satisfaire les relations de l'être humain à son environnement. [10]

1.6.1. Habitat traditionnelle référence de l'habitat bioclimatique :

L'habitat traditionnel compose la plus grande partie de l'environnement bâti de l'homme. L'analyse de la conception et de l'utilisation de cet habitat font apparaitre pleinement toutes les richesses. La somme extraordinaire de connaissances technique (particulièrement en termes d'économie d'énergie et de matériaux et un budget plus économique) de possibilité d'adaptation contenue dans l'habitat traditionnel fait partie du patrimoine humain. [11]

1.7. L'architecture traditionnelle en Algérie :

L'architecture traditionnelle se définit comme une architecture produite par une communauté pour lui servir d'habitat. Elle reflète les aspirations, les désirs et le mode de vie du groupe. Elle est souvent construite avec les matériaux locaux, suivant un long processus d'essais, d'erreurs, et de corrections à travers plusieurs générations. L'aboutissement à un résultat qui satisfait aux exigences climatiques, économiques, sociales, fonctionnelles, culturelles, à un moment donné, ne signifie nullement que ce résultat restera figé à jamais. Si une tradition est arrivée à suivre en traversant les âges c'est justement, parce qu'elle possède une qualité vitale qui est la faculté d'adaptation. [12]

Chaque ville possède sa propre personnalité et ses particularités influencées par le site préexistant, mais aussi et principalement par les représentations et traditions locales dans laquelle elle est implantée. La diversité dans la représentation urbaine et architecturale de ces villes ne doit en aucun cas effacer le modèle arabo islamique: « Cette diversité de configurations spatiales, ne doit pas conduire à la conclusion d'une hétérogénéité totale ». Explique Saïd Mouline dans son livre "La Ville Et La Maison Arabo Musulmane", qui poursuit que : « Si la religion musulmane en tant que telle n'impose pas de directives rigoureuses en ce qui concerne les principes d'urbanisation et d'habitat, elle informe le cadre bâti en fonction d'une foi et d'une ethnique commune à la totalité des croyants. Elle contribue à l'organisation d'un cadre qui doit être adapté à un mode ». [13]

Les villes traditionnelles Maghrébines étaient perçues auparavant comme des univers sans art et sans ordre: comme des villes sans plans, comme des labyrinthes sans issu. La plupart des vieilles villes nord-africaines ont enduré, durant les premières années de la colonisation française, les affres d'une occupation qui ne

Pense qu'à embellir son image et élargir son royaume, au profit des espaces traditionnels ancestraux.

L'Algérie qui a connue à travers son histoire plusieurs envahisseurs et de longue période de colonisation, depuis la colonisation romaine qui a engendré une sorte de mixité entre les croyances romaines et les pratiques religieuses libyques et puniques déjà présente en cette partie de l'Afrique, une mixité qui s'est traduit par une assimilation culturelle de la population de la région induite par l'intégration de leurs cultes et la présentation de leurs divinités dans les espaces de culte.

Les villes traditionnelles comme les médinas, ksour et dechra sont répandues dans de nombreux pays et ont une architecture unique. Malgré des ressources modestes, elles ont préservé leurs valeurs pendant des siècles. Certaines d'entre elles, comme les médinas maghrébines, sont classées au patrimoine mondial de l'humanité. La civilisation ottomane a également influencé l'Algérie, attirant l'intérêt des chercheurs et spécialistes. [14]

1.7.1. 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. [15]

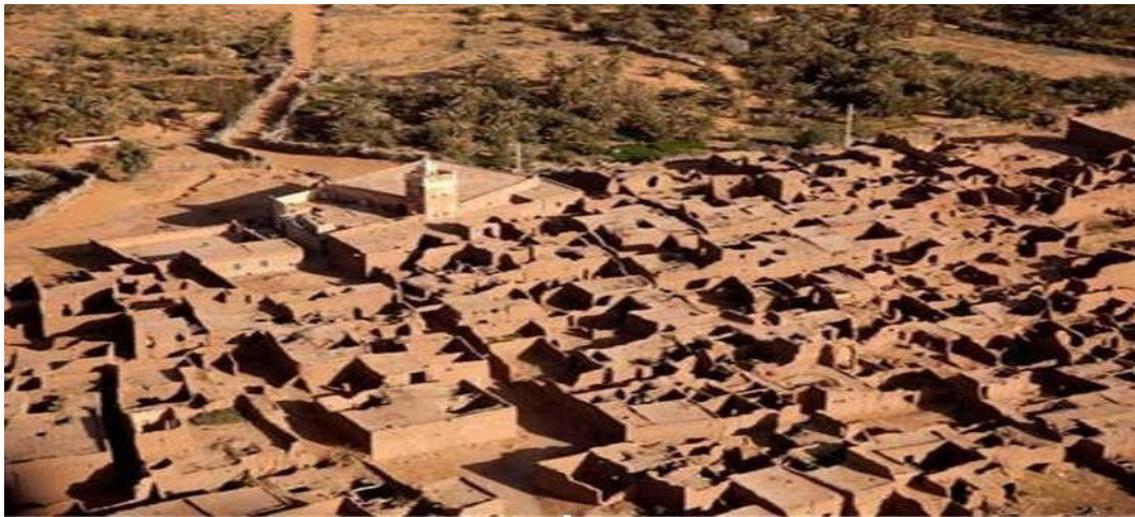


Figure I-7 : vue sur le ksar de Timimoun [33]

1.7.2. L'architecture traditionnelle des Ksour:

Pierre Deffontaines rappelle que « les hommes, devant la terre à peupler, n'ont pas eu que des attitudes utilitaires ». [16] Sinon, comment peut-on choisir d'habiter des espaces aussi peu cléments ? En suivant ce que Deffontaines prescrit, il n'y a pas que les facteurs utilitaires et matériels qui ont un impact sur la forme de la maison ksourienne, d'autres paramètres, liés au sacré, sont à prendre en considération.



Figure I- 8 : ksar Ouargla [34]

Le ksar a une forme compacte, de couleur terre, horizontale, directement en relation avec un espace vert, la palmeraie. C'est l'horizontalité qui est la règle dans ce type d'établissement. Les maisons n'étant que les tombeaux d'ici-bas, l'horizontalité est la forme qui récuse la fatuité et l'orgueil. Ce qui est couché et aplati renvoie à l'humilité et à la soumission. La verticalité est une exception réservée aux édifices exceptionnels (qubba, minaret). Sa symbolique renvoie au sublime.[17]

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, 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. [17]

La fonction du ksar est essentiellement agricole. À l'origine, c'est un grenier collectif qui sert de lieu d'ensilage des céréales, des olives, des produits de bétail, c'est aussi un lieu sûr où les objets de valeur sont bien en sécurité. Parmi les causes qui nous permettent d'énoncer cette hypothèse de la fonctionnalité du ksar : le fait que la région du sud-ouest algérien et le Sahara en général sont soumis à une aridité climatique aggravée par l'irrégularité pluviométrique qui ne laisse pas de place à une sécurité alimentaire continue et qui fait du ksar un moyen de Conservation sécurisé. [18]

➤ **Les Ksour Sahariens :**

Le ksar Saharien est constitué de trois entités distinctes : un espace habité (habitation d'ici-bas, un terroir et un espace de la mort ou habitation de l'au-delà). C'est une occupation agglomérée spécifique, caractérisée par une forme urbaine traditionnelle fortifiée.

Les constructions obéissent à la même architecture, il s'agit d'un ensemble de maisons réparties sur un rez-de-chaussée ou rarement un étage autour d'une cour intérieure. Le ksar se présente ainsi : c'est une forme compacte, de couleur terre, horizontale, directement en relation avec un espace vert, la palmeraie, le terroir. La forme s'organise selon un principe où l'on distingue différentes échelles d'appropriation de l'environnement:

l'édifice : habitation ou édifice public.

L'unité urbaine : association de plusieurs édifices organisés le long d'un axe (zkak) ou autour d'une place (rahba), définissant une unité autonome appropriative par le groupe ;

la cité (ksar) : l'ensemble des entités en articulations structurées, hiérarchisées, faisant émerger un centre qui identifie l'échelle habitée par la communauté

le territoire : l'ensemble des ksour implantés (généralement) selon des principes partageant une succession morphologiques communs d'événements signifiants (histoire), définissent, une fois en relation d'échange, un champ d'appropriation pour la population de la région. [19]



Figure I- 9 : Vue de Taghit [35]

➤ Ksar des hauts plateaux :

Le vieux ksar de la ville de ksar el Boukhari, se présente comme un ensemble d'habitat compact et fermé, accolé au versant sud-ouest d'une colline.

Il se compose en réalité de plusieurs entités différenciées par la topographie du terrain. Le ksar s'inscrit dans une enceinte, formée soit par un rempart continu, soit par des Maisons appelées « maisons-rempart » ou encore par la combinaison des deux. Des meurtrières permettent la surveillance. La hauteur du mur peut facilement dépasser 10 mètres.

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.²⁸ Car raisonner, exclusivement, 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. [14]



Figure I- 10 : Une rue du vieux Ksar ElBoukhari (Carte postale)

La production des formes architecturales obéit à un processus long et complexe qui aboutit à une modélisation physique. Le modèle produit est imprégné par différents aspects qui agissent individuellement ou collectivement sur l'objet produit (aspect technique, économique, climatique, sociologique et religieux).: Ces dernières décennies, les éléments de l'architecture vernaculaire présaharienne ont subi un éclatement à cause de multiples facteurs

- Bouleversement des structures socio- économiques traditionnelles
- Emergence d'un habitat moderne plus attrayant
- Fluctuations climatiques : sécheresse
- Exode et abandon. [14]

1.8. Le choix des matériaux :

C'est un élément capital de la conception bioclimatique. Il assure le confort des occupants : encaptant la chaleur ou en préservant la fraîcheur et en évitant les sensations de « parois froides», et favorise les économies d'énergies. Les matériaux de construction traditionnels :

Tableau I- 1 : : Les matériaux de construction traditionnel [11]

	Matières végétales	Matières animales
La terre	Le bois de palmier	Le feutre
Le pisé	Les branchages	La peau
Le trochis	Le bambou et le roseau	La laine
L'adobe	La paille	
La chaux		
La pierre		

Les matériaux utilisées dans le bâti en terre sont forcément dépendants des ressources que l'environnement avait mis à la disposition des utilisateurs, des techniques qu'ils peuvent engendrer et aller avec, des structures socioéconomique qui gèrent le quotidien et des conditions climatiques qui en déterminent l'usage et la continuité. L'eau, la terre, le bois et la pierre sont présents dans la nature et ne sont pas soumis aux contraintes économiques mais plutôt environnementales. Ils n'impliquent pas un achat, un coup de transport excessif ou une transformation industrielle quelconque, mais une créativité artisanale. Les bâtiments qui en sont le résultat répondent à un état d'équilibre avec la nature au lieu de chercher à la dominer.

Des techniques et matériaux locaux ancestraux : comme dans toutes les architectures vernaculaires, l'utilisation des matériaux locaux provenant du site même est systématique. Dans la région du sud-ouest algérien, la pierre, la terre sous forme de brique d'adobe et de pisé pour les murs et piliers, les troncs et les crosses de palmiers et branchages d'autres arbres pour les planchers.

Les caractéristiques thermiques de ces matériaux, le dimensionnement judicieux des éléments de constructions combinées à une organisation compacte du tissu urbain permettant un ombrage mutuel des édifices et une protection efficace contre des conditions climatiques

Extrêmes.

Ceci dit, il faut admettre que ce système constructif traditionnel a aussi ses limites, notamment en ce qui concerne la stabilité du matériau (la terre) ; de même des problèmes d'étanchéité nécessitent des correctifs au niveau de la mise en oeuvre. Le recyclage des matériaux est très fréquent. Des éléments, tels que pierres, solives, poutres, portes, sont généralement récupérées lors de la démolition d'une maison. [20]

1.9 Les principaux matériaux :

1. Le plâtre :

Il provient d'un gisement de gypse, abondant sur le site, Il a la particularité de prendre rapidement, manié sans Outils à main nues.



Figure I- 11 : Le plâtre

2. La pierre :

La pierre utilisée, est la pierre nom taillée. Des blocs grossiers de dimensions variables subissent un simple équarrissage avant d'être posées sur le lit de mortier. D'origine calcaire ou bien de type roulé.

Ramenées, des lits d'oued elles sont liées au mortier de terre.



Figure I- 12 : la pierre

3. L'enduit :

Fait à la base de timchent (mélange de terre et paille) L'enduit et le revêtement sont grossiers.



Figure I- 13 : L'enduit

4. Palmiers :

Le bois utilisé dans le menuiserie et les nervures de palmes sont utilisées dans plusieurs opérations tel que le coffrage et la réalisation des fameux arcs du m'Zab.

5. Autres arbres :

Les troncs de tous les arbres fruitiers ou non (pêches, citronniers, acacias....) les troncs d'arbre peuvent servir de poutres ou autres éléments de couvertures. [21]

L'état de l'art :

1. 2007 : **S.M.A. Bekkouche 1, T. Benouaz 2 et A. Cheknane Etude par simulation de l'effet d'isolation thermique d'une pièce d'un habitat dans la région de Ghardaïa (2007)**

Cet article présente une étude thermique d'une pièce d'un habitat situé dans la région de Ghardaïa, adaptée au climat de cette région et dotée d'une isolation thermique.

Les résultats de la simulation ont permis de réduire les gains et de favoriser les déperditions solaires d'été, ainsi que de déphaser les variations de température

2. 2008 : D. Medjelakh* et S. Abdou Impact de l'inertie thermique sur le confort hygrothermique et la consommation énergétique du bâtiment (2008)

Cet article étudie le rôle de l'inertie thermique dans le confort hygrothermique et la consommation énergétique des bâtiments en se basant sur une comparaison entre une maison coloniale et une villa contemporaine.

- Les résultats montrent que l'utilisation de matériaux locaux adaptés au climat de la région permet de réaliser un confort hygrothermique et une consommation d'énergie réduite.

3. 2011 : **A. Kemajou et L. Mba Matériaux de construction et confort thermique en zone chaude Application au cas des régions climatiques camerounaises (2011).**

Dans cette étude, Des simulations sont réalisées avec le logiciel Pléiades+Comfie pour comparer les performances thermiques de matériaux traditionnels tels que le bois et la brique de terre à celles de matériaux modernes comme le parpaing de ciment.

- Les résultats montrent que les matériaux traditionnels sont souvent plus adaptés aux contraintes climatiques de chaque région.

3. 2013 : **A.Djelloul*, b.Draoui**, n.Moummi simulation du comportement énergétique des batiments résidentiels au sud algerien (2013) .**

Ce travail vise à améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments résidentiels dans les régions chaudes et sèches en utilisant la simulation de comportement énergétique avec le logiciel TRNSYS. Deux types de bâtiments ont été comparés : un bâtiment de référence et un bâtiment basse consommation avec une enveloppe isolée.

- Les résultats montrent que le bâtiment basse consommation consomme presque un tiers moins d'énergie pour le refroidissement et présente une différence significative d'intensité énergétique par rapport au bâtiment de référence.

4. 2017 : NEFIDI.H, OUKACI.S¹, HAMID AEK¹.SEMMAR.D Etude thermique d'une maison traditionnelle en Algérie, cas de Oued Souf (2017)

L'étude du comportement thermique d'une maison traditionnelle dans un climat aride –cas de Oued Souf-elle comprend la caractérisation thermo-physique des matériaux de construction locaux, une étude expérimentale et la simulation thermique dynamique qui a permis d'évaluer le comportement thermique de la maison durant toute l'année les résultats obtenus ont montré que la maison traditionnelle élimine les fluctuations des températures, l'écart a été estimé a 10°C.

5. 2020 Chaib- Eddour Abdelmalek et Beltoum Amine , Etude thermique dynamiqued'une mosquée avec l'intégration du système photovoltaïque, blida ,2020

L'étude vise à coordonner les concepts de logement bioclimatique et d'énergies renouvelables pour atteindre une haute efficacité énergétique dans la construction de la mosquée.

- . Des solutions passives : la végétation. Isolation.
- le système d'énergie solaire : système PV

Conclusion

D'après toutes les informations présentées dans ce chapitre, on peut conclure que les conditions météorologiques influencent effectivement l'architecture des bâtiments, notamment dans le cas de l'architecture ksourienne.

Chapitre 02

Chapitre II : Présentation de cas étudiée

2.1. Introduction :

Dans ce chapitre, nous abordons la mosquée traditionnelle d'Bousssemghoune, ainsi que l'étude expérimentale qui a été réalisée pour mieux comprendre ses caractéristiques thermiques.

2.2. Présentation de la région étudiée :

2.2.1. Situation Géographique de La Wilaya D'El Bayadh:

- La wilaya d'El Bayadh est partie intégrant de la région des hauts plateaux Elle est limitée par les wilayas suivantes :
- Nord: Saida et Tiaret.
- Est et (sud _Est) : Laghouat_ Ghardaïa et Adrar.
- Ouest et Sud-Ouest : sidi Bel Abbes – Naàma et Béchar.

