

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SEPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE SAAD DAHLEB BLIDA 01**



**Faculté des Sciences et Technologies**

**Département des Energies Renouvelables**

**MEMOIRE DE MASTER**

**ENERGIE RENOUEVABLE ET HABITAT BIOCLIMATIQUE**

Thème :

**Impact de l'intégration du rafraichissement  
par humidification adiabatique dans l'habitat  
du climat aride**

**(Cas du Ksar Tfilelt)**

Réalisé par :

CHERIFI ZAKARIA

ZOUGAIE OUSSAMA

*Devant le jury composé de :*

DJ SEMMAR	PR	Président
DJ LAFRI	PR	Examineur
A.HAMID	PR	Promoteur
S.OUKACI	DR	Co-promotrice

**2019/2020**

## **Remerciements :**

Tout d'abord, nous remercions DIEU Allah le Tout Puissant, de nous avoir donné la volonté et le courage et la patience afin d'arriver à la finalité de ce modeste travail. Nous remercions nos parents qui nous ont beaucoup soutenues pendant toute notre formation Et qui continueront sans aucun doute à nous aider dans tous nos futurs projets.

Nous tenons à remercier nos promoteurs:

Mr A.HAMID et Mme S.OUKACI, pour avoir guidés notre travail et notre réflexion avec intérêt, rigueur et disponibilité Surtout Mme OUKACI qui nous a aidés jusqu'aux dernières minutes

N'oublions pas de remercier mes Frères (moncef, abd elbari,anis,akram et abd el fetah) , ma cousine asma et enfin nos amis nounou , Amine, abd elghafar  
Ainsi qu'à tout mes amis et mes collègues dans l'université. (cherifi)

Mon frère achraf et mes amis hichem et fouad et ma grande mere. (zougaié)

Nous tenons aussi à remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réussite de notre travail de fin d'étude.

Et finalement un grand merci à tous les enseignants du département des énergies renouvelables (Mr SEMMAR, Mr HAMID, Mr LAFRI, Mr AIT SAHED ainsi que Mr KOUSSAILA) de l'université de Blida qui ont assuré notre formation durant nos cinq années d'étude.

**GRAND MERCI A TOUS**

## **Résumé :**

Parmi les enjeux majeurs de l'état la réduction de la consommation énergétique dans le bâtiment, plusieurs projets bioclimatiques ont été élaborés dans ce cadre, parmi eux le ksar Tafilelt dans la wilaya de Ghardaïa. Le travail entrepris dans ce mémoire a eu comme objectif l'évaluation thermique du ksar ainsi que l'amélioration du confort intérieur et la vérification de l'impact de l'intégration du rafraîchissement par humidification sur le confort.

Dont le but d'atteindre ces objectifs une simulation thermique dynamique a été faite à l'aide du logiciel pleaidés qui a permis l'évaluation thermique du cas d'étude et une étude théorique a permis la vérification de l'humidification sur le confort hygrothermique du cas étudié.

Les résultats obtenus de la simulation ont montré que le confort n'est pas atteint dans notre cas d'étude. Malgré que les écarts de température peuvent atteindre 5°C ce qui nécessite l'intégration d'un système de rafraîchissement. Le système intégré a permis d'atteindre des températures de 27° et 60% de taux d'humidité.

Mots clés : Ksar, simulation thermique dynamique, humidification adiabatique.

## ملخص :

من بين التحديات الرئيسية التي تواجهها الدولة في تخفيض استهلاك الطاقة في المبنى، تم وضع عدة وكان الهدف من العمل مشاريع مناخية حيوية في هذا الإطار، من بينها قصر تافلت في ولاية غرداية الذي تم الاضطلاع به في هذه الورقة هو تقييم الخصائص الحرارية للقصر وكذلك تحسين الراحة داخل المنزل والتحقق من تأثير تكامل التبريد عن طريق الترطيب على الراحة.

من أجل تحقيق هذه الأهداف ، تم إجراء محاكاة حرارية ديناميكية باستخدام برنامج (البلياد) الذي سمح بالتقييم الحراري لدراسة الحالة ، كما سمحت دراسة نظرية بالتحقق من الترطيب على الراحة الحرارية الحراري من الحالة المدروسة.

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها من المحاكاة أن الراحة لم تتحقق في حالة دراستنا. على الرغم من أن الاختلافات في درجات الحرارة يمكن أن تصل إلى 5 درجات مئوية ، الأمر الذي يتطلب تكامل نظام التبريد. وصل النظام المتكامل إلى درجات حرارة 27 درجة و 60٪ رطوبة.

الكلمات المفتاحية: قصر ، محاكاة حرارية ديناميكية ، ترطيب ثابت الحرارة.

## Abstract:

Among the major challenges of the state the reduction of energy consumption in the building industry, several bioclimatic projects have been developed in this context, among them the Tafilelt ksar in the wilaya of Ghardaïa. The work undertaken in this brief has had as objective the thermal evaluation of the ksar as well as the improvement of the interior comfort and the verification of the impact of the integration of cooling by humidification on comfort.

In order to reach these objectives, a dynamic thermal simulation was made using the Pleiades software which allowed the thermal evaluation of the case study and a theoretical study allowed the verification of the humidification on the hygrothermal comfort of the case study.

The results obtained from the simulation showed that comfort is not achieved

in our case study. Despite the fact that the temperature differences can reach 5°C which requires the integration of a cooling system. The integrated system allowed to reach temperatures of 27° and 60% humidity.

Keywords: Ksar, dynamic thermal simulation, adiabatic humidification.