La wilaya d'El Bayadh fait partie de la région des hautes plaines steppiques du Sud-ouest. Elle s'étend sur une superficie de **70699,9 km²** (Figure II-1).[1]

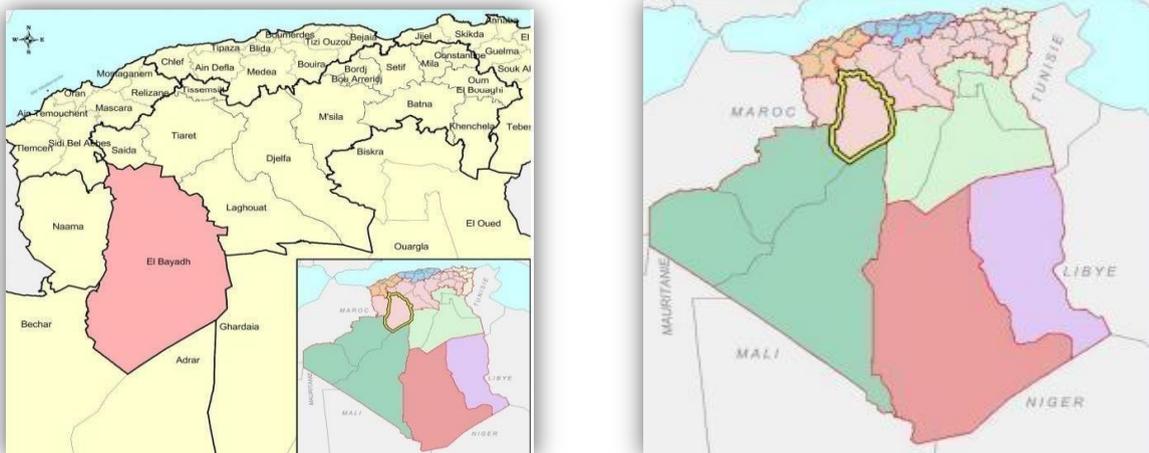


Figure II-14: Situation géographique de la wilaya d'El Bayadh [36]

2.2.2. Données climatiques de la ville d'el bayadh :

33.68°N 1.02°E

Classification de la ville d'el bayedh selon la classification thermique du DTR (3-2) des communes de L' ALGERIE :

Tableau1.1: Classification de la ville d'boussemgoune

32	Groupe de Communes 1 ; Boussemgoune - Brezina - El Benoud - El Abiod Sidi Cheikh	D
EL BAYADH	Groupe de Communes 2: Toutes les communes autres que celles figurant au groupe de communes 1.	C

2.2.3. Caractéristiques météorologiques de la ville :

❖ Température :

D'après la figure fournie, il est observé que la région d'El Bayadh présente des températures très élevées. Le mois le plus chaud, juillet, enregistre une température maximale de 41°C, tandis qu'en janvier, la température descend à -5°C. Cette combinaison de chaleur extrême en été et de froid extrême en hiver constitue un aspect important du climat de la région

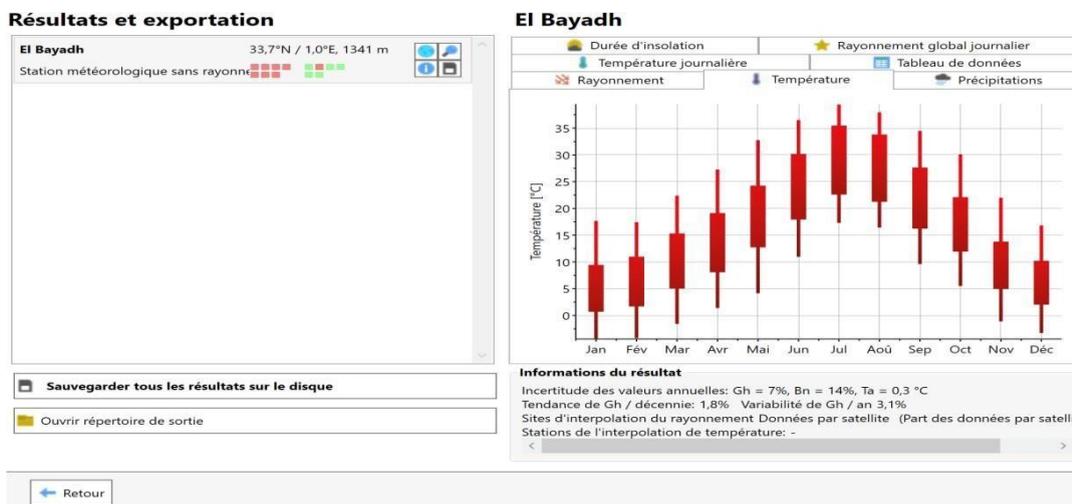


Figure II- 15 : la température moyenne mensuelle pour le site d' el bayadh[37]

❖ Rayonnement :

d'après les observations faites, il est remarqué que les mois de juillet et juin présentent le rayonnement global le plus important. Le rayonnement diffus, quant à lui, est plus élevé pendant les mois de juillet et mai.

Résultats et exportation

El Bayadh 33,7°N / 1,0°E, 1341 m
Station météorologique sans rayonn

Sauvegarder tous les résultats sur le disque

Ouvrir répertoire de sortie

El Bayadh

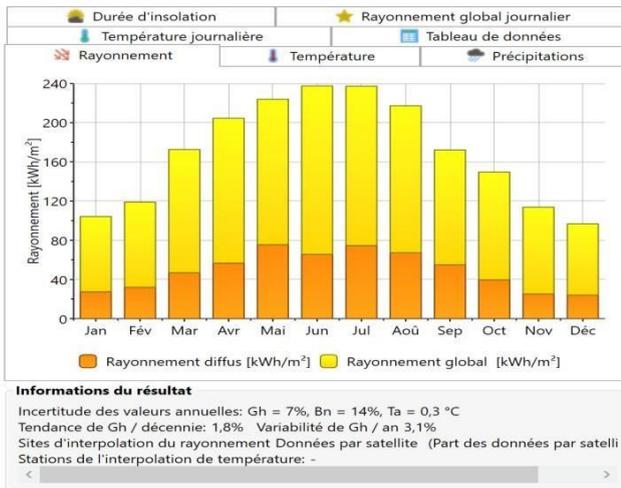


Figure II- 16 : Irradiation à bayadh [37]

❖ L'ensoleillement :

La région d'el bayadh est caractérisée par une forte insolation. Le maximum est enregistré au mois de juillet 11h par jour, et le minimum le mois de décembre 5.9h par jour.

Résultats et exportation

El Bayadh 33,7°N / 1,0°E, 1341 m
Station météorologique sans rayonn

Sauvegarder tous les résultats sur le disque

Ouvrir répertoire de sortie

El Bayadh

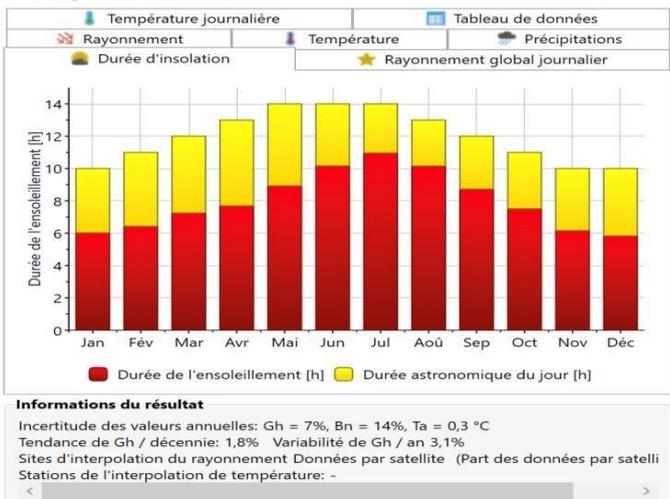


Figure II- 17 : Durée d'ensoleillement [37]

❖ **Température journalière :**

La figure suivante montre un écart de température d'un moyenne 10°C en une journée

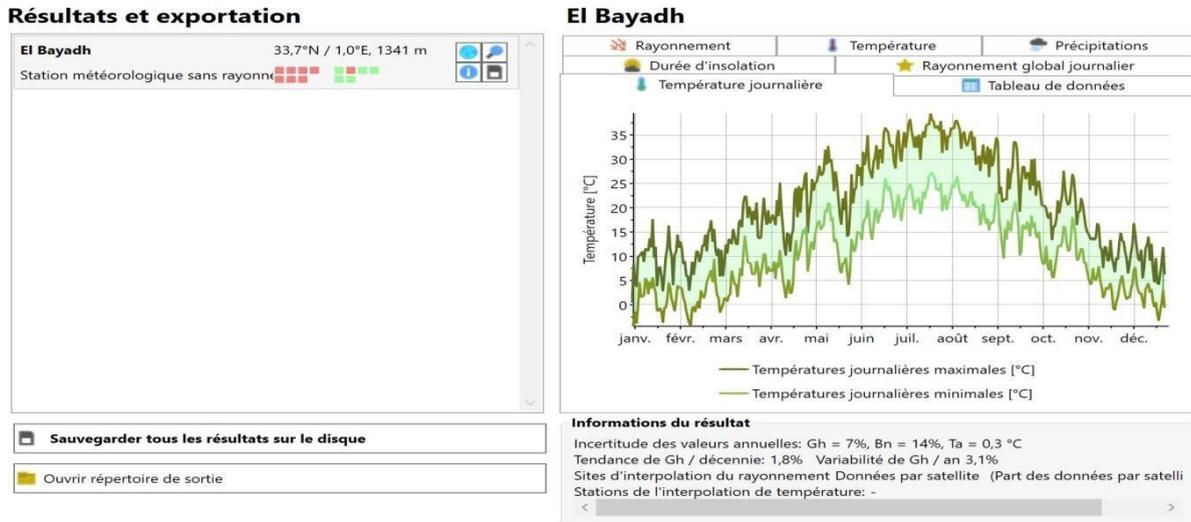


Figure II- 18 : la température journalière pour le site d'el bayadh [37]

❖ **Rayonnement global journalier :**

On peut déduire à partir de la figure suivante que l'ensoleillement global oscille autour de 3.5kWh/ en hiver, et peut atteindre 9 kWh/ en été.

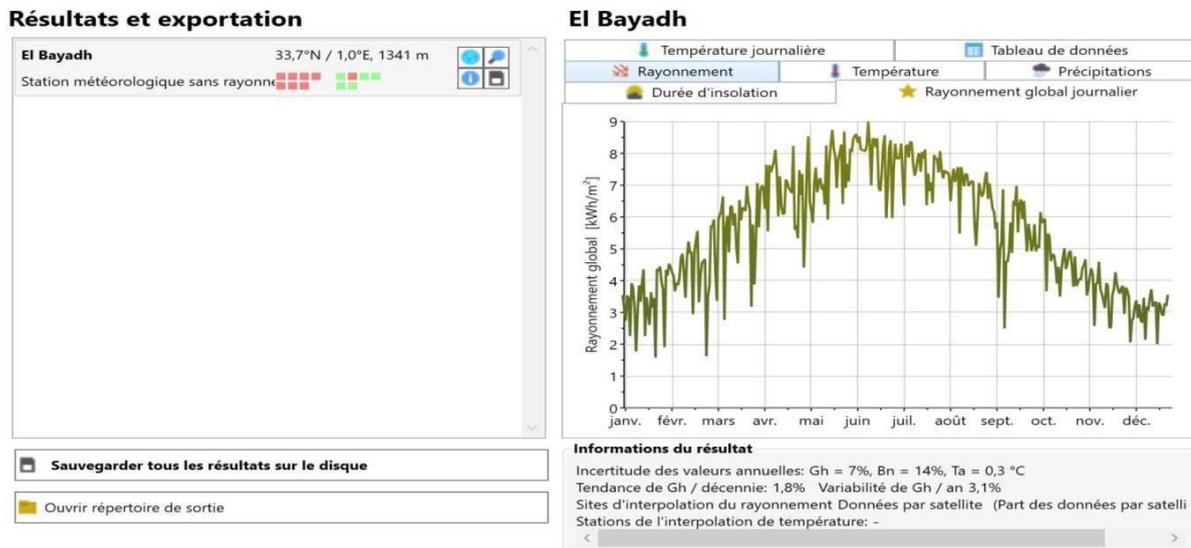


Figure II- 19 : Rayonnement global journalier [37]

❖ Précipitations :

Dans la région d'El Bayadh, les précipitations atteignent leur maximum au mois d'octobre, qui marque une période de transition de l'automne à l'hiver. La moyenne maximale des précipitations enregistrées pendant ce mois est de 52,5 mm.

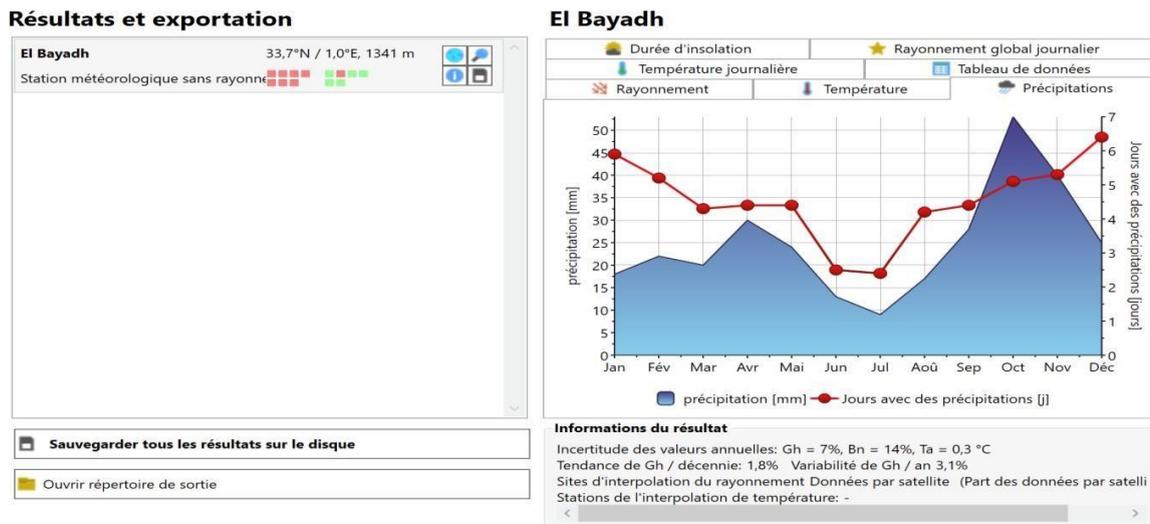


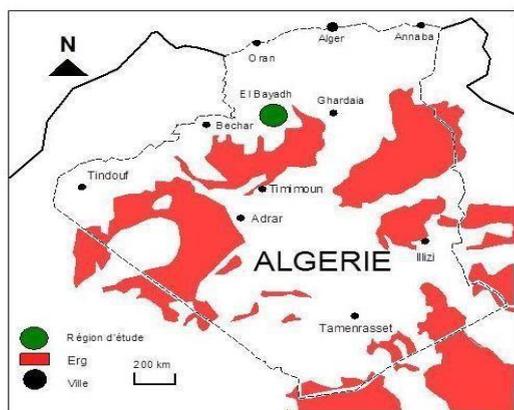
Figure II- 20: Précipitations à bayadh [37]

2.3. Contexte Géographique de Boussemgoun:

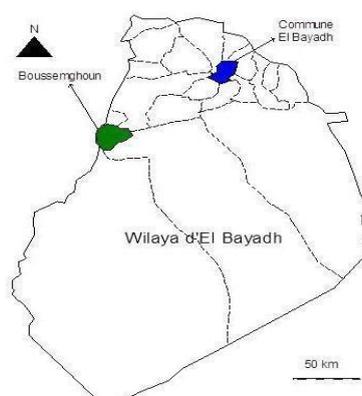
La commune de Boussemgoun est une commune dans la wilaya d'El-Bayadh. Elle est située au Sud -Ouest. Elle couvre une superficie de 58 610 ha (586,10 km²) desservie à partir de la route nationale (RN) 47, d'une distance de 160Km du chef-lieu de la wilaya, dans la partie occidentale des Hauts Plateaux, Boussemgoun, une verdoyante oasis dont le ksar est bâti sur une colline entre le Djebel Tanout et le Djebel Tameda .

Elle est délimitée :

- Au Nord par la commune de Chellala .
- Au Sud et sud/est par la commune de Labiedh sisi cheikh.
- À l'Ouest et sud/ouest par la commune d'El Byoudh et wilaya de Naama. [45]



Situation géographique de la wilaya d'El Bayadh



L'Oasis de Boussemgoun dans la wilaya d'El Bayadh

Figure II- 21 : Situation géographique du Ksar de Boussemgoun (Google Earth, 2016)

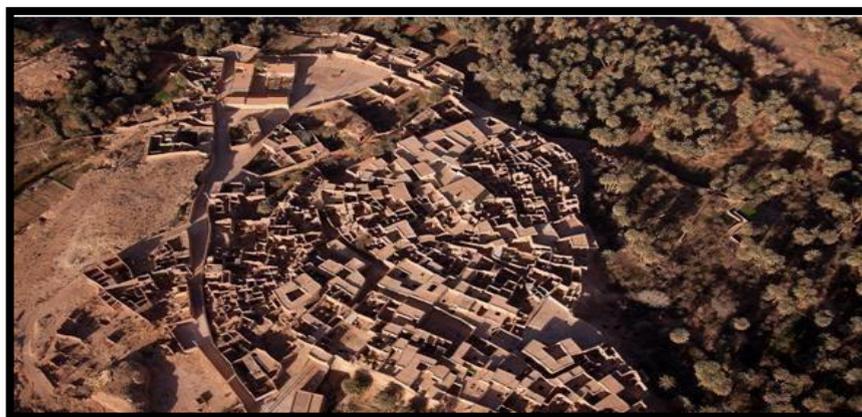


Figure II- 22: Vue aérienne de ksar Boussemgoun[38]

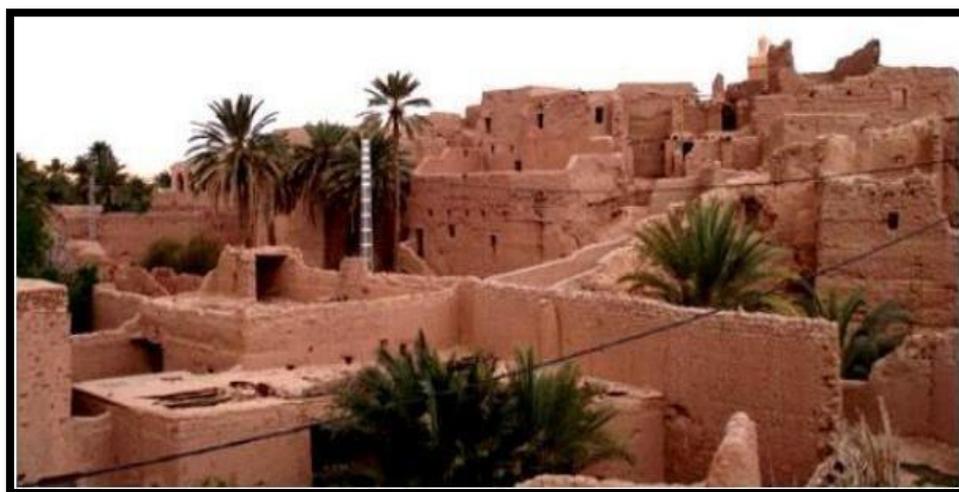


Figure II- 23: : Vue sur le Ksar de Boussemgoun [39]