## Sommaire :

Introduction générale.....	1
I. Chapitre 01 : Recherche bibliographique et état de l'art : .....	3
I.1 Introduction : .....	3
I.2 L'architecture bioclimatique : .....	3
I.3 Les principes de l'architecture bioclimatique : .....	4
1.3.1 Le choix des matériaux : .....	4
I.4 Confort thermique : .....	5
I.5 Confort hygrothermique : .....	7
I.6 Efficacité énergétique : .....	8
I.7 Programme d'efficacité énergétique en Algérie : .....	9
I.7.1 Programme ECO BAT : .....	9
I.7.2 Programme ECO LUMIERE : .....	9
I.7.3 Programme ISOLATION : .....	10
I.8 Les zones arides : .....	10
I.9 Typologie de l'habitat utilisée dans le Sud Algérien : .....	12
I.9.1 Concepts des ksour utilisés dans les régions arides : .....	12
I.9.2 Les exemples des ksour : .....	13
I.10 Articles consultés : .....	17
I.10.1 Article n°01 : Performance expérimentale d'un refroidisseur à évaporation directe dans un climat composite de l'Inde.....	17
I.10.2 Article n°02 : Importance des paramètres affectant la performance d'un passif tour de refroidissement par évaporation (PDEC) avec système de pulvérisation. De Daeho Kang et Richard K. Strand 2016 .....	18
I.11 Mémoires consultés .....	18
I.11.1 Mémoire n°01 : ETUDE BIOCLIMATIQUE DU LOGEMENT SOCIAL-PARTICIPATIF DE LA VALLEE DU M'ZAB : CAS DU KSAR DE TAFILELT. Par Mr Chabi Mohammed.....	18
I.11.2 Mémoire n°02 : EVALUATION D'UN SYSTEME DE RAFRAICHISSEMENT PASSIF DANS LES ZONES CHAUDES ET ARIDES PAR L'APPLICATION D'UN COUPLAGE Puits CANADIEN ET CHEMINÉE SOLAIRE. Par Younes DAOUADJI.....	20
I.11.3 Mémoire n°03 : EVALUATION ET AMELIORATION D'EFFICACITE ENERGITIQUE ET DU CONFORT THERMIQUE D'UN HERITAGE ARCHITECTURAL TRADITIONNEL EN ZONE ARIDE (cas du ksar Tafilelt). Par : I.AKACEM.....	21

I.12	Conclusion :	22
II.	Chapitre 02 : Présentation du cas étudié :	23
II.1	Introduction :	23
II.2	Présentation de la région Ghardaïa :	23
II.3	Identification de ses caractéristiques climatiques :	25
II.3.1	Caractéristiques météorologiques de la ville Ghardaïa :	25
II.3.2	Rayonnement :	25
II.3.3	Température :	26
II.3.4	Température journalière :	27
II.3.5	L'enseillement :	27
II.3.6	Rayonnement global journalier :	28
II.3.7	Précipitations :	28
II.4	Présentation du cas d'étude :	29
II.4.1	Présentation du ksar de Tafilelt :	29
II.4.2	La compacité :	31
II.4.3	L'enseillement :	32
II.4.4	Description de la maison étudiée :	36
II.5	Les matériaux de construction :	40
II.6	Description d'habitat d'étude :	41
II.7	Identification des éléments constructifs :	43
II.7.1	Largeur =0.8m.....	43
II.7.2	Hauteur=2 m.....	43
II.7.3	Largeur=0.5m.....	43
II.7.4	Hauteur=0.8m.....	43
II.8	Conclusion :	44
III.	Chapitre 3 :Résultat et étapes de simulation :	45
III.1	Introduction:	45
III.2	Définition de la modélisation :	45
III.3	Présentation des logiciels utilisés :	45
III.4	Processus d'application des logiciels :	46
III.4.1	SOUS PLEIADES:	46
III.4.2	Identification de la station Météorologique : (Sous Meteocalc).....	49
III.5	Définition des paramètres constructifs : (modeleur).....	50

III.6	Dessin du plan : .....	51
III.7	Définition des scénarios : .....	53
III.7.1	Scénarios d'occupation : .....	53
III.7.2	Scenario de Ventilation : .....	56
III.7.3	Scenario de puissance de dissipée : .....	57
III.8	Lancement de simulation : .....	58
III.9	Conclusion : .....	59
IV.	Chapitre 4 : Résultats et discussion : .....	60
IV.1	Introduction : .....	60
IV.2	Etapas de la simulation : .....	60
IV.2.1	Les scénarios de fonctionnement intégrés sont : .....	60
IV.3	Simulation sans consigne de thermostat : .....	61
IV.3.1	Résultats de simulation : .....	61
IV.3.2	Simulation estivale : .....	62
IV.3.3	Simulation hivernale : .....	64
IV.4	Simulation avec consigne de thermostat : .....	65
IV.4.1	Résultats de simulation : .....	65
IV.4.2	Simulation estivale : .....	66
IV.4.3	Simulation hivernale : .....	67
IV.5	Conclusion : .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
IV.6	Amélioration de confort hygrothermique du cas d'étude par l'intégration d'un système de rafraîchissement : .....	69
IV.6.1	Introduction : .....	69
IV.6.2	Présentation de la Méthode : .....	69
IV.6.3	Resultats et discussion : .....	71
IV.6.4	Conclusion : .....	76
	Conclusion générale : .....	77



## Liste de figures :

Figure I.1:Maison bioclimatique [5].....	4
Figure I.2:les échanges thermiques entre l'ambiance et l'homme [8].....	6
Figure I.3:Diagramme psychrométrique [10].....	7
Figure I.4: l'efficacité énergétique [14].....	8
Figure I.5: Carte des zones climatiques de l'ALGERIE [21].....	11
Figure I.6:une des portes du Ksar TINEMMIRINE. Et entrée du Ksar TINEMMIRINE [26].....	13
Figure I.7: placette à l'intérieure du ksar tinemmirine [26].....	13
Figure I.8: KSAR TIMIMOUN [27].....	15
Figure I.9: localisation de KSAR TIMIMOUN [28].....	16
Figure II.1:Présentation géographique de la région de GHARDAIA [33].....	24
Figure II.2 : le rayonnement diffus et global [40].....	26
Figure II.3 : évolution des températures [40].....	26
Figure II.4 Température journalière [40].....	27
Figure II.5 le maximum de L'ensoleillement [40].....	27
Figure II.6 Irradiation journalière globale [40].....	28
Figure II.7 les jours avec des précipitations [40].....	28
Figure II.8:le M'ZAB (guide vert Michelin, 1956) [42].....	29
Figure II.9:Situation du Ksar Tafilalet. [43].....	30
Figure II.10: Ksar Tafilelt [45].....	30
Figure II.11:Plan d'aménagement du ksar de Tafilelt [46].....	31
Figure II.12:Le ksar de Tafilelt et son organisation compacte [47].....	31
Figure II.13:Comparaison du prospect entre l'ancien et le nouveau ksar [50].....	33
Figure II.14: Réinterprétation d'éléments symboliques des anciens ksour, la porte urbaine, la tour de gué ou le puit [51].....	33
Figure II.15:Le prospect dans le ksar de Tafilelt. [44].....	34
Figure II.16:Le ksar de Tafilelt est soumis à toutes les directions du vent [44].....	35
Figure II.17:Situation de la maison étudiée. ....	36
Figure II.18: Plan du RDC avec vues sur le séjour et le chebek, la cuisine, la cour et l'entrée [44].....	37
Figure II.19:Plan du R+1 avec vues sur le séjour et, la couverture de la cour [44].....	38
Figure II.20 : Façade principale et plan de la terrasse. [44].....	39
Figure III.1 : Création des matériaux pierre, Mortier de chaux et sable, Sable sec. ....	46
Figure III.2:Composition du mur porteur. ....	47
Figure III.3Composition du mur intérieur. ....	47
Figure III.4:Composition plancher bas. ....	47
Figure III.5: Composition du plancher intermédiaire. ....	48
Figure III.6:Composition du plancher haut. ....	48
Figure III.7 : type de porte et de porte fenêtre. ....	48
Figure III.8: type de fenêtre. ....	49
Figure III.9 : insertion des températures et durée d'isolement sous METEOCALC.....	49
Figure III.10: les variations des températures pendant l'année sous METEOCALC.....	50
Figure III.11 : Insertion des éléments constructifs.....	50
Figure III.12 : saisie graphique du plan RDC.....	51

Figure III.13:création du plan 1er étage.....	51
Figure III.14 : Cas d'étude en 3D .....	52
Figure III.15 : Scenario d'occupation de chambre des parents. ....	53
Figure III.16 : Scenario d'occupation de chambre 02 .....	54
Figure III.17:Scenario d'occupation de chambre 03. ....	54
Figure III.18:Scenario d'occupation de Séjour 01 .....	55
Figure III.19: Scenario d'occupation de Séjour 02. ....	55
Figure III.20: Scenario d'occupation de Cuisine.. ....	56
Figure III.21: Scénario de ventilation sans consigne.....	56
Figure III.22: Scénario de ventilation avec consigne. ....	57
Figure III.23: Scénario puissance dissipée de la chambre.....	57
Figure III.24 : Scénario puissance dissipée du hall.....	58
Figure III.25 : Scénario puissance dissipée du Séjour. ....	58
Figure III.26: Lancement de la simulation .....	59
Figure IV.1: Evolution de température en estivale pendant la semaine la plus chaude. ....	63
Figure IV.2: Evolution de température en hiver pendant la semaine la plus froide.....	65
Figure IV.3: Evolution des températures pendant la semaine la plus chaude .....	67
Figure IV.4: Evolution de température en hiver pendant la semaine la plus froide.....	68
Figure IV.5: Bâtiment économe .....	68
Figure IV.6: diagramme psychométrique (pour déterminé le Tableau IV.4).....	71
Figure IV.7: Evolution des températures à la sortie du système .....	72
Figure IV.8:représente les différence température de milieu extérieur et milieu interne pour chaque débit d'eau.....	74
Figure IV.9:variation du taux d'humidité selon le débit d'eau injecté.....	75
Figure IV.10: diagramme psychométrique représenté le transformation adiabatique de ce système.....	76

## Liste des tableaux :

Tableau II-1 : Caractéristiques météorologiques de la ville Ghardaïa [40] .....	25
Tableau II-2:Les matériaux de construction utilisés dans le Ksar .....	40
Tableau II-3:Description des espaces du cas d'étude .....	42
Tableau II-4:Identification des éléments constructifs .....	43
Tableau II-5 : Caractéristique des ouvertures .....	43
Tableau III-1:conductivité thermique, chaleur spécifique et la masse volumique du matériau utilisé. ....	46
Tableau IV-1:résultats de la simulation sans consigne de thermostat .....	62
Tableau IV-2:résultats de la simulation avec consigne de thermostat .....	66
Tableau IV-3:condition climatique de Ghardaïa [61].....	70
Tableau IV-4 .....	72
Tableau IV-5:température de sortie selon variation du débit d'eau. ....	73
Tableau IV-6:humidité entrée mesuré par formule 02.....	75

**Nomenclature :**

Te : température entrée

Ts : température sèche

Th : température humide

WF : débit d'eau injecté dans le système

Ve : vitesse de vent entrée

## **Introduction générale**

La diminution de la consommation énergétique des bâtiments constitue un enjeu majeur. L'amélioration du confort et La réalisation de bâtiments à faible consommation d'énergie est un processus complexe qui nécessite le développement d'outils performants d'assistance à leur conception, leur construction.

La plupart des logements construits aujourd'hui en Algérie sont relativement non isolés, ce qui signifie que ces bâtiments ont de fortes déperditions thermiques et de fait consomment beaucoup plus d'énergie, et l'efficacité énergétique n'est toujours pas appliquée dans la production des bâtiments. De plus, ceux-ci sont refroidis en utilisant électricité. [1]

Par contre on doit trouver des solutions adéquates pour satisfaire les besoins de climatisation et refroidissement résidentielle, n'oubliant pas que ce besoin représente une part non négligeable de la facture énergétique, cette dernière peut être revue à la baisse en introduisant une énergie renouvelable.

Les régions méridionales de l'Algérie sont caractérisées par un climat chaud et sec, et donc les habitants utilisent divers moyens pour refroidir les chambres et les bâtiments.

Le système de climatisation classique consomme une grande quantité d'électricité, ce qui a amené certains à utiliser d'autres méthodes pour fournir l'atmosphère appropriée à l'intérieur du bâtiment, y compris le refroidissement par humidification adiabatique, Nous étudions dans ce mémoire Impact de l'intégration du rafraichissement par humidification adiabatique dans l'habitat du climat aride.

La présentation de ce travail est scindée en 5 chapitres qui se présentent comme suit :

\*Le premier chapitre : dans lequel nous présentons des généralités sur les concepts bioclimatiques et un état de l'art qui comprend des recherches similaires à notre thématique

\*Le deuxième chapitre: comprend la présentation du cas d'étude Ghardaïa et identifie les caractéristiques climatiques ainsi que la description de la maison étudiée

Le troisième chapitre : les étapes de la simulation thermique dynamique (STD) avec logiciel pléiades (version 5.19.7.3).

Le quatrième chapitre : comprend les Résultats et discussions, ainsi que l'étude de l'impact de l'intégration du système du rafraîchissement pour améliorer le confort hygrothermique de notre cas d'étude.

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

## **I.1 Introduction :**

Le secteur résidentiel étant le plus consommateur, cela est d'autant plus vrai pour le modèle énergétique Algérien, avec en plus une croissance soutenue du fait de la demande accrue sur le nombre de logements neufs, construit sans prendre en considération de la problématique de l'énergie.