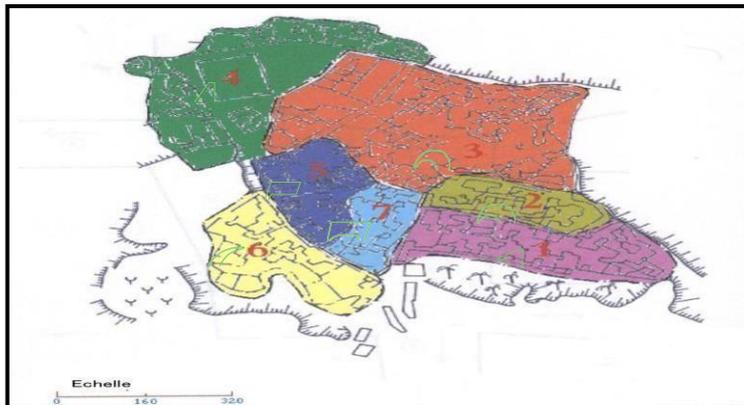


Figure II- 24: Plan des quartiers du Ksar de Boussemmghoun [40]

- 1- Agherma Djedid
- 2- Temedla Nat Ouslimane
- 3- Le Quartier Agherma Akdim
- 4- Taghoucht
- 5- Temedla Nat Tabboune
- 6- Quartier Saha
- 7- Lemcharef

2.3.1. Les Accès du ksar:

Ce Ksar renferme une multitude de ruelles (azkak en berbère) reliant les quartiers et donnant naissance à un véritable labyrinthe. Certaines sont couvertes, pour se protéger de la chaleur, d'autres sont découvertes, pour en assurer l'aération (figure 41). En plus de cela, le Ksar regroupait tous les ateliers d'artisanat, les petits magasins d'alimentation générale, l'école coranique et, aussi, la fameuse place de «Ladjmaât» (le parlement) où les sages du village discutaient et étudiaient toutes les affaires générales du Ksar où une véritable solidarité régnait.[46]

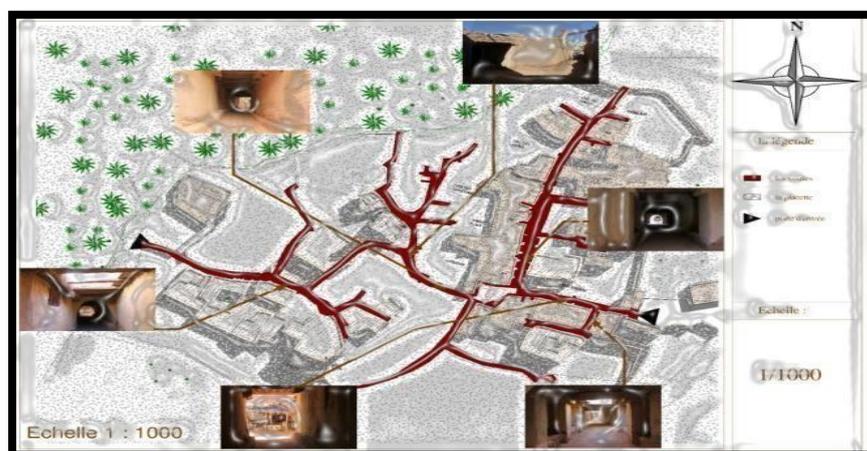


Figure II- 25 : Hiérarchisation des voies dans le Ksar de Boussemmghoun [41]

2.4. Caractéristiques technico-constructives des maisons traditionnelle du ksar Boussemgoun:

2.4.1. Les matériaux de constructions :

Les habitants du Ksar de Boussemgoun utilisent les matériaux existant dans leur environnement. Pour réaliser leurs constructions, les usagers utilisent la terre disponible sur le site qu'ils façonnent eux-mêmes en Toub après mélange avec l'eau des seguias et malaxage avec leurs pieds.

Ils font sécher le produit à l'air libre pour obtenir des pièces de toub (tine), qui serviront à la construction des murs avec des épaisseurs allant de **40 à 60 cm**. Ces derniers sont couverts à leur tour par une couche de terre.

Les planchers intermédiaires et les toitures, sont réalisés avec les troncs de palmiers comme poutrelles. Tandis que la couverture est assurée par des branches des palmiers (djrid) et de terre. [47]

ksar de Boussemgoun sont souvent construites avec des matériaux locaux disponibles dans la région, Les matériaux de construction utilisés sont :

❖ La terre :

Elle est employée dans chaque élément de structure ; dans les mortiers des murs, les briques de terre crue et comme enduit. Présente aussi dans les planchers comme couche de remplissage et dans l'étanchéité. Mise à part sa disponibilité elle assure une bonne isolation thermique et acoustique. [47]



Figure II- 26 : Revêtement des murs (Auteur)

❖ Toub:

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

Le Toub est l'un des matériaux le plus ancien en zones sahariennes, car c'est un mélange de sable et d'argile, sans adjuvant stabilisateur ou liant. [47]

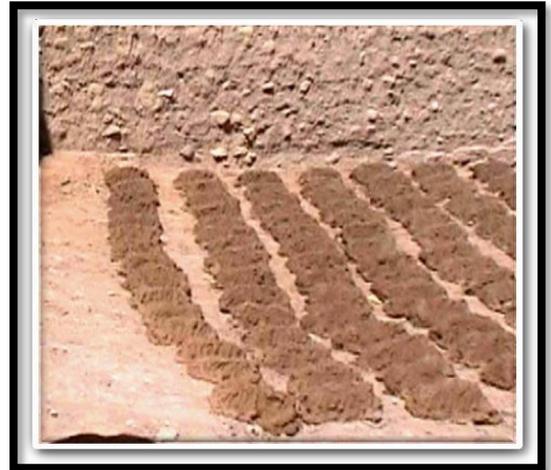


Figure II- 27: Préparation de toub [42]

❖ La pierre :

La pierre utilisée est la pierre non taillée ; des blocs de dimensions variables subissent un simple équarrissage avant d'être utilisés dans les murs et les escaliers. [47]



Figure II- 28 : La pierre utilisée dans la construction des murs
[43]

❖ Bois :

Ils utilisent les troncs des palmiers, les palmes, ces troncs sont utilisés comme des éléments poutrelles.

- Le tronc de palmier

utilisé comme une grosse poutre ou bien scié dans le sens de la longueur en deux, trois ou quatre parties qui donnerons des poutre présentant une face plane de 12cm– 15 cm sur 2m – 3m de longueur. Elle peut être aussi découpée en planches de 30cm – 40cm de longueur avec une épaisseur de 3cm pour la menuiserie (Photo II-29).[47]



Figure II- 29 : les troncs de palmiers utilisés dans les maisons [43]

❖ El defla :

Elle est d'abord séchée puis utilisée comme couche de support dans les planchers.



Figure II- 30 :EL defla utilisée dans le plancher de la mosquée (Auteur,)

2.4.2. Techniques et les éléments constructifs :

✚ Les éléments d'infrastructure :

1. Les Fondations :

Elles sont constituées de pierre et d'argile (mortier de terre), pour éviter les problèmes d'érosion et pour empêcher les remontées capillaires des eaux. Elles sont généralement filantes de 30 à 50 cm de profondeur et de 50 à 70 cm de largeur.[47]

2. Les murs de soutènements :

Ils sont utilisés pour empêcher les remontées capillaires et sur lequel on construit des murs porteurs en Adobe (Toub)[47]



Figure II-31 : Mur de soutènement d'une maison[43]

✚ Les éléments de structure verticaux :

3. Les murs porteurs :

Ils sont en soit complètement en pierre, soit en briques d'adobe, avec des fondations en pierre. L'épaisseur variable de 40 à 60 cm. L'utilisation de pierres permet de stabiliser la terre et limiter son retrait..[47]

2.5. PRESENTATION DE PROJET :

2.5.1. Description de bâtiment étudié :

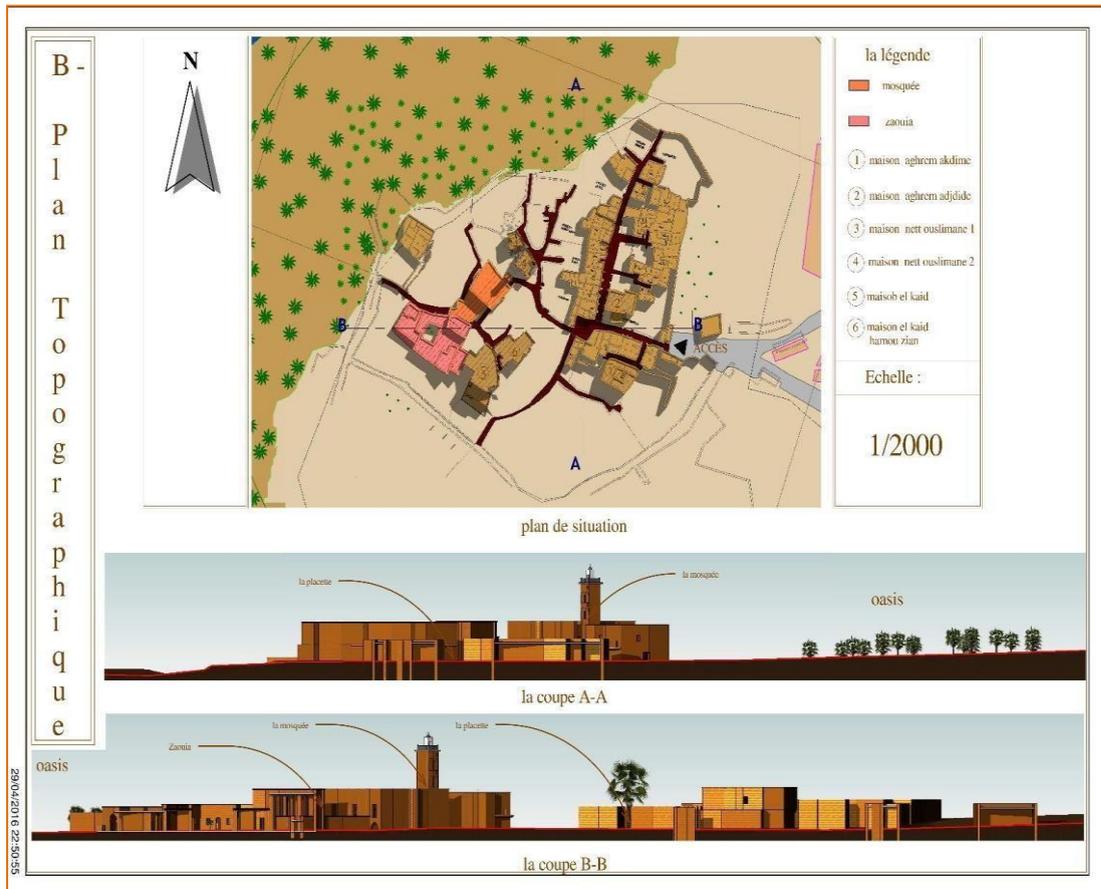


Figure II- 32: Morphologie et situation du site (Ksar de Boussemgoun. [39]

2.6 La grande mosquée:

La mosquée du ksar date de l'année 920 de l'hégire. Elle s'étend sur une superficie de 210 m² environ, d'une longueur de 15 m et d'une largeur de 14 m. [46]

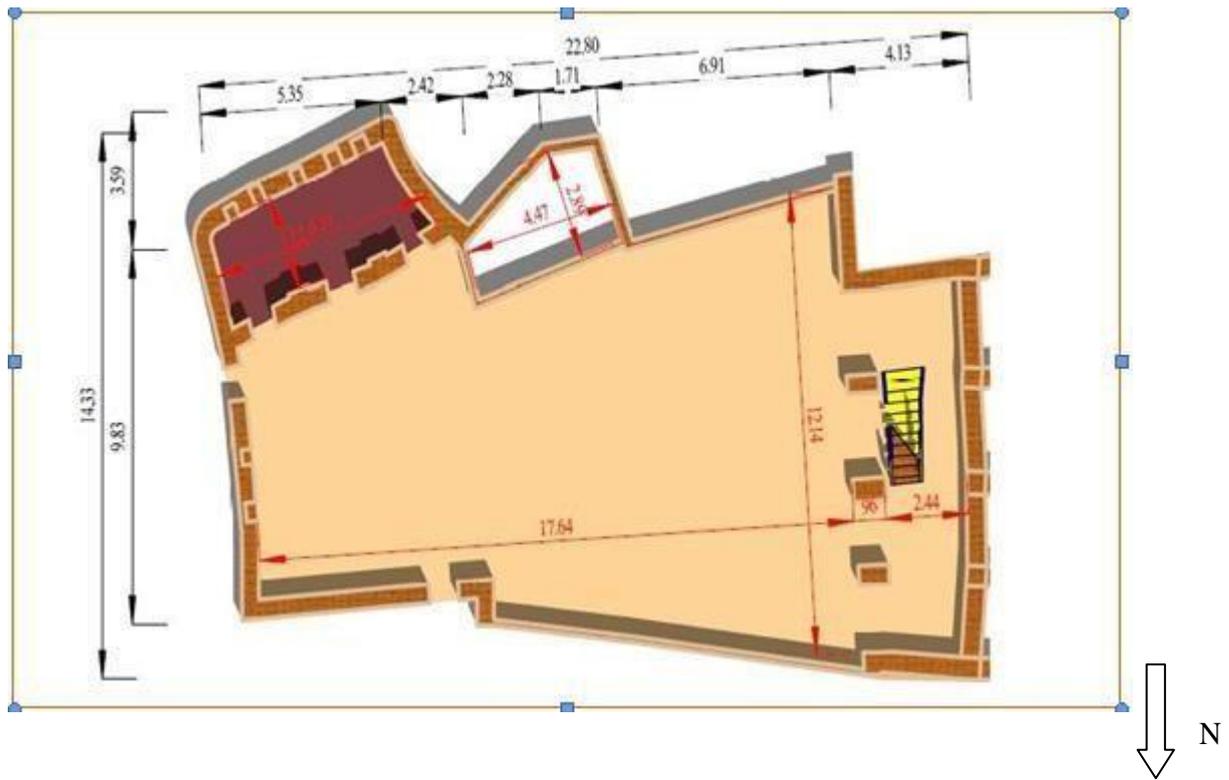


Figure II- 33 : Plan du sous sol de la mosquée du ksar de Boussemghoun[39]

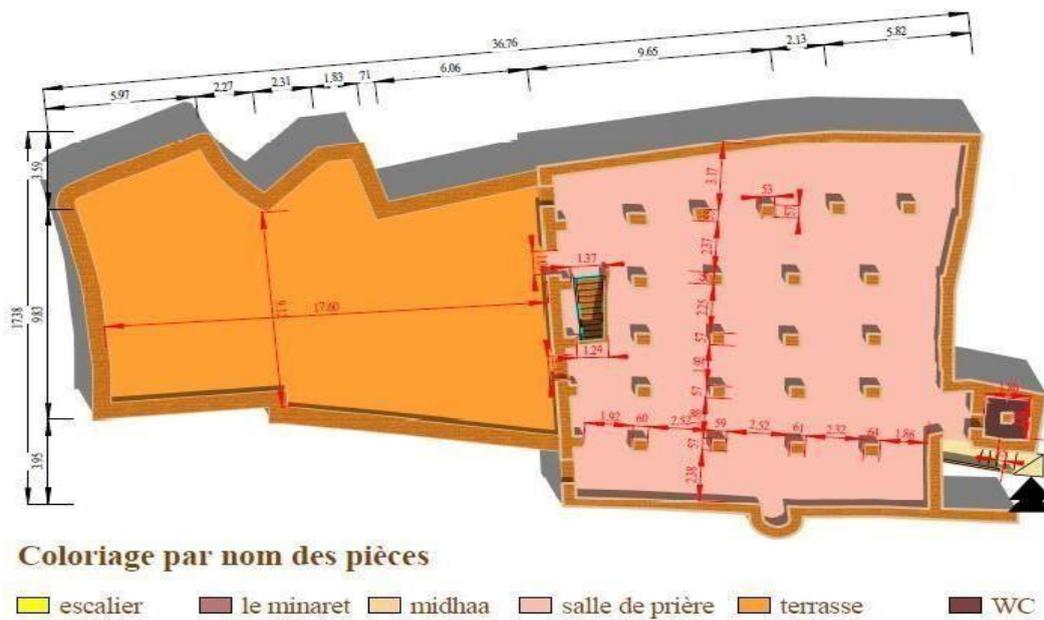


Figure II- 34 : Plan du RDC de la mosquée du ksar de Boussemghoun [39]

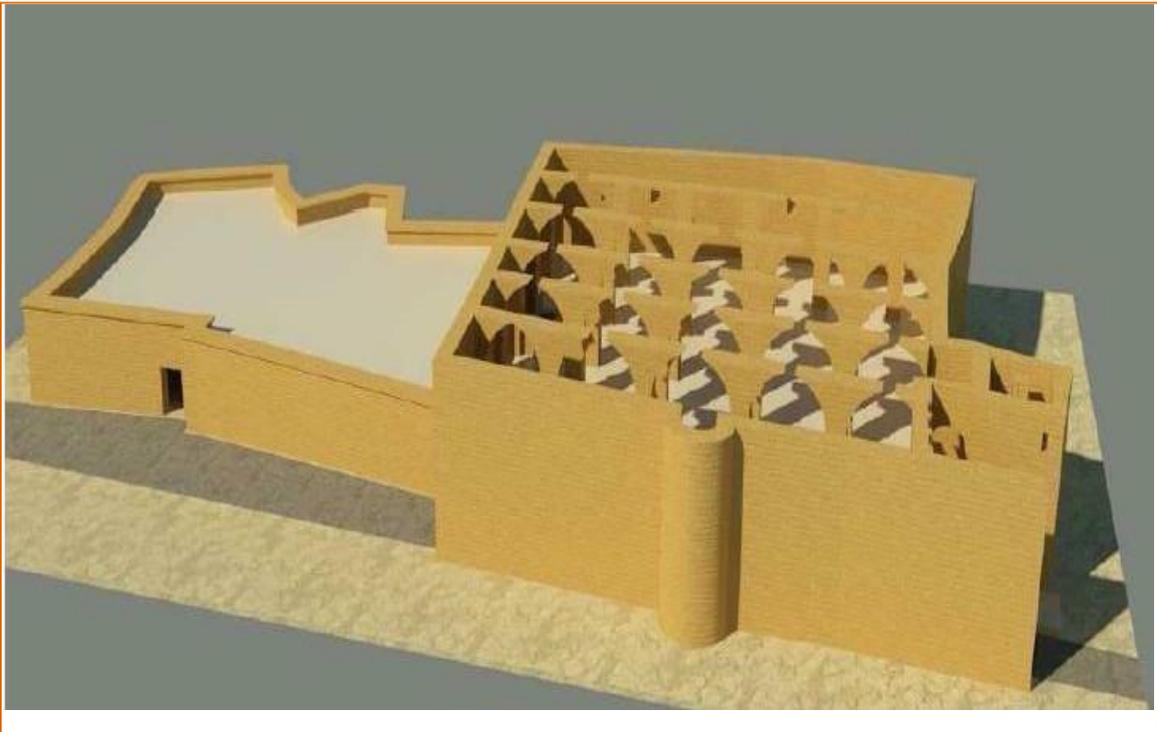
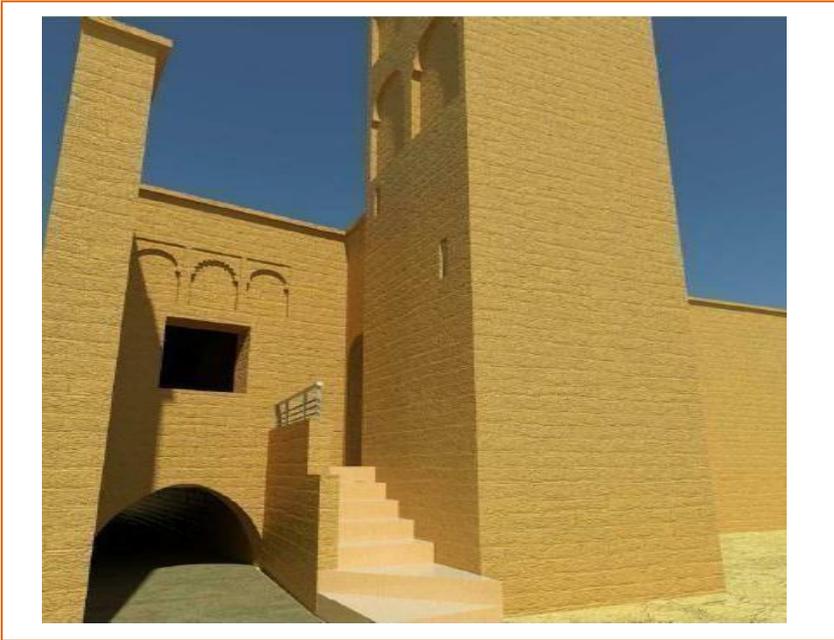


Figure II- 35 : Vue en 3 D de la mosquée et du minaret du ksar de Boussemgoun[39]

2.6.1. Les ouvertures :

Tableau II- 2 : d'ouvertures

L'ouverture	Les dimensions
	1,87 m × 0,80m une porte en bois
	Une porte en bois de 2,30m × 0,85 m
	Une deuxième porte d'une longueur de 1,74 m x 0,60 m
	(03) fenêtres rectangulaires élevées du sol sur 0,50 m et avec les dimensions suivantes 1,75 m x 1,10 m



Fenêtre
0.80×0.80

2.6.2 Toitures :

Mortier de terre e= 30cm
El defla e=6cm
Tronc de bois de palmier e=13cm



Figure II- 36 : el defla
utilisé dans le plancher
de la mosquée (Auteur,)

Le Mihrab :

il est formé d'une base carrée ayant un côté de 2,80m et une hauteur de 21 m



Figure II-37 : Le Mihrab

[43]

2.6.3 Les murs :

Tableau II- 2 : Les matériaux de construction de la mosquée

Les Matériaux	Les dimensions
<i>Mur extérieur :</i> <i>Pierre</i> <i>Mortier de terre</i>	<i>e=60cm</i> <i>e=2cm</i> <i>h=3.21m</i>
<i>Mur extérieur :</i> <i>Mortier de terre</i> <i>Pierre</i> <i>Mortier de terre</i>	<i>e=5cm</i> <i>e=20cm</i> <i>e=5cm</i> <i>h=3.70</i> <i>m</i>
<i>Mur intérieur :</i> <i>Pierre</i> <i>Mortier de terre</i>	<i>e=20cm</i> <i>e=2cm</i> <i>h=3.21</i>
<i>Planche :</i> <i>Mortier de terre</i> <i>Pierre</i>	<i>e=5cm</i> <i>e=50cm</i>
<i>Planche intermédiaire</i> <i>Pierre</i> <i>Mortier de terre</i>	<i>e=20cm</i> <i>e=20cm</i>

2.8. Détermination de la caractéristique thermo-physique de matériaux de construction :

Les tests thermiques de la pierre, du mortier de terre et du defla ont été réalisés au Centre National d'Étude et de Recherche Intégrée au Bâtiment (CNERIB) à l'aide de l'instrument de mesure CT-Mètre

2.8.1 Préparation des échantillons:

séchage et de broyage du defla :

- **Séchage** : Tout d'abord, le defla serait soumis à un processus de séchage pour éliminer l'humidité contenue dans le matériau.



Figure II- 38 :el defla (Auteur,)

- **Broyage** : Une fois defla séché, il serait broyé pour obtenir une texture et une granulométrie appropriées. Le broyage peut être réalisé à l'aide d'un équipement de broyage . Cela permet de réduire la taille des particules et d'obtenir une poudre ou un matériau finement broyé.



Figure II- 39: el defla broyé (Auteur,)

➤ **Découpage de la pierre :**



Figure II- 40 : la pierre coupée (Auteur)

2.8. CNERIB

Le centre élabore et réalise les programmes de recherche scientifique et technologique relevant de ses compétences, notamment en matière de mise au point et de développement des matériaux, produits, matériels et procédés dans le domaine de l'habitat et de l'urbanisme.[48]

1) CT Mètre :

Un appareil de mesure rapide, des caractéristiques thermiques, des matériaux homogènes et isotropes.

Le CT METRE, appareil aisément transportable, a été élaboré dans le but de permettre d'évaluer avec précision, les caractéristiques thermiques d'un certain nombre de matériaux

Le principe de fonctionnement, consiste, grâce à l'association d'un élément chauffant et d'un capteur de température (tous deux associés dans la même sonde), à mesurer l'élévation de température subie par le capteur, au cours d'une période de chauffage choisie par l'utilisateur en fonction du matériau à tester et du type de sonde utilisée. [48]

2) Le Ct mètre se compose de deux éléments :

- L'organe de commande, chargé de générer la puissance de chauffe et d'interpréter la courbe d'élévation de température induite dans le matériau à tester.
- La sonde chargée de transmettre la puissance de chauffe et de recueillir la température induite



Figure II- 41: CT METRE

La mesure des caractéristiques thermo-physiques des matériaux a été faite à l'aide de l'instrument de mesure « Ct mètre » par sonde placée entre les deux surfaces lisses du matériau étudié.[48]



Figure II- 42: mesures effectuées

Température d'essai : $T_0=24,14\text{ }^{\circ}\text{C}$

Tableau II- 3 : Pour les échantillons en Poudres

Eprouvettes	Conductivité thermique λ (W/m.k)	Chaleur spécifique (KJ/m3.k)
Mortier de terre	0.221	916.4
El defla	0.135	488.4
La pierre	2,36	3055,1

Tableau II- 4 : tableau de matériaux

la pierre :	Chaleur spécifique (KJ/m3.k)	Conductivité thermique λ (W/m.k)	Masse volumique ρ (Kg/m ³)
	3055.1	2.36	801
El defla :	Chaleur spécifique (KJ/m3.k)	Conductivité thermique λ (W/m.k)	Masse volumique ρ(Kg/m³)
	488.4	0.135	2000
Mortier de terre Bousseghoun	Chaleur spécifique (KJ/m3.k)	Conductivité thermique λ (W/m.k)	Masse volumique ρ(Kg/m³)
	916.4	0.221	455

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons obtenu les résultats des températures expérimentales durant la période estivale et hivernale, et faire les caractérisations des matériaux de construction locaux à l'aide du centre de recherche (CNRIB)

Chapitre 03

3.1 Introduction :

Afin d'étudier le comportement thermique de notre cas d'étude, nous avons choisi d'utiliser le logiciel Pléiades. Ce logiciel est largement reconnu pour sa capacité à calculer de manière précise les flux thermiques.

3.2. Présentation du logiciel : PLEIADES +COMFIE :

Ce logiciel est le produit de la collaboration entre IZUBA énergies et le Centre d'énergétique de l'école des Mines de Paris. L'ensemble du logiciel PLEIADES + COMFIE permet la conception de projets bioclimatiques en régime dynamique, l'analyse des performances et des ambiances, la formation et l'enseignement sur le comportement thermique de l'habitat.

PLEIADES + COMFIE est particulièrement adapté à la conception solaire bioclimatique et l'étude de bâtiments où la qualité thermique et environnementale des ambiances doit être particulièrement prise en compte. [49]

3.2.1 Caractérisation de logiciel pléiades version 5.21.3.0:

L'interface de logiciel caractériser par :

- **Bibliothèque** : visualiser et personnaliser les différents éléments nécessaires à la description d'un bâtiment et de son utilisation : (matériaux, composition de paroi, menuiseries, ponts thermiques, scénarios, équipements etc).
- **Modeleur** : dessiner le bâtiment, visualiser la saisie en 3D, lancer les calculs d'éclairage, de STD, de RT ou de dimensionnement.
- **Editeur** : vérifier la description du bâtiment, lancer les calculs de STD, de RT, de dimensionnement, d'analyses statistique et d'optimisation du projet.
- **Résultats** : Afficher les résultats sous forme de graphiques, de tableaux de synthèse ou de rapport personnalisables.



Figure III - 43 : Icône d'ouverture dans logiciel confie Pléiades 2022

3.2.2. PROCESSUS D'APPLICATION DES LOGICIELS :

1) Création du fichier météo logique sous logiciel pléiades :

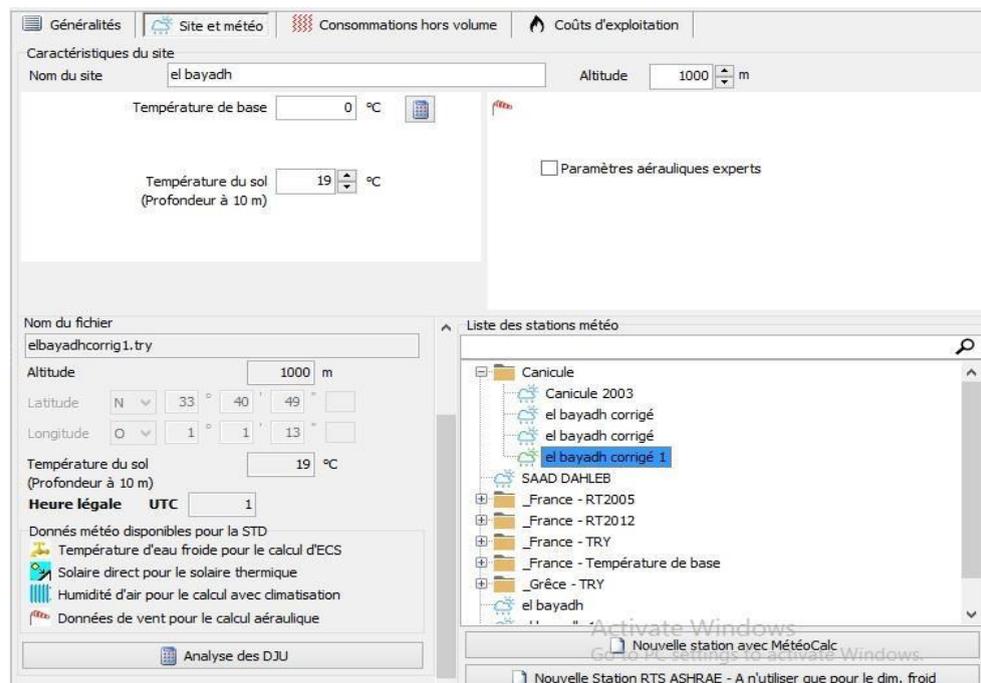


Figure III 44 : Création du fichier météo logique sous logiciel pléiades

Sous pléiades :

2) Création du matériau :

Nom	defla
Complément	
Origine	
Caractéristiques <input checked="" type="checkbox"/> ACV	
Conductivité (λ)	0.135 W/(m.K)
Masse volumique (ρ)	2000 kg/m ³
Chaleur spécifique (c)	488 J/(kg.K)
	0.136 Wh/(kg.K)
Effusivité	363 J/(K.m ² .√s)
Diffusivité	1.383E-7 m ² /s
Résistance à la diffusion de vapeur (μ)	0 -
Couleur sur le diagramme de Glaser	
<input type="checkbox"/> Est un isolant transparent	

Figure III 45 : Création de el defla

Nom	mortier de terre
Complément	
Origine	
Caractéristiques <input checked="" type="checkbox"/> ACV	
Conductivité (λ)	0.221 W/(m.K)
Masse volumique (ρ)	455 kg/m ³
Chaleur spécifique (c)	916 J/(kg.K)
	0.254 Wh/(kg.K)
Effusivité	303 J/(K.m ² .√s)
Diffusivité	5.303E-7 m ² /s
Résistance à la diffusion de vapeur (μ)	0 -
Couleur sur le diagramme de Glaser	
<input type="checkbox"/> Est un isolant transparent	

Figure III 46 : Création du mortier de terre

Nom: pierre de boussemghoun

Complément:

Origine:

Caractéristiques ACV

Conductivité (λ): 2.36 W/(m.K)

Masse volumique (ρ): 801 kg/m³

Chaleur spécifique (c): { 3055 J/(kg.K), 0.849 Wh/(kg.K)}

Effusivité: 2403 J/(K.m².√s)

Diffusivité: 9.644E-7 m²/s

Résistance à la diffusion de vapeur (μ): 0 -

Couleur sur le diagramme de Glaser:

Est un isolant transparent

Figure III 47: Création de la pierre

3) Composition des éléments constructifs :

Mur extérieur:

Nom: mur ext 1

Complément:

Origine:

Afficher les matériaux/éléments/MCP/Ponts

Caractéristiques thermiques Données RT/RE Diagramme de Glaser

Type de paroi pour le calcul des ponts thermiques et corrections de surface

Mur lourd Cloison légère

Composants	T	cm	kg/m ³	λ	R
pierre de boussemghoun	↓	60.000	481	2.36	0.25
mortier de terre boussemghoun	↓	2.000	9	0.221	0.09
Total					
		62	490	0.34	

Extérieur ↓ Intérieur

Figure III 48 :Composition de mur extérieur 1

Nom: mur ext 2

Complément:

Origine:

Afficher les matériaux/éléments/MCP/Ponts

Caractéristiques thermiques | Données RT/RE | Diagramme de Glaser

Type de paroi pour le calcul des ponts thermiques et corrections de surface

Mur lourd Cloison légère

Composants	T	cm	kg/m ²	λ	R	
mortier de terre boussemghoun	↓	5.000	23	0.221	0.23	Extérieur ↓ Intérieur
Pierre de boussemghoun	↓	20.000	160	2.36	0.08	
mortier de terre boussemghoun	↓	5.000	23	0.221	0.23	
Total		30	206	0.54		

Figure III 49 : Composition de mur extérieur 2

Mur interieur :

Nom: mur inte 2

Complément:

Origine:

Afficher les matériaux/éléments/MCP/Ponts

Caractéristiques thermiques | Données RT/RE | Diagramme de Glaser

Type de paroi pour le calcul des ponts thermiques et corrections de surface

Mur lourd Cloison légère

Composants	T	cm	kg/m ²	λ	R	
Pierre de boussemghoun	↓	20.000	160	2.36	0.08	Extérieur ↓ Intérieur
mortier de terre boussemghoun	↓	2.000	9	0.221	0.09	
Total		22	169	0.17		

Figure III 50 : Composition de mur int

Plancher bas:

Nom: planchers 1

Complément:

Origine:

Afficher les matériaux/éléments/MCP/Ponts

Caractéristiques thermiques | Données RT/RE | Diagramme de Glaser

Type de paroi pour le calcul des ponts thermiques et corrections de surface

Mur lourd Cloison légère

Composants	T	cm	kg/m ²	λ	R	
mortier de terre bousseghoun	↓	5.000	23	0.221	0.23	Extérieur ↓ Intérieur
pièce de bousseghoun	↓	50.000	401	2.36	0.21	
Total						55 424 0.44

Figure III 51 : Composition de planchers

planchers intermédiaire :

Nom: planchers intermédiaire

Complément:

Origine:

Afficher les matériaux/éléments/MCP/Ponts

Caractéristiques thermiques | Données RT/RE | Diagramme de Glaser

Type de paroi pour le calcul des ponts thermiques et corrections de surface

Mur lourd Cloison légère

Composants	T	cm	kg/m ²	λ	R	
pièce de bousseghoun	↓	20.000	160	2.36	0.08	Extérieur ↓ Intérieur
mortier de terre bousseghoun	↓	20.000	91	0.221	0.90	
Total						40 251 0.98

Figure III 52 : Composition de planchers intermédiaire

Toiture :
El defla
e=6cm

Nom : toitures 1

Complément :

Origine :

Afficher les matériaux/éléments/MCP/Ponts

Caractéristiques thermiques | Données RT/RE | Diagramme de Glaser

Type de paroi pour le calcul des ponts thermiques et corrections de surface

Mur lourd Cloison légère

Composants	T	cm	kg/m ²	λ	R	
mortier de terre boussemghoun	↓	30.000	137	0.221	1.36	Extérieur ↓ Intérieur
defla	↓	6.000	120	0.135	0.44	
tronc de boi de palmie	↓	13.000	99	0.126	1.03	
Total		49	356		2.83	

Ponts thermiques globaux intégrés

Figure III 53 : Composition de toiture 01

Nom : toitures 2

Complément :

Origine :

Afficher les matériaux/éléments/MCP/Ponts

Caractéristiques thermiques | Données RT/RE | Diagramme de Glaser

Type de paroi pour le calcul des ponts thermiques et corrections de surface

Mur lourd Cloison légère

Composants	T	cm	kg/m ²	λ	R	
mortier de terre boussemghoun	↓	30.000	137	0.221	1.36	Extérieur ↓ Intérieur
defla	↓	10.000	200	0.135	0.74	
tronc de boi de palmie	↓	13.000	99	0.126	1.03	
Total		53	436		3.13	

Ponts thermiques globaux intégrés

Figure III- 54 : composition de toiture 02

Nom : toitures 3

Complément :

Origine :

Afficher les matériaux/éléments/MCP/Ponts

Caractéristiques thermiques | Données RT/RE | Diagramme de Glaser

Type de paroi pour le calcul des ponts thermiques et corrections de surface

Mur lourd Cloison légère

Composants	T	cm	kg/m ²	λ	R	
mortier de terre boussemghoun	↓	30.000	137	0.221	1.36	Extérieur ↓ Intérieur
defla	↓	15.000	300	0.135	1.11	
tronc de boi de palmie	↓	13.000	99	0.126	1.03	
Total		58	536		3.5	

Ponts thermiques globaux intégrés

Figure III 55 : Composition de toiture03

4) Définition des paramètres constructifs sous Modeleur

Généralités | Plan | STD | RE2020 Energie | RTEx | Chauffage | AMAPOLA | INDALO | RE2020 ACV | 3D | Calcul

Modules | Données administratives | Données de construction | Bibliothèque projet | Associations ACV | Horizon | Contact TH-Bat

Jeux de caractéristiques prédéfinis

Composition par défaut des parois

Paroi externe : mur ext 1 | Paroi interne : mur inte 2

Plancher intermédiaire : planchers intermédiaire

Plancher bas : planchers 1

Pl. bas sur extérieur :

Toiture / Pl.haut : toitures 1

Conductivité du sol (λ) : 2 W/(m.K)

États de surface par défaut

Face externe : Défaut (α=0.6 ε=0.9 ρ=0.4)

Plancher : Défaut (α=0.6 ε=0.9 ρ=0.3)

Toiture externe : Défaut (α=0.6 ε=0.9 ρ=0.2)

Face interne : Défaut (α=0.6 ε=0.9 ρ=0.5)

Plafond : Défaut (α=0.6 ε=0.9 ρ=0.7)

Masques intégrés : Défaut (α=0.6 ε=0.9 ρ=0.4)

Menuiseries par défaut

Fenêtres : Fen bat bois SV 12

Appui :

Portes : Porte bois extérieure 11

Seuil de porte :

Linéau :

Tableau :

Ponts thermiques par défaut

Plancher haut : c.1 - Pl haut / mur extérieur ψ 0.71

Plancher inter. : b.1 - Pl. intermédiaire ψ 0.78

Plancher bas : a.1 - Pl. bas sur TP / mur extérieur ψ 0.55

Mur de refend (T) : d.2 - Mur / refend ψ 0.41

Hauteur de fenêtre par défaut : 1.75 m | Largeur de fenêtre par défaut : 1.1 m

Alège : 0.9 m | Retrait : 0.2 m

Hauteur de porte par défaut : 2.3 m | Largeur de porte par défaut : 0.85 m

Angle sortant : 0° < angle sortant < 135°

Angle rentrant : 225° < angle rentrant < 360°

Figure III 56 : insertion des éléments constructifs sous Modeleur.