Alors il s'agit maintenant de prendre les mesures indispensables pour réduire la consommation énergétique dans le bâtiment et de répondre aux exigences du développement durable, où des méthodes modernes sont appliquées pour humidifier le climat des maisons dans les régions arides avec des propriétés naturelles

## **I.2 L'architecture bioclimatique :**

L'architecture bioclimatique est l'architecture la plus ancienne : utilisation de matériaux locaux, volonté de se protéger des contraintes climatiques, recours à des systèmes ingénieux pour améliorer le confort, habitations troglodytes ou vernaculaires, etc. La standardisation actuelle tend à éloigner l'architecture de son environnement. [2]

L'architecture bioclimatique est l'art et le savoir-faire de bâtir en alliant respect de l'environnement et confort de l'habitant. Elle a pour objectif d'obtenir des conditions de vie agréables de la manière la plus naturelle possible, en utilisant par exemple les énergies renouvelables (comme les éoliennes ou l'énergie solaire) disponibles sur le site. [3]

Ce type d'architecture permet d'assurer le confort des utilisateurs de l'édifice, tout en mettant au point un bâtiment qui respecte son environnement et en tire le meilleur parti. Pour ce faire, la construction devra utiliser les énergies renouvelables du site telles que l'énergie solaire, éolienne ou géothermique. L'édification respectera les mêmes règles en utilisant les énergies extérieures au site de manière très limitée. Les énergies fossiles et l'électricité seront donc utilisées de manière raisonnée.

L'architecte bioclimatique cherche durant tout le processus de conception à voir l'environnement comme une source de confort et cherche à entrer en symbiose avec celui-ci dans un souci de préservation. La conception bioclimatique est la phase stratégique où l'architecte définira les objectifs du projet, les différentes contraintes environnementales à

respecter et les solutions architecturales qui y seront apportées. Ainsi, il s'assure que son édifice ait peu d'impact sur l'environnement tout comme l'environnement aura peu d'impact sur son édifice. [4]



**Figure I.1: Maison bioclimatique [5]**

### **I.3 Les principes de l'architecture bioclimatique :**

Une construction bioclimatique tient compte de la forme du bâtiment, de l'intégration au site (orientation au bruit, au vent, au soleil...), de la taille des baies vitrées, de leurs orientations et de leurs modes de protection, ainsi que des masques végétaux et architecturaux pour capter et se protéger des éléments.

Les principes de l'architecture bioclimatique tournent autour du choix des matériaux, de la compacité et la répartition des pièces, et de l'orientation et des ouvertures.

#### **1.3.1 Le choix des matériaux :**

Le choix des matériaux est primordial dans la construction bioclimatique car les matériaux utilisés auront un impact sur le bilan écologique général du bâtiment, les économies d'énergies et le confort des occupants. Il est essentiel d'utiliser des matériaux qui ont peu d'impact sur l'environnement que ce soit sur le plan de leur fabrication ou de leur destruction, car ce type de construction vise à réduire autant que possible l'impact du bâtiment sur

l'environnement qui l'entour. Les matériaux doivent donc répondre à quelques exigences telles que de permettre un stockage de chaleur, une excellente absorption des rayons lumineux ainsi qu'une absorption rapide et une bonne restitution de la chaleur.

### **1.3.2 La compacité et la répartition des pièces :**

L'aménagement interne de l'habitat est également essentiel dans une construction bioclimatique. Ainsi, il y a quelques recommandations à suivre concernant l'aménagement interne pour un résultat optimum. Par exemple, les pièces qui sont peu utilisées devraient être placées du côté nord du bâtiment. De plus, l'aménagement d' « espaces tampons » sur le côté nord permet de contribuer directement aux économies d'énergie et de minimiser l'impact du froid pour le confort des occupants. Les espaces tampons peuvent être par exemple des escaliers, un garage, des couloirs ou une salle de bains. Il est ainsi recommandé de placer les pièces de vie du côté sud du bâtiment pour profiter au mieux de la lumière et de la chaleur.

### **1.3.3 L'orientation et les ouvertures :**

Une ouverture du côté nord a l'avantage d'apporter une lumière diffuse qui offre de remarquable rendu de couleur et qui peut être très agréable. Une ouverture du côté sud permet de capter un maximum de chaleur gratuite et de lumière et contribue donc au confort des habitants. Les ouvertures des côtés est et ouest doivent être bien protégées car elles occasionnent généralement des surchauffes et une gêne visuelle. [6]

## **I.4 Confort thermique :**

Le confort thermique est une sensation de bien être lorsqu'on est exposé à une ambiance intérieure. Le confort thermique ne dépend pas exclusivement de la température, mais également des conditions d'humidité de l'air intérieur, des éventuels courants d'air, du niveau de respirabilité de l'air ou de qualité d'air intérieure (QAI). La température à elle seule dépend d'une température résultante sèche, sorte de moyenne des températures intérieures et rayonnées par les différents corps et parois.

A titre d'exemple, le confort thermique ne peut être atteint à 22°C de température sèche intérieure avec des murs froids alors qu'à 18°C soit 4 degrés en moins, il est atteint et de plus de manière plus satisfaisante, avec un rayonnement homogène des corps en présence, y compris l'individu qui ressent les différents rayonnements. Autre sensation analogue, en montagne alors que l'air est à +10°C, avec un bon rayonnement du soleil, le confort thermique



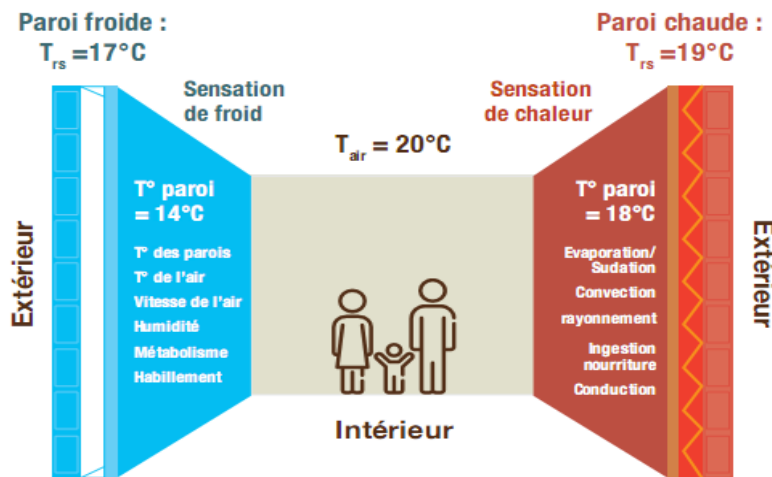
peut

être

atteint

facilement.