5) **Dessin du plan sous Modeleur :**

- Caractéristiques des murs et planchers et toitures.
- Caractéristiques des Menuiseries.
- Identification des pieces.
- Identification des zones
 - ✓ Zone 1 : salle de prière
 - ✓ Zone 2 : la minaret
 - ✓ Zone 3 : WC + midhaa +escalier

- Identification des ponts thermiques.
- Identification du nord

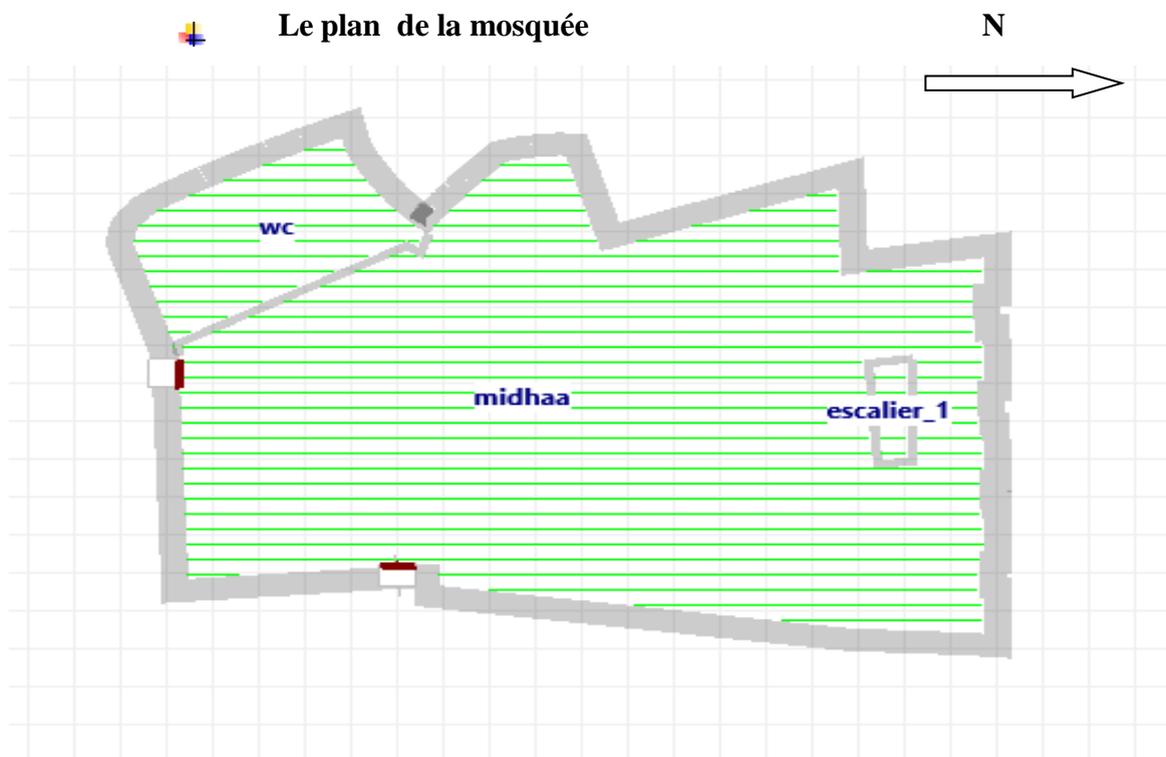


Figure III 57 : Le plan RDC

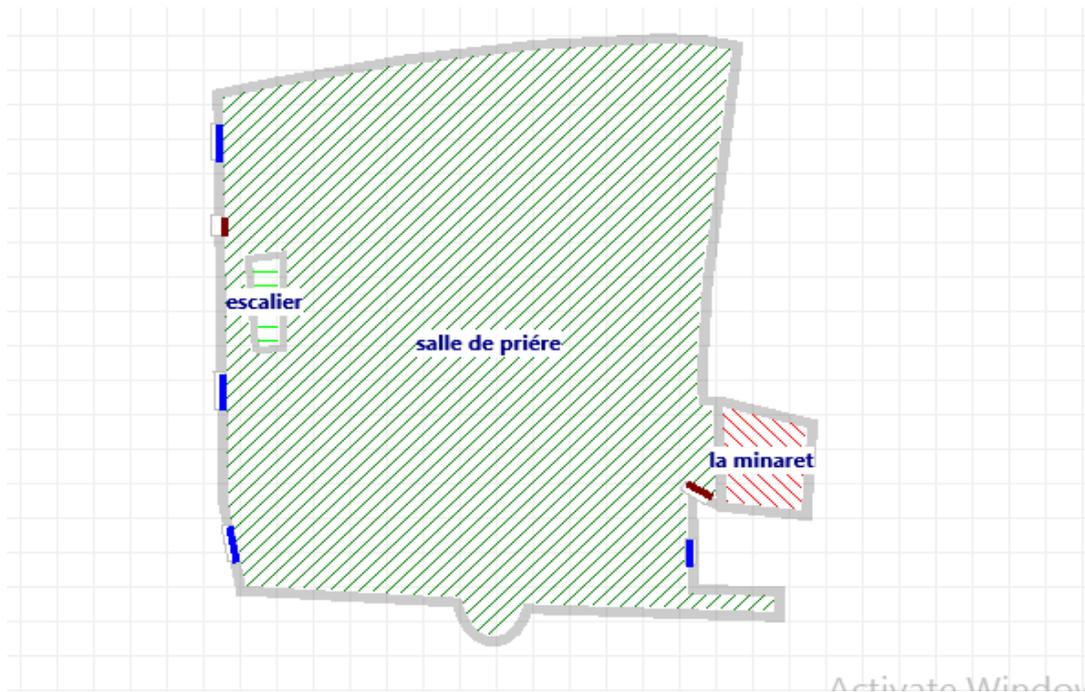


Figure III 58 : Le plan de 1^{er} étage



Figure III 59 : plan 3D

6. EXPORTER VERS PLEIADES :

➤ Sous pléiades :

Dans le cadre de cette étude des scénarios de fonctionnement vont être utilisés afin d'identifier les

Besoins en chauffage, ainsi que l'évolution des températures.

Définition des scénarios de fonctionnement :

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

➤ Scénario d'occupation :

Le scénario d'occupation permet de définir le nombre des personnes résidant dans la maison et leur fréquence de présence dans cette dernière. [50]

Le but de ce scénario est de déterminer les apports internes produit par l'occupant du logement étudié. [51]

Pour notre modélisation, nous avons créé des scénarios pour 2 zones.
Les scénarios d'occupations de la salle de prière :

Valeurs	
S	Nom
+	Value
-	Value 1
-	Value 2
-	Value 3

Jours	
S	Nom
+	Day
-	aid
-	friday

Semaines							
Nom	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
+	Day	Day	Day	Day	friday	Day	aid

Figure III 60 : Scenarios d'occupation de la salle de priere

Les scenarios d'occupations de la midhaa :

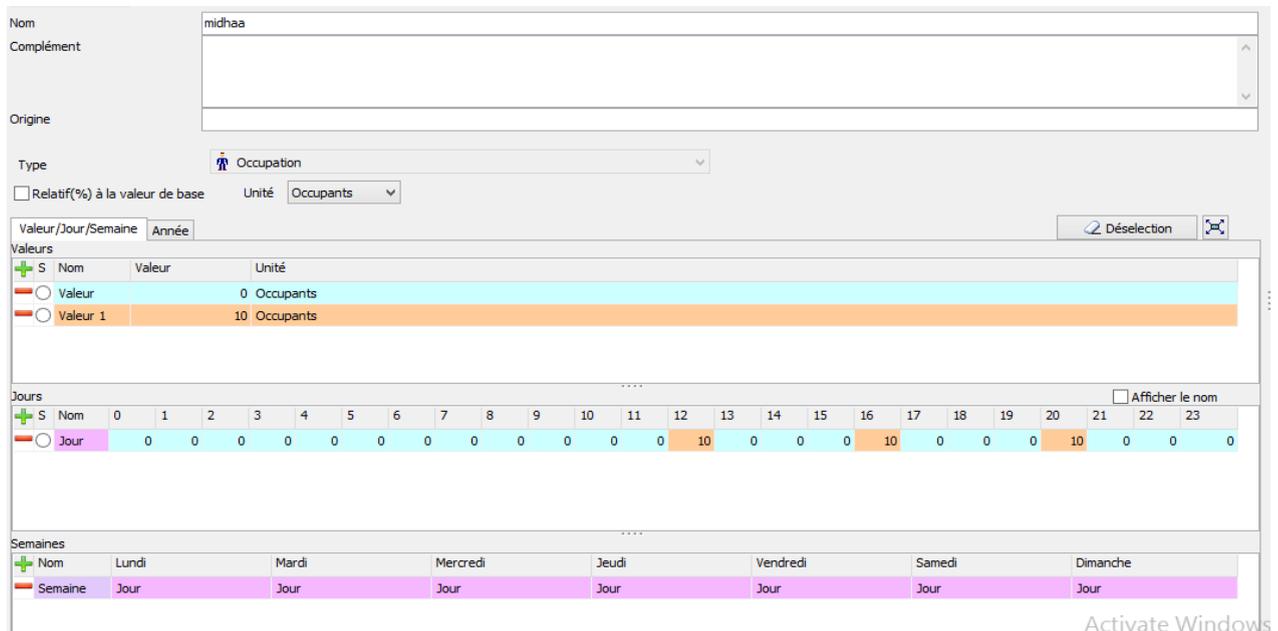


Figure III 61 : Scenarios d'occupation de la midhaa

➤ **Consigne de température :**

Les consignes de thermostat ont pour fonction de déclencher le chauffage si la température dans la pièce descend en dessous de la limite qu'on aura fixée au préalable. Pour nous le consigne de thermostat c'est juste pour déterminer les besoins de chauffage et de climatisation. [50]

L'intervalle de confort thermique est entre 20°C et 27°C.

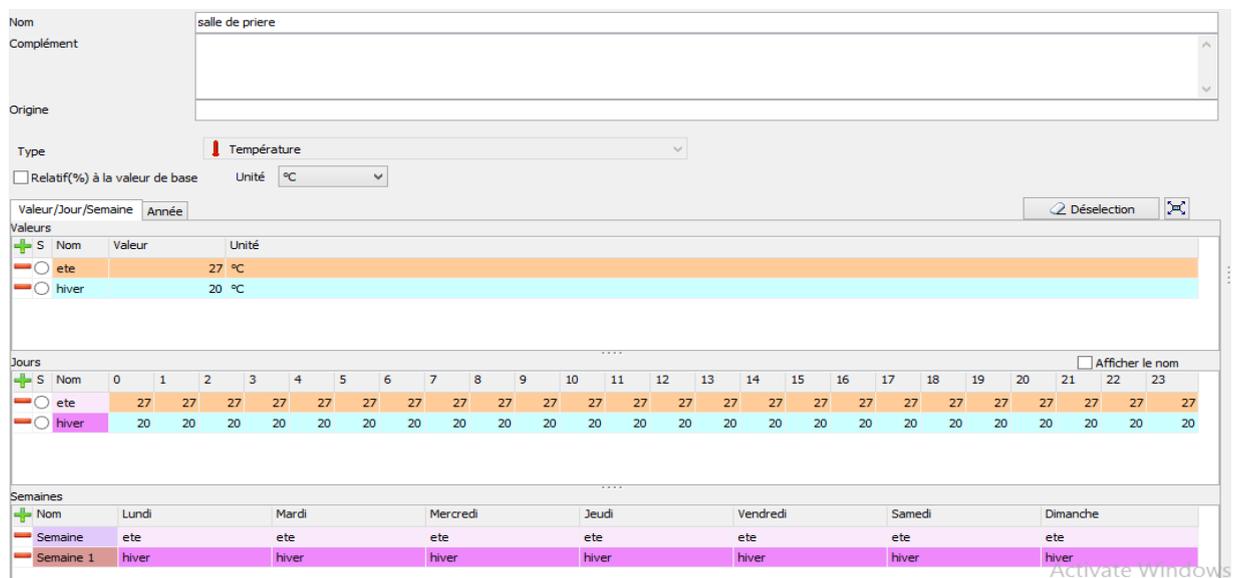


Figure III 62 : Scenarios de Consigne de température

3.2.1 On propose un taux de renouvellement standard de 0.6 du volume habitable.

➤ ventilation sans consigne :

Nom: ventilation sans consigne

Complément:

Origine:

Type: Ventilation

Relatif(%) à la valeur de base Valeur de base: 0.6 Unité: vol/h

Valeur/Jour/Semaine Année

Valeurs

S	Nom	Valeur	Unité
<input type="radio"/>	Valeur	100	%
<input type="radio"/>	Valeur 1	20	%

Jours

S	Nom	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
<input type="radio"/>	Jour hiver	20	20	20	20	20	20	20	20	20	100	100	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
<input type="radio"/>	Jour 1 ete	100	100	100	100	100	100	100	100	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	100	100	100	100	100	100

Semaines

S	Nom	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
<input type="radio"/>	Semaine	Jour hiver						
<input type="radio"/>	Semaine 1	Jour 1 ete						

Figure III 63 : scenario de ventilation sans consigne

➤ ventilation avec consigne :

Nom: ventilation avec consigne

Complément:

Origine:

Type: Ventilation

Relatif(%) à la valeur de base Valeur de base: 0.6 Unité: vol/h

Valeur/Jour/Semaine Année

Valeurs

S	Nom	Valeur	Unité
<input type="radio"/>	Valeur	20	%

Jours

S	Nom	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
<input type="radio"/>	Jour	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20

Semaines

S	Nom	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
<input type="radio"/>	Semaine	Jour	Jour	Jour	Jour	Jour	Jour	Jour

Figure III64 : scenario de ventilation avec consigne

➤ Scenario de puissance de dissipée :

Permet de simuler la chaleur émise par les appareils électroménagers ou tous cequi pourrait produire de la chaleur autre que les personnes. [50] Pour cela nous avons généré un scenario enparticulier pour chaque zone

➤ **Scenario de puissance de dissipée de zone1 :**

24 lampe de (33 Watts).

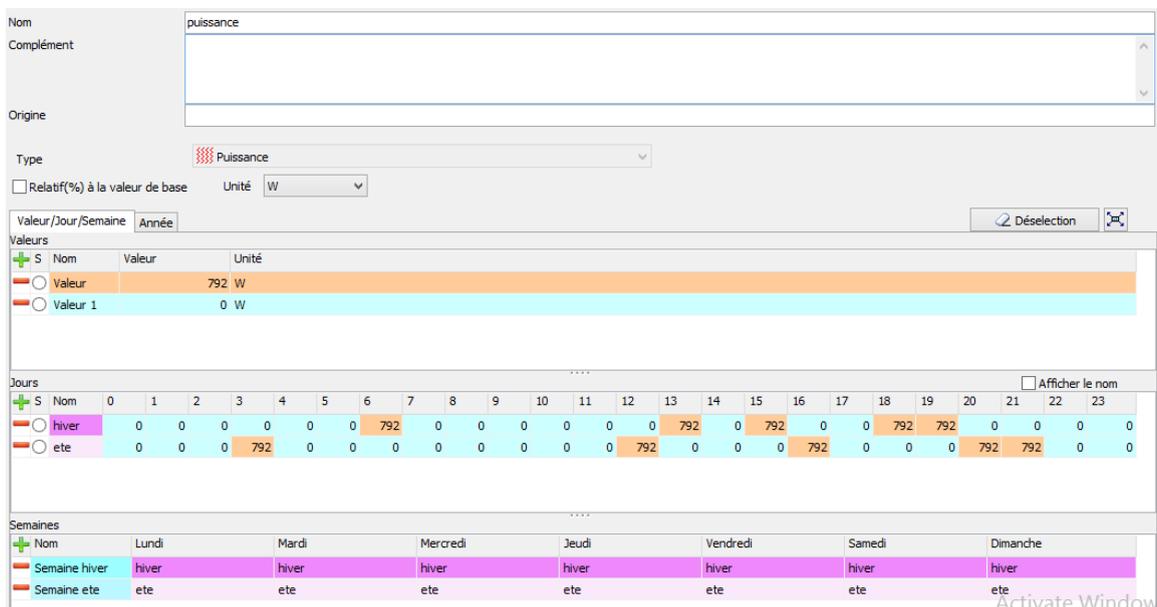


Figure III 65 : Puissance dissipée de zone1

➤ **Scenario de puissance de dissipée de zone3 :**

05 lampe de (33 Watts).

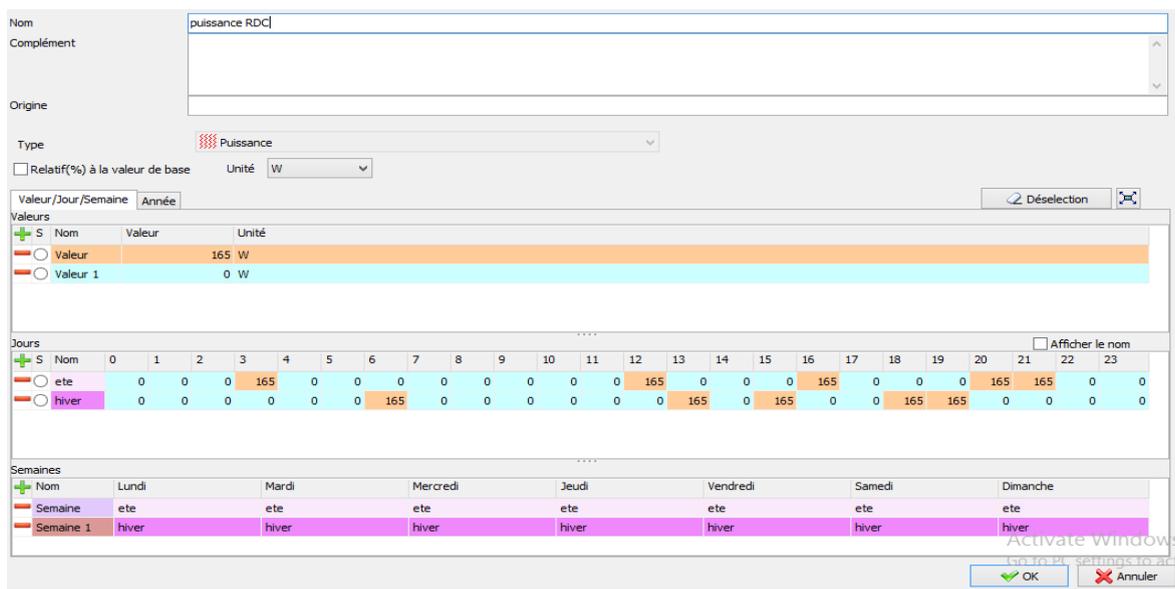


Figure III 66 : Puissance dissipée de zone3

➤ **Scénario d’occultation :**

Les scénarios d’occultations gèrent la fréquence de fermeture des volets de chaque fenêtre du logement. Il est donc possible de gérer chaque fenêtres du logement en choisissant à quelle heure on ouvre et on ferme le volet. Mais ausside combien on ouvre le volet (entre 0 et 100%). Ces scénarios ont une importance primordiale en été pour éviter les surchauffes dues au soleil. . [50]

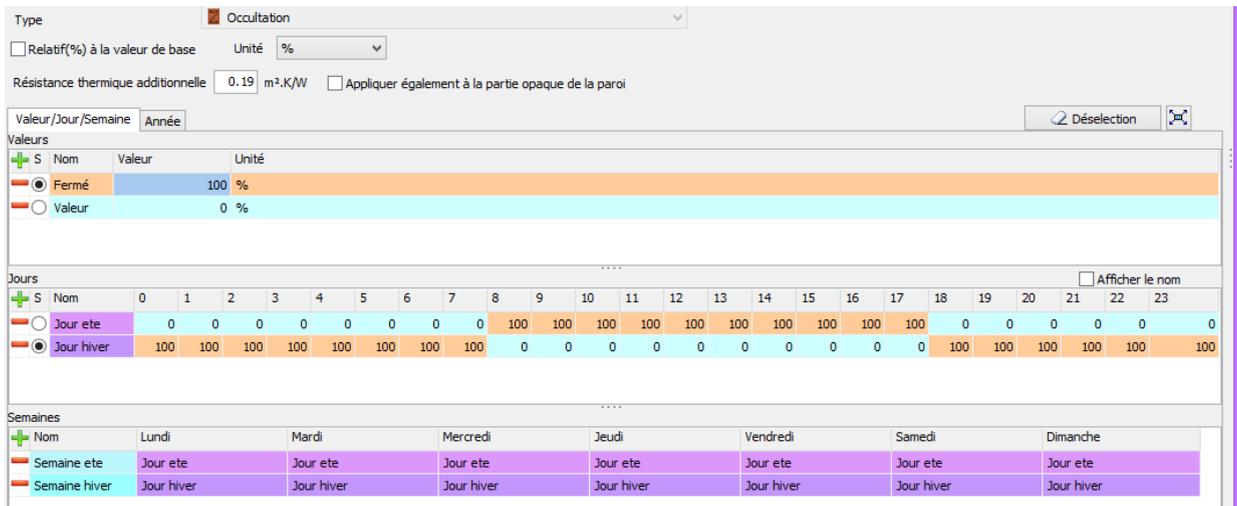
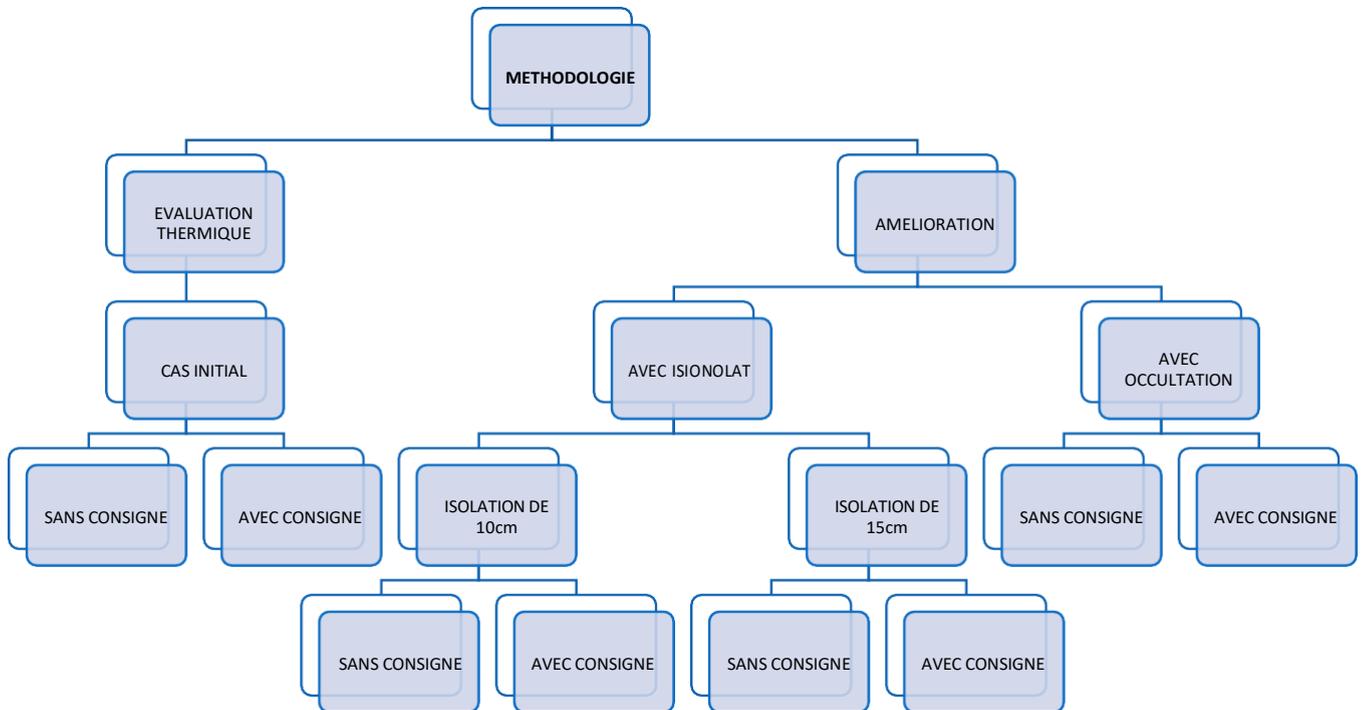


Figure III 67: Scénario d’occultation pour la mosquée

PLAN DE SIMULATION :



Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté le logiciel de simulation thermique dynamique ainsi que ces étapes, le chapitre suivant sera consacré à la présentation des résultats obtenus et leurs interprétations.

Chapitre 04

4.1. Introduction :

Dans ce chapitre, nous présenterons les résultats obtenus à partir de la simulation thermique dynamique réalisée à l'aide du logiciel Pléiades

4.1.1. Résultats de simulation du cas initial :

Après le lancement de la simulation, nous avons obtenu les résultats suivants :

❖ **Simulation sans consigne de thermostat:**

Tableau IV- 1 : résultats de la simulation du cas initial

Zones	Besoins Ch.	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T° Min	T° Moyenne	T° Max
Zone 1	0 kWh	0 kWh/m ²	0 kWh	0 kWh/m ²	0 W	0 W	4.71 °C	20.92 °C	37.49 °C
Zone 2	0 kWh	0 kWh/m ²	0 kWh	0 kWh/m ²	0 W	0 W	4.10 °C	20.13 °C	36.21 °C
Zone 3	0 kWh	0 kWh/m ²	0 kWh	0 kWh/m ²	0 W	0 W	6.90 °C	20.74 °C	34.83 °C
Total	0 kWh	0 kWh/m ²	0 kWh	0 kWh/m ²	0 W	0 W	5.71 °C	20.82 °C	36.24 °C

Zones	Apports solaires br	Conso Eclairage	Heures > T°Inconfc	Amplification de T°	Taux d'inconfort	Part de besoins net	Besoins bruts
Zone 1	3 441 kWh	0 kWh	613 h	17.29 %	60.48 %		
Zone 2	0 kWh	0 kWh	0 h	9.59 %	0.00 %		
Zone 3	763 kWh	0 kWh	307 h	8.43 %	60.35 %		

- **Synthèse:**

D’après les résultats obtenus, nous remarquons que les besoins en chauffage et climatisations sont nuls car la consigne de température n’est pas intégrée dans cette simulation.

La température maximale peut atteindre jusqu’à 36.24° et diminue jusqu’à 5.71° dans les différentes zones

❖ **La semaine la plus chaude :**

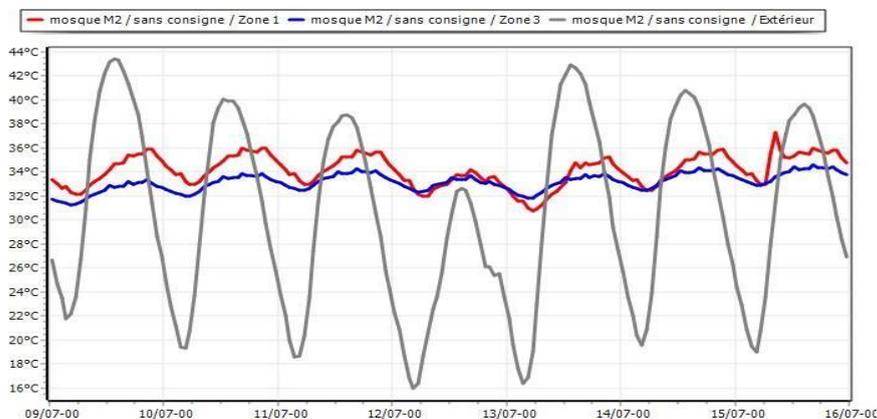


Figure IV- 68 : Evolution de température en estivale pendant la semaine la plus chaude

Synthèse:

Après simulation, nous avons obtenu les résultats qui sont présentées sur la (figureIV-1)

D'après les résultats obtenus nous avons constaté que les températures extérieures peuvent atteindre 43°C, mais à l'intérieur des différentes zones nous avons constaté que le profil des températures est presque stable avec des températures qui varient de 32°C à 33°C, l'écart de températures peut atteindre 11°C dans la zone 03, ET ça est dû à la forte inertie thermique des éléments constructifs, à l'intégration des isolants naturels dans le plancher haut(bois de palmier et el Defla) et que cette zone soit située au RDC, alors que nous avons constaté de légères fluctuations dans la zone 01 due à sa situation au 1 er étage , qu'elle reçoit plus d'apports solaires sur sa toiture et aussi à cause des apports internes l'écart est estimé à 7°C

❖ La semaine la plus froide:

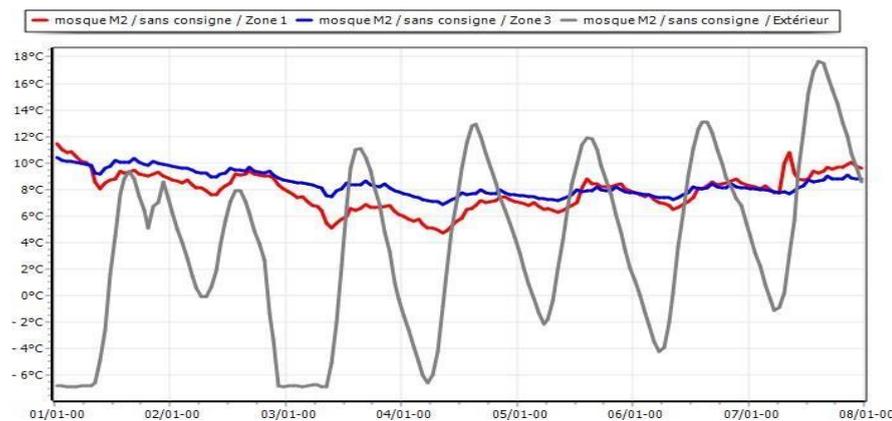


Figure IV- 69: Evolution de température pendant la semaine la plus froid

- Synthèse:

Durant la semaine la plus froide, nous avons aussi constaté que le profil est presque stable malgré que la température à l'extérieur puisse atteindre -7°C

Mais à l'intérieur les températures varient de 6°C à 10°C dans la zone 01 l'écart a été estimé à 10°C à 16°C et à l'intérieur de la zone 03 les températures sont stables et estimées à 10°C l'écart est estimé à 16°C et ça est due à l'isolation de la toiture et aussi l'inertie thermique des éléments constructifs.

❖ Simulation avec consigne température:

La simulation avec consigne température (chauffage climatisation), nous permet d'étudier de déterminer les besoins en chauffage et climatisation.

Après le lancement de la simulation, On a obtenu les résultats suivants :

Tableau IV- 2 : résultats de la simulation avec consigne du cas initial:02

Zones	Besoins Ch.	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T° Min	T° Moyenne	T° Max
Zone 1	28 659 kWh	133 kWh/m ²	11 681 kWh	54 kWh/m ²	19 123 W	20 105 W	13.94 °C	23.49 °C	31.51 °C
Zone 2	0 kWh	0 kWh/m ²	0 kWh	0 kWh/m ²	0 W	0 W	4.89 °C	20.30 °C	35.77 °C
Zone 3	0 kWh	0 kWh/m ²	0 kWh	0 kWh/m ²	0 W	0 W	9.14 °C	21.26 °C	33.51 °C
Total	28 659 kWh	133 kWh/m ²	11 681 kWh	54 kWh/m ²	19 123 W	20 105 W	11.59 °C	22.41 °C	32.50 °C

Zones	Apports solaires br	Conso Eclairage	Heures > T°Inconfc	Amplification de T°	Taux d'inconfort	Part de besoins net	Besoins bruts
Zone 1	3 441 kWh	0 kWh	67 h	3.80 %	3.49 %		
Zone 2	0 kWh	0 kWh	0 h	9.52 %	0.00 %		
Zone 3	763 kWh	0 kWh	306 h	8.43 %	53.39 %		

Visualisation graphique:

❖ La semaine la plus chaude :

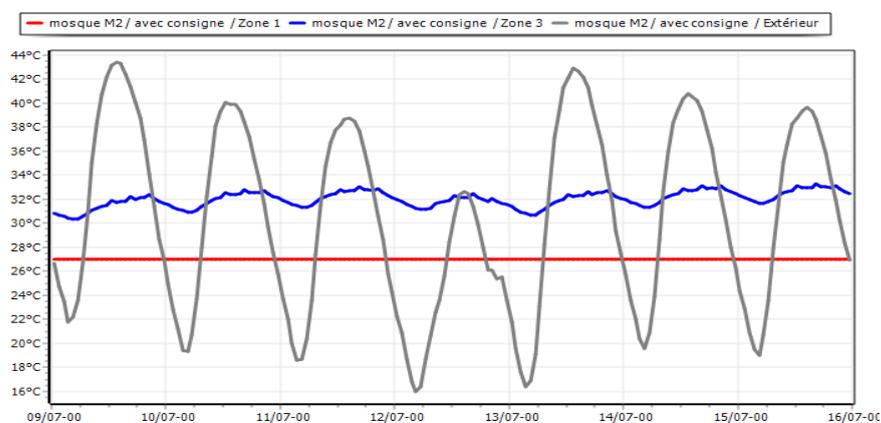


Figure IV- 70 : Evolution de température en estival pendant la semaine la plus chaude

❖ La semaine la plus froide:

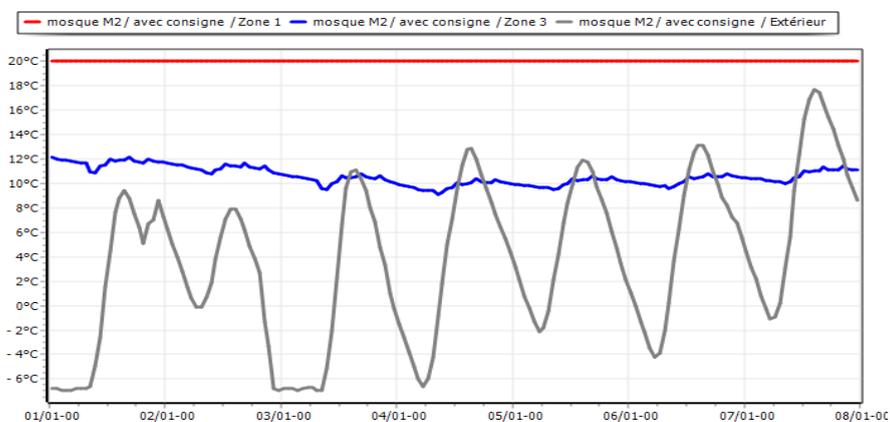


Figure IV- 71 : Evolution de température en hivernal pendant la semaine la plus froide de

- Synthèse:

D'après les résultats obtenus, et après intégration de la consigne de thermostat le confort est atteint (tableau IV-2) les besoins de chauffage ont été estimés à 28659kWh d'une moyenne de 133

kWh/m² et ceux en climatisation ont été estimés à 11681kwh d'une moyenne de 54 kWh/m².