[7]



Les échanges thermiques entre l'ambiance et l'homme  
Source : De Herde, André et Liébard, Alain, 2005

### Figure I.2: les échanges thermiques entre l'ambiance et l'homme [8]

Une situation de confort thermique est atteinte lorsque notre environnement thermique nous procure une sensation de bien-être. L'environnement thermique correspond aux caractéristiques de l'environnement qui affectent nos échanges de chaleur avec ce qui nous entoure. Ces échanges thermiques se font :

- Par évaporation (transpiration) : L'eau qui s'évapore à la surface de notre peau est un moyen d'évacuer de la chaleur et donc de diminuer notre température corporelle.
- Par rayonnement : Même sans contact deux corps échangent de l'énergie, par exemple le soleil chauffe notre maison toute la journée et les objets qui ont absorbé cette chaleur la rediffusent par la suite, lorsque la température extérieure diminue.
- Par conduction : On perd ou on gagne de l'énergie par contact direct avec des objets froids ou chauds, mais ce mode de transfert a une influence plus faible que les précédents.
- Par convection : L'échange de chaleur entre l'air ambiant et le corps humain est augmenté par la vitesse de l'air et l'écart de température entre les 2 corps.

Dans un logement, les échanges de calories s'opèrent principalement par rayonnement avec les surfaces (parois, objets, baies vitrées, radiateur, foyer de cheminée, soleil à travers une fenêtre...) et par convection avec les volumes (l'air). La sensation de confort peut être influencée par des éléments comme l'état de

santé, l'âge ou l'état psychologique de l'individu. Il est donc difficile de définir des conditions « optimales » dans un cas général. [9]

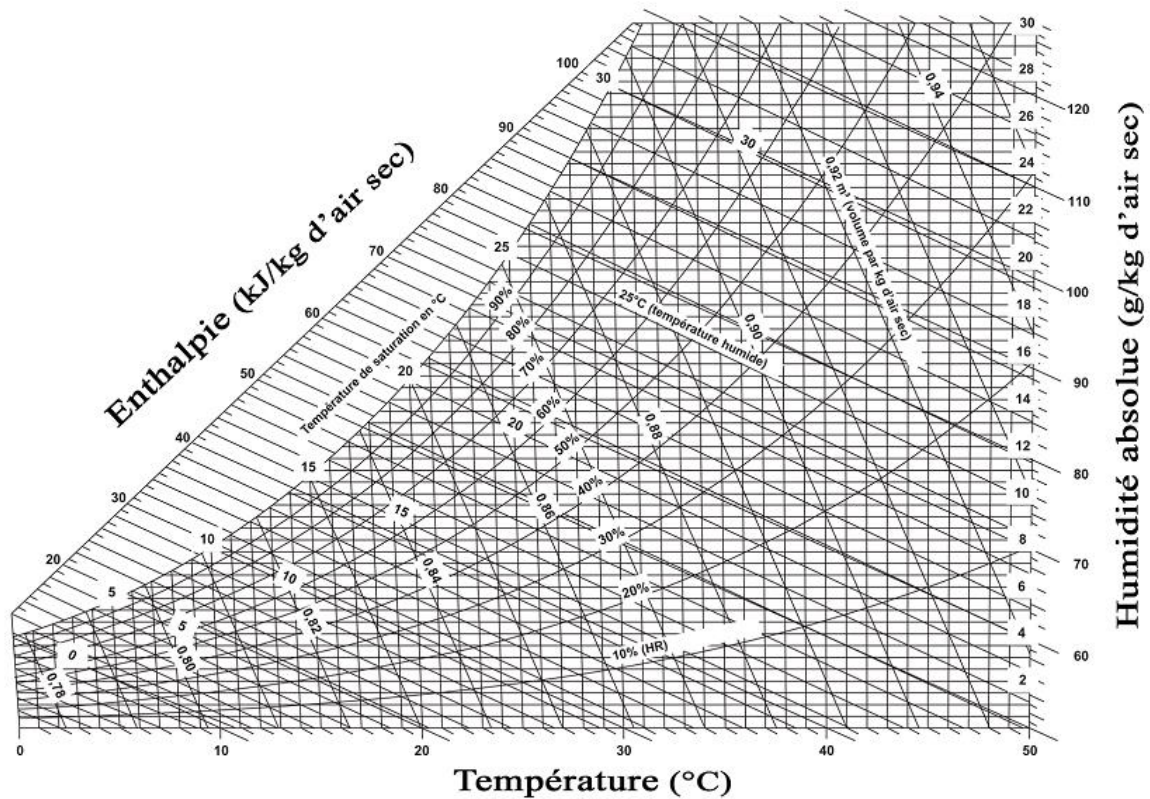


Figure I.3: Diagramme psychrométrique [10]

### I.5 Confort hygrothermique :

L'hygrothermie caractérise la température et le taux d'humidité de l'air ambiant d'un local. C'est une mesure fréquente dans le domaine du bâtiment où on recherche un confort hygrothermique parfait pour la santé des habitants et des infrastructures.

Assurer un confort hygrothermique veut dire assurer une température constante en toute saison (entre 18 et 20°C), un taux d'humidité de 40 à 60% et une différence maximale de température entre l'air intérieur et les parois de 3°C. Ceci doit permettre d'éviter le dessèchement des muqueuses ou la sensation d'étouffement par excès d'humidité, la condensation sur les murs et par conséquent les effets de moisissure, la dégradation de certains types d'enveloppe des bâtiments et la dégradation des isolants. Les paramètres du confort hygrothermique sont : l'isolation thermique des parois, la protection solaire des parois vitrées, la ventilation, la régulation et disposition des dispositifs de chauffage et de refroidissement. [11]

## I.6 Efficacité énergétique :

L'efficacité énergétique désigne le rapport entre l'énergie récupérée par un système et l'énergie totale consommée. Cette notion définit un ensemble de technologies et de pratiques visant à diminuer la consommation d'énergie des bâtiments, tout en y préservant un confort thermique et une performance énergétique respectables. [12]

L'efficacité énergétique recouvre trois approches qui doivent être combinées pour maximiser les gains qu'elle peut apporter :

- l'efficacité énergétique passive, axée sur l'enveloppe du bâtiment et l'amélioration de son isolation.
- l'efficacité énergétique active, qui combine une amélioration du rendement énergétique des équipements techniques du bâtiment (chaudière, produits blancs et bruns, éclairage, etc.) et une approche systémique et globale de gestion de l'énergie, centrée sur le pilotage automatisé des énergies du bâtiment en fonction de leurs usages.
- la transformation du consommateur en consomm'acteur, c'est-à-dire un utilisateur particulier, informé et mobilisé, capable d'optimiser son confort tout en réalisant des économies d'énergie et, dans les années à venir, de produire sa propre énergie. [13]