4.1.2. Résultats de simulation des solutions proposées :

Afin d'améliorer notre cas d'étude nous avons opté pour l'amélioration du renforcement de la toiture en augmentant l'épaisseur de la toiture.

Nous propose deux épaisseurs différentes d'isolant pour la toiture

e=10cm e=15cm

❖ Simulation avec consigne température:

Simulation estevale :

➤ **Variante de 10 cm :**

Tableau IV- 3 : synthèse des résultats de la variante avec 10 cm d'épaisseur

Zones	Besoins Ch.	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T° Min	T° Moyenne	T° Max
Zone 1	0 kWh	0 kWh/m ²	0 kWh	0 kWh/m ²	0 W	0 W	4.81 °C	20.94 °C	37.61 °C
Zone 2	0 kWh	0 kWh/m ²	0 kWh	0 kWh/m ²	0 W	0 W	4.12 °C	20.14 °C	36.21 °C
Zone 3	0 kWh	0 kWh/m ²	0 kWh	0 kWh/m ²	0 W	0 W	6.97 °C	20.73 °C	34.79 °C
Total	0 kWh	0 kWh/m ²	0 kWh	0 kWh/m ²	0 W	0 W	5.80 °C	20.83 °C	36.28 °C

Zones	Apports solaires br	Conso Eclairage	Heures > T°Inconfo	Amplification de T°i	Taux d'inconfort	Part de besoins net	Besoins bruts
Zone 1	3 441 kWh	0 kWh	620 h	17.55 %	60.43 %		
Zone 2	0 kWh	0 kWh	0 h	9.60 %	0.00 %		
Zone 3	763 kWh	0 kWh	308 h	8.46 %	60.53 %		

Synthèse:

D'après les résultats obtenus, nous remarquons que les besoins en chauffage et climatisations sont nuls car la consigne de température n'est pas intégrée dans cette simulation.

La température maximale peut atteindre jusqu'à 36.28° et diminue jusqu'à 5.80°

On remarque que les températures sont plus stables par rapport au cas initial et ça est dû au renforcement de la toiture

- **La semaine la plus chaude :**

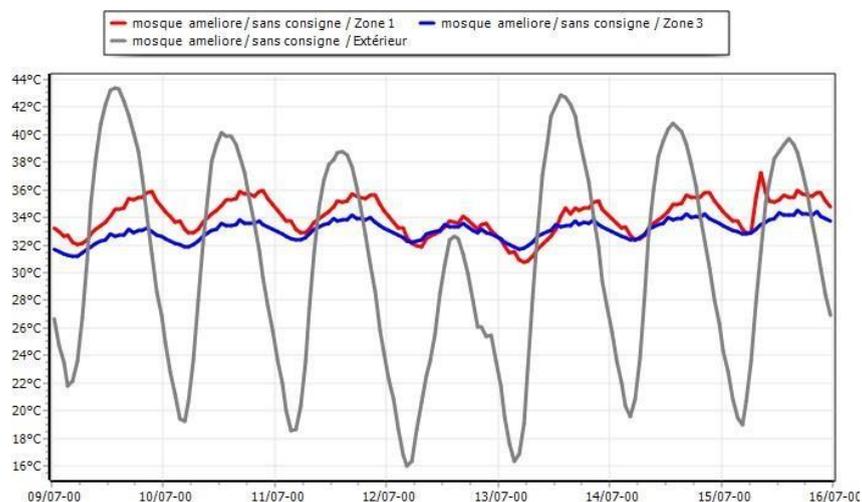


Figure IV- 72 : Evolution de température en estivale pendant la semaine la plus chaude

➤ **Variante de 15cm:**

Tableau IV- 4 : Synthèse des résultats de la variante avec 15cm

Zones	Besoins Ch.	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T° Min	T° Moyenne	T° Max
Zone 1	0 kWh	0 kWh/m ²	0 kWh	0 kWh/m ²	0 W	0 W	4.83 °C	20.89 °C	37.33 °C
Zone 2	0 kWh	0 kWh/m ²	0 kWh	0 kWh/m ²	0 W	0 W	4.11 °C	20.12 °C	36.12 °C
Zone 3	0 kWh	0 kWh/m ²	0 kWh	0 kWh/m ²	0 W	0 W	7.01 °C	20.71 °C	34.74 °C
Total	0 kWh	0 kWh/m²	0 kWh	0 kWh/m²	0 W	0 W	5.83 °C	20.79 °C	36.11 °C

Zones	Apports solaires br	Conso Eclairage	Heures > T°Inconfc	Amplification de T°	Taux d'inconfort	Part de besoins net	Besoins bruts
Zone 1	3 441 kWh	0 kWh	614 h	17.27 %	60.48 %		
Zone 2	0 kWh	0 kWh	0 h	9.57 %	0.00 %		
Zone 3	763 kWh	0 kWh	307 h	8.43 %	60.53 %		

Synthèse:

D'après les résultats obtenus, nous remarquons que les besoins en chauffage et climatisations sont nuls car la consigne de température n'est pas intégrée dans cette simulation.

La température maximale peut atteindre jusqu'à 36.11°C et diminue jusqu'à 5.83°C , on remarque une légère différence de température à l'intérieur des zones de confort entre utilisant l'épaisseur de 15 cm, l'écarta été estimé à 0.13°C et que le profil de température est plus stable.

Visualisation graphique:

- **La semaine la plus chaude :**

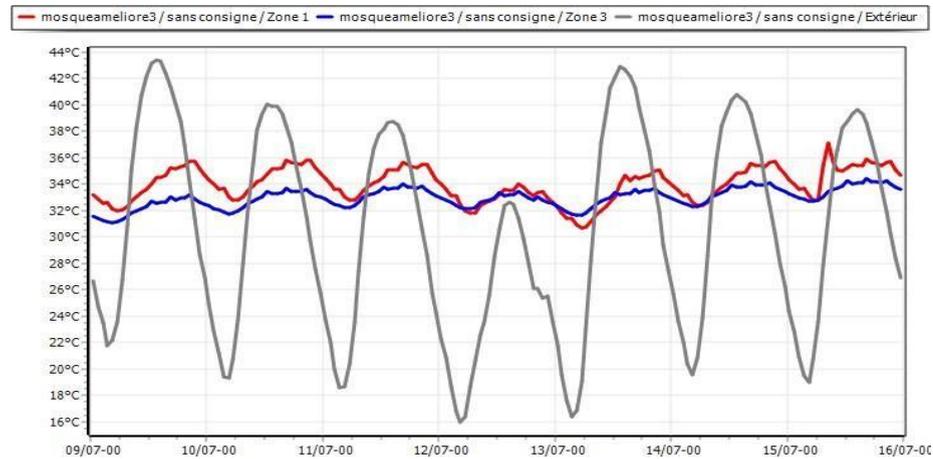


Figure IV- 73 : Evolution de température en estivale pendant la semaine la plus chaude

- Synthèse:

D'après les résultats obtenus, nous remarquons que les besoins en chauffage et climatisations sont nuls car la consigne de température n'est pas intégrée dans cette simulation.

La température maximale peut atteindre jusqu'à 36.11°C et diminue jusqu'à 5.83°C ,on remarque une légère différence de température à l'intérieur des zones de confort entre utilisant l'épaisseur de 15 cm, l'écarta été estimé à 0.13°C et que le profil de température est plus stable.

Simulation hivernale

- **Variante avec 10 Cm :**

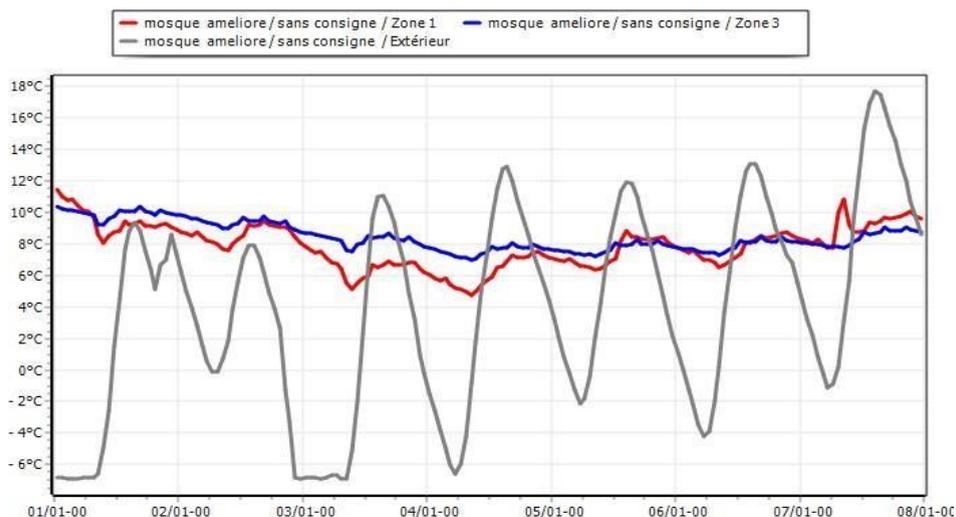


Figure IV- 74: Evolution de température en hiver pendant la semaine la plus froide

➤ **Variante avec 15 Cm :**

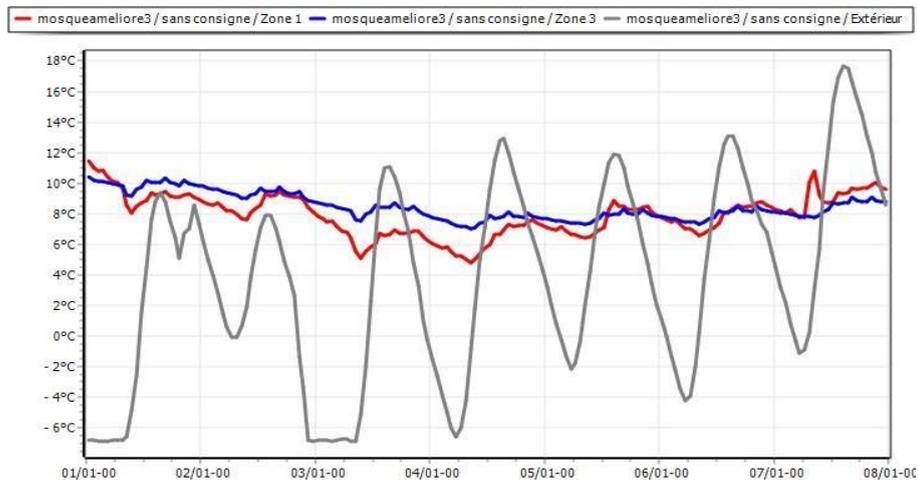


Figure IV- 75 : Evolution de température en hiver pendant la semaine la plus froide

Synthèse:

Durant la semaine la plus froide, nous avons également constaté une légère différence de température à l'intérieur des zones de confort entre l'utilisation d'une épaisseur de 10 cm et 15cm par rapport à celle de 6cm.

Les températures varient de 6°C à 10°C dans la zone 01 l'écart a été estimé à 14°C et à l'intérieur de la zone 03 les températures sont stables et estimées à 10°C l'écart est estimé à 14°C

❖ **Simulation avec consigne température:**

La simulation avec consigne température (chauffage climatisation), nous permet d'étudier l'évolution de la température, ainsi que de déterminer les besoins en chauffage et climatisation.

Après le lancement de la simulation, On a obtenu les résultats suivants :

➤ Variante avec 10 Cm

Tableau IV- 5 : résultats de la simulation

Zones	Besoins Ch.	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T° Min	T° Moyenne	T° Max
Zone 1	28 456 kWh	132 kWh/m ²	11 512 kWh	53 kWh/m ²	18 998 W	19 974 W	14.02 °C	23.49 °C	31.46 °C
Zone 2	0 kWh	0 kWh/m ²	0 kWh	0 kWh/m ²	0 W	0 W	4.89 °C	20.29 °C	35.69 °C
Zone 3	0 kWh	0 kWh/m ²	0 kWh	0 kWh/m ²	0 W	0 W	9.21 °C	21.25 °C	33.43 °C
Total	28 456 kWh	132 kWh/m ²	11 512 kWh	53 kWh/m ²	18 998 W	19 974 W	11.66 °C	22.40 °C	32.43 °C

Zones	Apports solaires br	Conso Eclairage	Heures > T°Infc	Amplification de T°	Taux d'inconfort	Part de besoins net	Besoins bruts
Zone 1	3 441 kWh	0 kWh	67 h	3.81 %	3.49 %		
Zone 2	0 kWh	0 kWh	0 h	9.51 %	0.00 %		
Zone 3	763 kWh	0 kWh	305 h	8.44 %	53.39 %		

➤ **Synthèse:**

D'après les résultats obtenus, nous remarquons que les besoins de chauffage sont estimés à 28456kwh équivalent de 132kwh/m² et ceux en climatisation sont estimés à 11512 kwh équivalent de 53kwh/m².

La température maximale peut atteindre jusqu'à 32.43°C et diminue jusqu'à 11.66°C

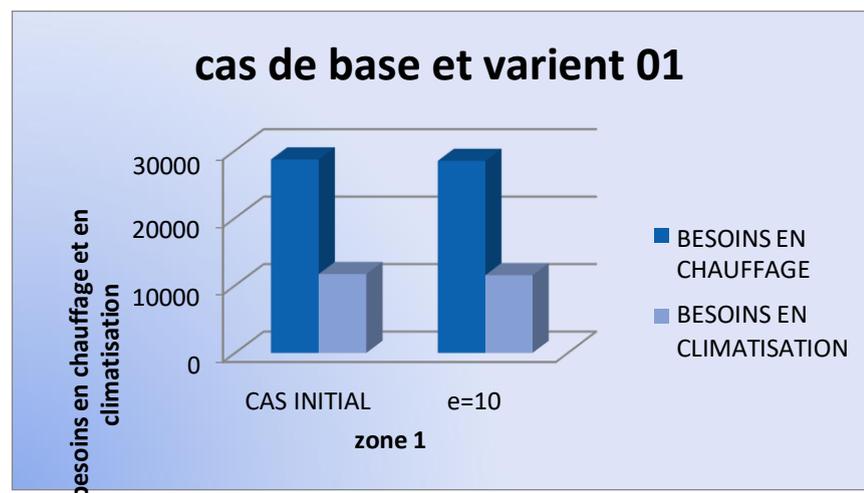


Figure IV- 76 : besoin en chauffage et climatisation

Synthèse de comparaison :

Après une comparaison qui a été faite sur les résultats obtenus présentés pour les deux

Simulations entre l'utilisation d'une (épaisseur de 10 cm) par rapport à une (épaisseur de 6 cm.), on constate :

une légère diminution des besoins en climatisation et en chauffage l'écart est estimé à 14°C

Le taux de réduction de la consommation estivale : 1.44%

Le taux de réduction de la consommation hivernal : 0.70%

➤ Variante avec 15 Cm

Tableau IV- 6 : résultats de la simulation n° :04

Zones	Besoins Ch.	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T° Min	T° Moyenne	T° Max
Zone 1	28 250 kWh	131 kWh/m ²	11 341 kWh	53 kWh/m ²	18 870 W	19 834 W	14.11 °C	23.48 °C	31.41 °C
Zone 2	0 kWh	0 kWh/m ²	0 kWh	0 kWh/m ²	0 W	0 W	4.89 °C	20.29 °C	35.68 °C
Zone 3	0 kWh	0 kWh/m ²	0 kWh	0 kWh/m ²	0 W	0 W	9.27 °C	21.23 °C	33.39 °C
Total	28 250 kWh	131 kWh/m²	11 341 kWh	53 kWh/m²	18 870 W	19 834 W	11.73 °C	22.40 °C	32.38 °C

Zones	Apports solaires br	Conso Eclairage	Heures > T°Inconfc	Amplification de T°	Taux d'inconfort	Part de besoins net	Besoins bruts
Zone 1	3 441 kWh	0 kWh	67 h	3.82 %	3.49 %		
Zone 2	0 kWh	0 kWh	0 h	9.50 %	0.00 %		
Zone 3	763 kWh	0 kWh	306 h	8.44 %	53.48 %		

Synthèse:

D’après les résultats obtenus, nous remarquons que les besoins en chauffage sont estimés à 28250kwhéquivalentde 131kwh/m²etceux en climatisation sont estimés à 11341kwhéquivalentde 53kwh/m².