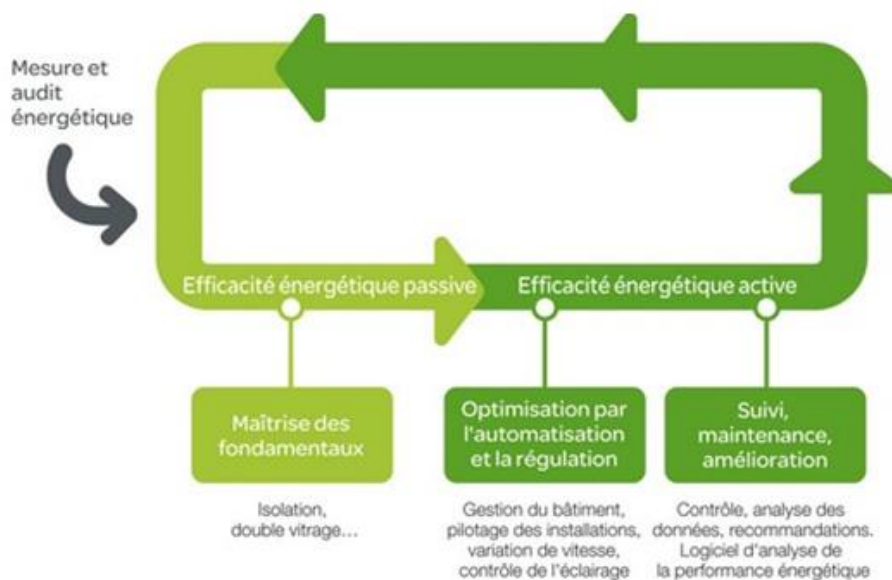


Figure I.4: l'efficacité énergétique [14]

## **I.7 Programme d'efficacité énergétique en Algérie :**

### **I.7.1 Programme ECO BAT :**

Le programme « Eco-Bât » a pour objectif d'apporter un soutien technique et financier afin de réduire les consommations énergétiques liées au chauffage et la climatisation en agissant sur, notamment :

- L'amélioration de l'enveloppe du bâtiment et l'isolation des toitures ainsi que l'utilisation de la menuiserie performante.
- La limitation des transferts de chaleur entre l'intérieur du bâtiment et l'environnement extérieur.
- La mobilisation des acteurs du bâtiment autour de la problématique de l'isolation thermique.
- La formation d'une main d'œuvre qualifiée.
- La création d'un marché durable et compétitif des matériaux et équipements contribuant à l'isolation thermique.
- La réduction des émissions de CO<sub>2</sub>. [15]

### **I.7.2 Programme ECO LUMIERE :**

Dans le cadre du Programme national de maîtrise d'énergie pour la période 2010-2014, l'APRUE a lancé l'opération Eco-lumière qui consiste à promouvoir auprès des ménages l'utilisation de lampes à basse consommation d'énergie (LBC) afin d'améliorer la performance de l'éclairage de leur foyer et de réduire leur facture d'électricité. L'Eco-lumière a été lancée en 2009 en partenariat avec Sonelgaz, et portait sur la distribution de plus 2,5 millions de LBC à travers le territoire national pour un prix subventionné de 150 dinars la lampe. [16]

### **I.7.3 Programme ISOLATION :**

Isolation thermique de 100 000 logements par an (murs, toitures, double vitrage) permettant une économie d'énergie de 25 millions TEP sur 30 ans. L'état assurera 80% des coûts d'isolation. [17]

### **I.8 Les zones arides :**

Les zones arides sont des zones où règne un climat désertique ou semi désertique. On les rencontre dans les régions subtropicales d'Afrique, d'Asie centrale et occidentale, d'Amérique du nord-ouest et du sud ainsi qu'en Australie centrale et occidentale. Elles sont situées généralement entre les latitudes 15' et 35' au nord et sud de l'équateur. [18]

L'Algérie maghrébine (au Nord) appartient à la zone bioclimatique méditerranéenne et est exposée aux variations du front polaire (masse d'air froid en hiver et influence de l'air saharien en été) ce qui explique l'aridité estivale en opposition à une saison fraîche relativement pluvieuse, à proximité de la côte (automne et printemps) dans les zones voisines de l'Atlas saharien. Le relief contribuant au tracé de la carte climatique, l'Algérie, connaît des hivers relativement froids contrastant violemment avec des étés torrides. En outre, disposé parallèlement à la côte, l'Atlas Tellien interpose un écran entre la mer et les régions intérieures et donne lieu à un certain cloisonnement climatique, le climat méditerranéen ne caractérisant que la bande littorale, tandis que l'influence saharienne et le souffle du sirocco se manifestent plus intensément au sud de ce massif. [19]

Plus de 85 % de la surface totale de l'Algérie est caractérisée par un climat chaud et sec, On définit pour l'Algérie les zones suivantes:

- 4 zones climatiques et une sous zone au Nord.
- 3 zones climatiques au Sud.

Pour chaque zone, on distingue les sites d'altitude inférieure à 500 m, comprise entre 500 et 1000 m et supérieure à 1000 m.

**La zone A:** Elle comprend le littoral et une partie du versant Nord des chaînes côtières (climat méditerranéen maritime).

**La zone B:** Elle comprend la plaine et les vallées comprises entre les chaînes côtières et l'Atlas Tellien, autre que celle de Chlef (climat méditerranéen continental).