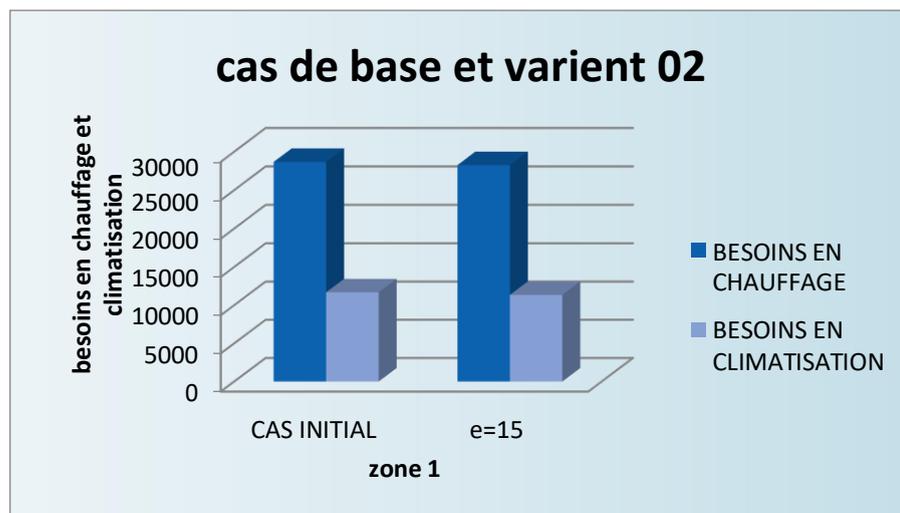


Figure IV- 77 : histogramme de besoin en chauffage et climatisation cas de base et variant 02

Synthèse:

Après une comparaison qui a été faite sur les résultats obtenus présentés pour les deux simulations entre l'utilisation d'une (épaisseur de 15 cm) par rapport à une (épaisseur de 6 cm.), on constate : une légère diminution des besoins en climatisation et en chauffage l'écart est estimé à 14°C

- Le taux de réduction de la consommation estivale : 2.91%
- Le taux de réduction de la consommation hivernale : 1.42%

4.1.3. Variante avec 15 cm d'isolation et occultation des surfaces vitrées :

❖ Simulation sans consigne température:

Tableau IV- 7: Synthèse des résultats obtenus:

Zones	Besoins Ch.	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T° Min	T° Moyenne	T° Max
Zone 1	0 kWh	0 kWh/m ²	0 kWh	0 kWh/m ²	0 W	0 W	4.76 °C	20.73 °C	37.19 °C
Zone 2	0 kWh	0 kWh/m ²	0 kWh	0 kWh/m ²	0 W	0 W	4.10 °C	20.11 °C	36.11 °C
Zone 3	0 kWh	0 kWh/m ²	0 kWh	0 kWh/m ²	0 W	0 W	6.94 °C	20.67 °C	34.70 °C
Total	0 kWh	0 kWh/m ²	0 kWh	0 kWh/m ²	0 W	0 W	5.76 °C	20.70 °C	36.02 °C

Zones	Apports solaires brut	Conso Eclairage	Heures > T°Inconfort	Amplification de T°Ex	Taux d'inconfort	Part de besoins nets	Besoins bruts
Zone 1	1 868 kWh	0 kWh	580 h	16.91 %	59.11 %		
Zone 2	0 kWh	0 kWh	0 h	9.57 %	0.00 %		
Zone 3	763 kWh	0 kWh	302 h	8.48 %	60.07 %		

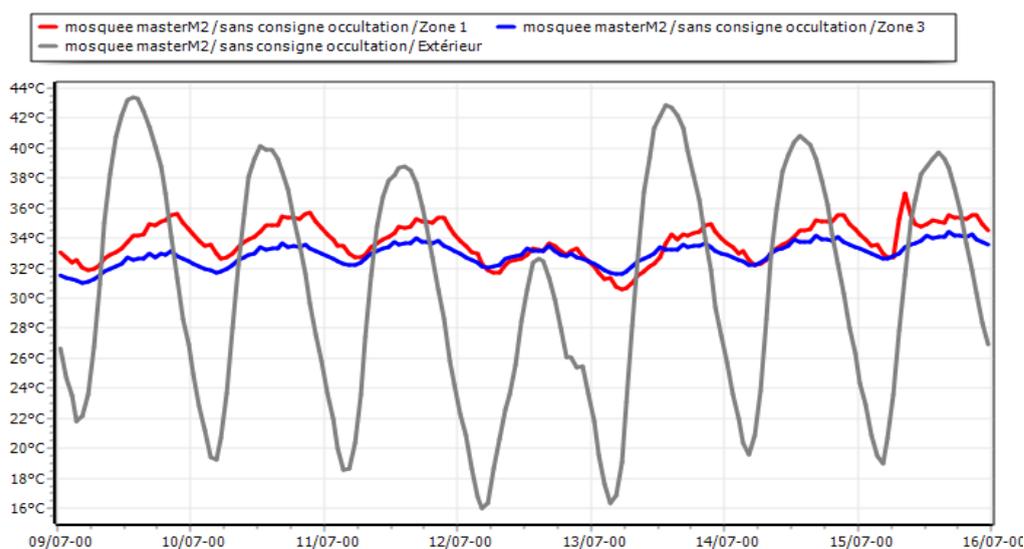


Figure IV- 78: Evolution de température en estivale pendant la semaine la plus chaude

❖ La semaine la plus chaude:

Synthèse:

Après l'intégration du scénario de l'occultation, nous avons constaté une diminution des températures. l'écart est estimé à 9°C dans la zone 01 et à 12°C dans la zone 03 et cela est dû à la forte inertie thermique des éléments constructifs et à l'intégration du scénario de l'occultation est ce qui a permis de minimiser les apports solaires reçus sur les surfaces vitrées

- Simulation avec consigne température:

La simulation avec consigne température (chauffage climatisation), nous permet d'étudier l'évolution de la température, ainsi que de déterminer les besoins en chauffage et climatisation.

Résultats de la simulation:

Après le lancement de la simulation, On a obtenu les résultats suivants :

Tableau IV-8: résultats de la simulation

A laisser les résultats de la simulation estivale et ceux de la simulation avec isolation de 15 cm

Zones	Besoins Ch.	Besoins Ch.	Besoins Clim.	Besoins Clim.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T° Min	T° Moyenne	T° Max
Zone 1	28 565 kWh	132 kWh/m ²	10 632 kWh	49 kWh/m ²	18 870 W	19 573 W	14,01 °C	23,43 °C	30,87 °C
Zone 2	0 kWh	0 kWh/m ²	0 kWh	0 kWh/m ²	0 W	0 W	4,89 °C	20,28 °C	35,68 °C
Zone 3	0 kWh	0 kWh/m ²	0 kWh	0 kWh/m ²	0 W	0 W	9,25 °C	21,22 °C	33,39 °C
Total	28 565 kWh	132 kWh/m ²	10 632 kWh	49 kWh/m ²	18 870 W	19 573 W	11,67 °C	22,36 °C	32,11 °C

Zones	Apports solaires brut	Conso Eclairage	Heures > T°Inconfort	Amplification de T°Ex	Taux d'inconfort	Part de besoins nets	Besoins bruts
Zone 1	1 868 kWh	0 kWh	64 h	3,81 %	3,34 %		
Zone 2	0 kWh	0 kWh	0 h	9,50 %	0,00 %		
Zone 3	763 kWh	0 kWh	303 h	8,51 %	53,21 %		

Synthèse:

Après l'intégration des occultations aux fenêtres, Nous avons constaté que les besoins ont été estimés à 10632 kWh équivalent de 49 kWh/m².

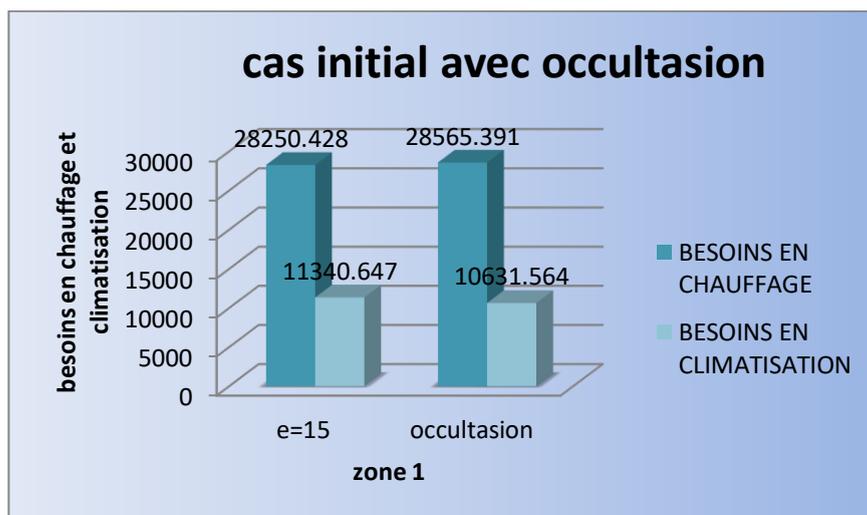


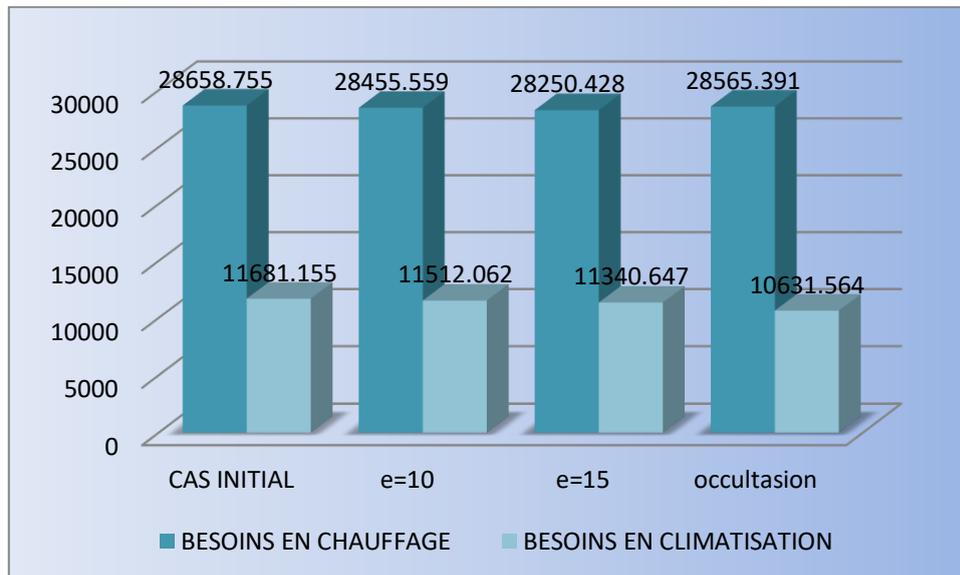
Figure IV- 80: besoin en chauffage et climatisation cas initial avec occultation

Synthèse :

Lors de l'analyse des résultats, les besoins en climatisation ont diminué, passant de 11 340.647 kWh à 10631.564 kWh

Le taux de réduction de la consommation estivale : 6.07%

Synthèse :



- Période estivale :

On peut remarquer que lorsque l'occultation est ajoutée, les besoins de climatisation deviennent les plus faibles.

- Période hivernal :

Les besoins de chauffage sont réduits au minimum lorsqu'on utilise la variable 2

Conclusion :

En conclusion, les résultats obtenus dans ce chapitre démontrent que les matériaux de construction locaux utilisés dans la mosquée de Boussemgoune s'adaptent parfaitement aux conditions climatiques de la région. Pour améliorer davantage l'efficacité énergétique, on peut envisager d'ajouter une isolation naturelle au niveau du plafond afin de minimiser les besoins de chauffage. De plus, l'utilisation d'une occultation peut être une solution en été.

Conclusion générale

Il est possible d'obtenir un confort thermique satisfaisant dans les habitations en utilisant une méthode simple qui consiste à choisir soigneusement les matériaux de construction et à adapter l'organisation spatiale en fonction du climat régional.

Dans le sud-ouest de l'Algérie, qui est caractérisé par un environnement hostile en raison des conditions climatiques, la préoccupation principale concerne le confort thermique pendant les périodes estivales et hivernales. Des recherches ont montré que l'utilisation des matériaux locaux est la solution la plus adéquate pour s'adapter aux conditions climatiques de ces régions.

L'étude menée a permis d'évaluer l'impact de l'utilisation de ces matériaux sur la performance énergétique de la mosquée traditionnelle de la région de Boussemmghoune

L'étude expérimentale a permis d'identifier les matériaux de constructions utilisées et même de déterminer leurs caractéristiques thermo-physiques.

L'étude paramétrique faite à l'aide de la simulation thermique dynamique a permis d'évaluer l'impact des solutions passives intégrées dans notre cas d'étude et qui permettent d'atteindre de stabiliser le profil de température et d'atteindre un écart de 12°C durant la période estivale de 16°C durant la période hivernale. Aussi l'intégration de l'occultation pendant la période estivale a permis de réduire les températures par rapport au cas initial.

Les résultats obtenus lors de cette étude ouvrent une nouvelle perspective de recherche est celle de l'élaboration d'un matériau bio-composte à base de defla et qui peut être utilisé pour l'isolation des bâtiments résidentiels et tertiaires de la région d'El Baiedh

Références Bibliographiques

- [1] LAMOURI Hafsa, Etude des maçonneries entre tradition et modernité. Pratiques au sud Algérien ,Adrar ,2022
- [2] Guide de l'éco constructions. Wwww.cc-decazeville-aubin.fr
- [3] écoconso. Les Maisons Bioclimatiques Fiches-Conseils N°156. écoconso, www.ecoconso.be. (2013).
- [4] Samuel GOURGEY et Jean-Pierre OLIVIA. La conception bioclimatique : En neuf et en réhabilitation.
- [5] <https://energieplus-lesite.be/theories/enveloppe9/autres-phenomenes-thermiques/inertie-thermique/>
- [6] <https://www.xpair.com/lexique/definition/conductivite-thermique.htm>
- [7] 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.
- [8] M-SEMMAR-D :« conception bioclimatique ».
- [9] Internet « Livre conception bioclimatique »
- [10] Khadidja Hamdi 2016 . Mémoire master habitat bioclimatique ;étude thermique d'une maison traditionnel cas de Tamanrasset »
- [11] Tiffrent fayçal(etude analytique de l'habitation traditionnelle aoussienne (cas de menaa)), algérie,2016
- [12] André Ravéreau (le m'Zab, une leçon d'architecture). P13
- [13] CHACHOUA Djamel, TECHNIQUES ET MATERIAUX DE CONSTRUCTION DEL'ARCITECTURE DES KSOUR, (Blida)2017
- [14] 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.
- [15] CAPOT REY R., « Greniers domestiques et greniers fortifiés au Sahara : le cas du Gourara », in Travaux de l'irs, t. XIV, 1956, pp. 139-159.
- [16] ÉCHALLIER J.-C., « Sur quelques détails d'architecture du Sahara », in Le saharien, n° 42 et 44,Paris, 1966-67.
- [17] CAPOT REY R., « Greniers domestiques et greniers fortifiés au Sahara : le cas du Gourara », in Travaux de l'irs, t. XIV, 1956, pp. 139-159
- [18] Publication Mustapha Ameer Djeradi-L'ARCHITECTURE KSOURIENNE (ALGÉRIE) entre signes et significations, 2012-2013
- [19] Publication d'architecture traditionnelle. Camélo
- [20] Nasri Manel mémoire de magistère détérioration du patrimoine architectural des ksour. Cas du ksar de khanguet sidi Naji 2006-2007.
- [21] **Hassan Fy** , architecture of mosque p29

- [22] S.M.A. Bekkouche 1, T. Benouaz 2 et A. Cheknane Etude par simulation de l'effet d'isolation thermique d'une pièce d'un habitat dans la région de Ghardaïa (2007)
- [23] Medjelakh* et S. Abdou Impact de l'inertie thermique sur le confort hygrothermique et la consommation énergétique du bâtiment (2008) Laboratoire de l'Architecture Bioclimatique et l'Environnement, 'A.B.E' Institut d'Architecture, Université Mentouri, Constantine, Algérie
- [24] . A. Kemajou et L. Mba Matériaux de construction et confort thermique en zone chaude Application au cas des régions climatiques camerounaises (2011). Université de Douala Laboratoire de Froid et Climatisation, Ecole Normale Supérieure d'Enseignement Technique, 'ENSET'
- [25] A.Djelloul*, b.Draoui**, n.Moumami simulation du comportement énergétique des bâtiments résidentiels au sud algérien (2013) *Département d'Architecture, université de Biskra Département de Mécanique, université de Bechar
- [26] TIBERMACHINE ISLAM L'impact de la typologie des habitats collectifs sur les conditions thermiques intérieures et l'efficacité énergétique – Cas de climat chaud et sec(2016) Université Mohamed Khider– Biskra
- [27] NEFIDI.H, OUKACI.S¹, HAMID AEK¹.SEMMAR.D Etude thermique d'une maison traditionnelle en Algérie, cas de Oued Souf (2017) LTSM, Université de Blida 1 Blida .
- [28] Abidallah Chafia Etude thermique d'une maison traditionnelle cas de In Salah (2017) UNIVERSITE SAAD DAHLAB – BLIDA 1
- [29] Meriem Madhoui-Benchikha 1 *, Djamel Alkama *Performance thermique de l'ouverture horizontale dans les maisons traditionnelles du vieux Biskra. Cas de la maison traditionnelle à Bab Edarb (2018)*
- [30] (total energies)
- [31] (google image)
- [32] ademe (2002)
- [33] Alain CHATELET 1889
- [34] ZEBODJI, Sihem. *L'Espace Ksourien Monographie du Ksar Echeikh, Ouled Said, (Timimoun)*
- [35] BOURAS WISSEM, EL KEBOUB AMIRA. 2018
- [36] Mustapha Ameur Djeradi
- [37] **Guide de la diversité biologique de la wilaya d'El Bayadh-D.E-2021**
- [38] *Météonorme*
- [39] *Centre Algérien du Patrimoine Culturel Bâti en Terre, 2012)*
- [40] Ait Saadi, 2019
- [41] Khaldoun, 1990
- [42] M.H. AIT SAADI 2017
- [43] *Direction de la culture, EL BAYAD*
- [44] LAHMAR ZINEB, 2021
- [45] Mohamed Hadeid, Abed Bendjelid, Jacques Fontaine et Serge Ormaux, « Dynamique spatiale d'un espace à caractère steppique : le cas des Hautes Plaines sud-oranaises (Algérie) », Cahiers de géographie du Québec, vol. 59, n° 168, 2015, p. 469–496
- [46] BOUHADJAR Souad, Approche Sociolinguistique des Noms des Lieux en Algérie Cas de la toponymie de Bousseghoun, Thèse de Doctorat, Université Abou Bekr Belkaid -Tlemcen. 2015, p45.
- [47] m.h. Ait saadi, b. Remini, a. Farhi, le ksar de bousseghoun: identification de son patrimoine et perspectives de promotion du tourisme saharien
- [48] AIT SAADI Mohamed Hocine, Thèse présentée en vue de l'obtention du diplôme de Doctorat, Spécialité : Architecture, « l'urbanisme en milieu aride : environnement et développement durable-cas des ksour de bousseghoun et tiout », Université Mohamed Khider – Biskra, p111.
- [49] <https://www.smee.fr/52-est-metre.html>
- [50] Mémoire pour l'obtention du Master « bioclimatisation et confort thermique : analyse de la conception du bâtiment à partir du logiciel COMFIE + PLEIADES » Présenté par ABDERAMANE Choua. Le 18 juin 2011

[51] Mémoire de Master en Génie Mécanique « intégration du système actif dans le bâtiment » présentée par : Mme OUKACI SOUMIA

[52] Mémoire de Master en Génie Mécanique « Amélioration Energétique D'un Habitat Situé A Blida » présentée par : Mr. Meghari talal 2011/2012