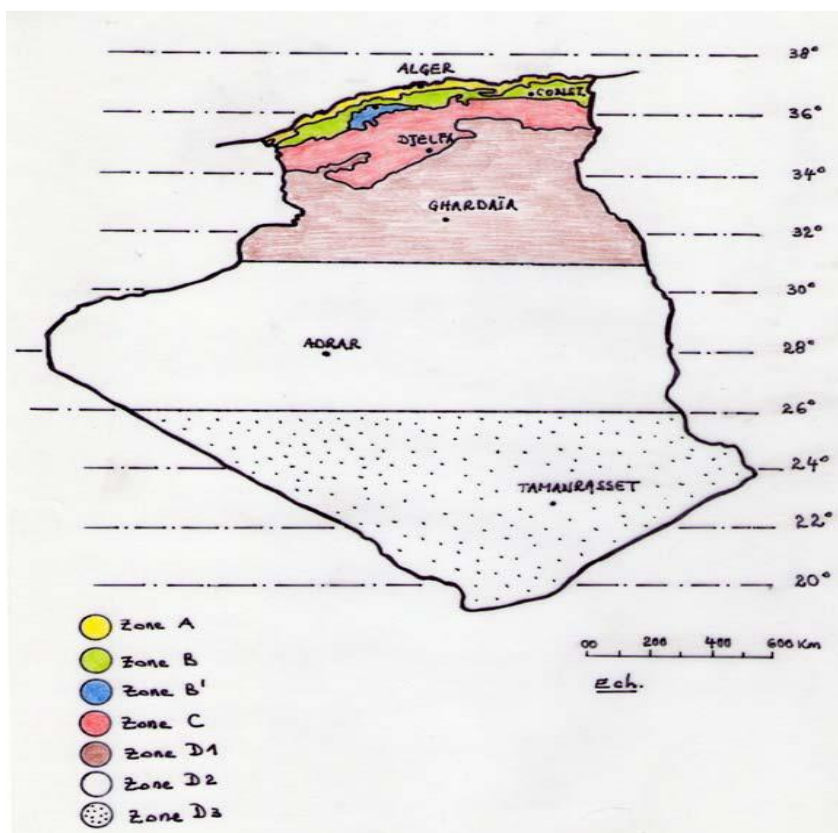
**La zone B':** C'est une sous-zone de la zone B. Elle comprend la vallée de Chlef, comprise entre la chaîne de l'Ouarsenis et les montagnes du Dahra et des Braz.

**La zone C:** Elle comprend les hauts plateaux entre l'Atlas Tellien et l'Atlas Saharien, avec des altitudes supérieures à 500 m (climat méditerranéen de montagne).

**La zone D1:** Elle comprend le Sahara au-delà de l'Atlas Saharien jusqu'à la latitude 31°.

**La zone D2 :** Elle comprend le Sahara au-delà de la latitude 31° jusqu'à la latitude 26°.

**La zone D3 :** Elle comprend le Sahara au-delà de la latitude 26° jusqu'aux frontières Sud.[20]



**Figure I.5: Carte des zones climatiques de l'ALGERIE [21]**

## **I.9 Typologie de l'habitat utilisée dans le Sud Algérien :**

### **I.9.1 Concepts des ksour utilisés dans les régions arides :**

#### **I.9.1.1 Définition :**

Le mot se prononce « ksar ». C'est une altération phonique de la racine arabe qasr qui désigne ce qui est court, limité. C'est à dire un espace limité, auquel n'a accès qu'une certaine catégorie de groupes sociaux. C'est un espace confiné et réservé, limité à l'usage de certains. Le ksar (pl. ksour) est un grenier, mieux encore un ensemble de greniers bien ajustés. [23]

Le ksar "(pluriel ksour), village Saharien souvent fortifié et/ou aggloméré à fonction Caravanière. [24] L'organisation spatiale du ksar se décline autour de la mosquée qui en est le point de centralité. Les quartiers sont reliés entre eux par un réseau de rues étroites sinueuses» [25]. L'architecture y est massive, les habitations sont densément blotties autour des mosquées aux minarets généralement carrés. L'utilisation des seuls matériaux disponibles sur place (la pierre - grès primaires blancs, gris, verts ou rouges - l'argile des bas-fonds de carrières utilisé comme torchis, pisé ou banco) concourt à une continuité visuelle; profondément ancrée dans le sol dont elles émergent, les ksour se confondent avec leur environnement; l'intervention humaine y demeure minimaliste; la symbiose est totale " Le ksar est un espace de vie collective répondant à la fois à une organisation politique d'autodéfense et à une organisation sociale visant à faire respecter la segmentation sociale et raciale. Le rôle de la Jmaa (assemblée consultative ou conseil du ksar) est primordial quant à l'organisation de la vie politique et la gestion des ressources économiques au sein du ksar [24]

## I.9.2 Les exemples des ksour :

### I.9.2.1 Exemple 1 : Ksar TINEMMIRINE :



**Figure I.6:une des portes du Ksar TINEMMIRINE. Et entrée du Ksar TINEMMIRINE [26]**

#### I.9.2.1.1 Présentation du Ksar TINEMMIRINE :

Le ksar de TINEMMIRINE est un projet de 70 logements plus les équipements, réalisés en quatre phases dont la première démarra en 1995 à BENI-ISGUEN, appelé pour les visiteurs la ville sainte, dans la commune de BOUNOURA, une des sept villes de la Vallée millénaire du Mزاب, classée patrimoine mondial de l'humanité depuis 1982.



**Figure I.7: placette à l'intérieure du ksar tinemmirine [26]**



### **I.9.2.1.2 Matériaux et techniques de construction :**

Les matériaux locaux utilisés dans les maisons du ksar TINEMMIRINE sont :

#### **a. La pierre :**

- Elle est utilisée dans les murs porteurs extérieurs et intérieurs de la bâtisse, jointe avec du mortier (liant de chaux). Les murs ont tous une épaisseur de 40cm
- Elle est aussi utilisée, dans les mêmes conditions,
- dans les murs de terrasse (qui deviennent murs porteurs si le bénéficiaire décide de construire l'étage par la suite)
- Les murs en pierre permettent de ralentir l'entrée de la chaleur le jour, la restituant la nuit, et aussi ils présentent un confort acoustique

#### **b. La chaux :**

- Elle est le produit de la calcination des pierres calcaires avec l'argile
- Elle est très abondante. Produit localement et traditionnellement, elle sert comme liant principal pour les murs de maçonnerie en pierre
- Le liant de chaux au mortier a des qualités de résistance et de durabilité appréciable qui augmentent dans le temps, surtout s'il n'est pas exposé à l'air
- On peut utiliser la chaux pour :
  - Liant dans les murs en pierre
  - Le jointage des murs extérieurs L'étanchéité traditionnelle
  - Les enduits des murs extérieurs

#### **c. Le plâtre :**

C'est un sulfate de calcium hydraté, produit industriel à Ghardaïa. A prise rapide, il est utilisé pour la fabrication de voutains de plancher ainsi que des menus travaux

- L'utilisation des voutains de plâtre produit sur chantier manuellement à l'aide d'un moule offre beaucoup d'avantages économiques par rapport à l'utilisation de l'hourdi en ciment

- Le plafond obtenu grâce aux voutains de plâtre ne nécessite pas un grand enduit de ciment ou plâtre donc gain appréciable de matière et de main d'œuvre
- Le plâtre régule le taux d'humidité à l'intérieur de la maison et offre vu la forme courbe du voutain un confort acoustique
- L'aspect esthétique du plancher à voutain de plâtre est d'une qualité nettement supérieure au plancher à voutain de ciment

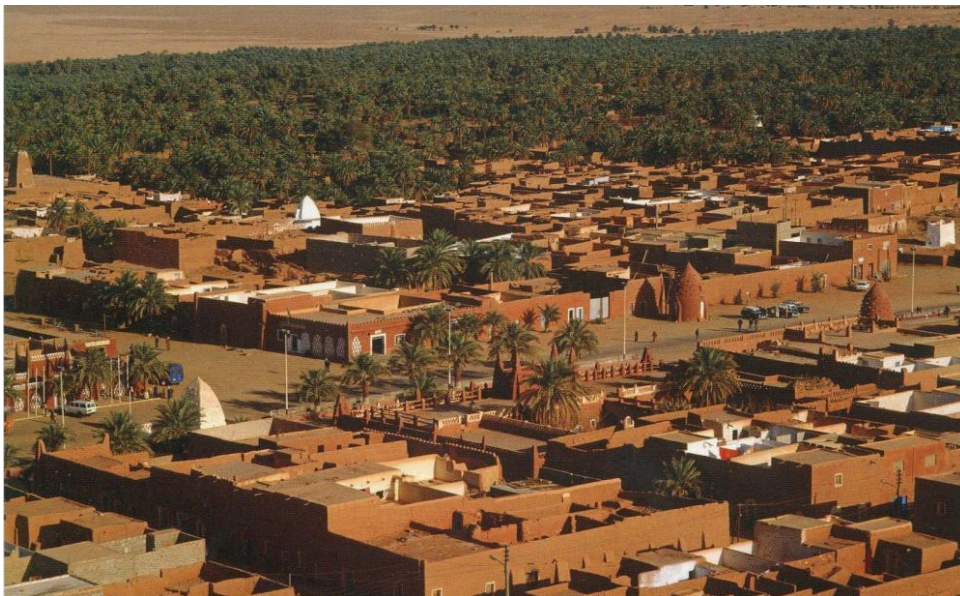
Etanchéité traditionnelle :

Elle est réalisée de la même manière suivante :

- Pose d'un film de nylon.
- Pose d'une couche d'argile arrosée compactée d'une épaisseur de 0.15cm et qui forme pente.
- Pose d'une couche de mortier de chaux.
- Badigeonnage au lait de chaux quelques jours après sa réalisation avec battage à l'aide des feuilles de palmier.

En plus de sa fonction d'étanchéité, elle permet une isolation thermique très efficace contre l'ensoleillement, cela en plus de son isolation phonique.

### **I.9.2.2 Exemple 2 : Ksar TIMIMOUN :**



**Figure I.8: KSAR TIMIMOUN [27]**

### I.9.2.2.1 Présentation du Ksar TIMIMOUN

Timimoun, oasis saharienne, “capitale” du Gourara et ville, relais entre le Touat et le M’Zab, a connu une croissance démographique remarquable depuis 1954. Cet essor démographique s’est traduit par un étalement spatial important, faisant basculer l’oasis du rationalisme ksourien vers une forme d’agglomération saharienne étalée. [28]

### I.9.2.2.2 Localisation

Timimoun est la capitale historique du Gourara, située à 200 km au nord-est de la ville d’Adrar, chef-lieu de la wilaya à laquelle appartient administrativement la commune (Figure I.9). En situation centrale dans le Gourara, à la limite est du Grand erg occidental, Timimoun a été historiquement un pôle d’animation des oasis environnantes structurées le long de la *sebkha* ou localisées dans l’erg (Taghouzi et Tinerkouk). Le peuplement des oasis du Gourara actuel résulte d’une succession historique d’apports ethniques divers

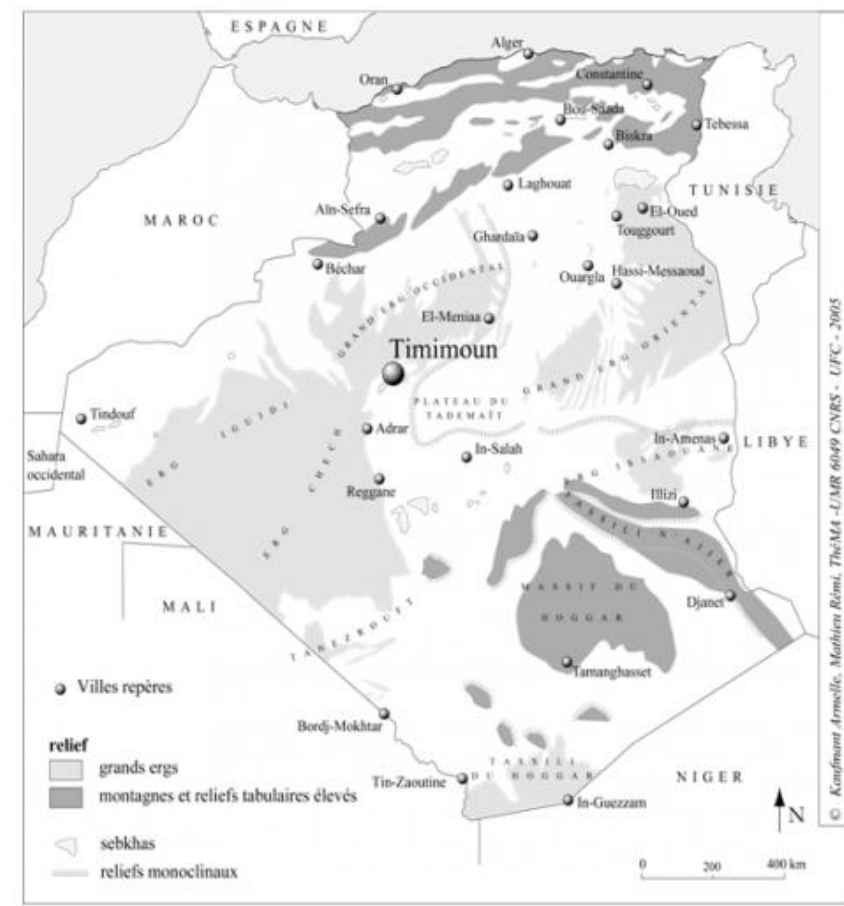


Figure I.9: localisation de KSAR TIMIMOUN [28]

### I.9.2.2.3 Eléments, et étapes de construction d’une maison ksourienne :

Il existe plusieurs modes de construction en terre crue à Timimoun. On cite à titre d’exemple:

- Le procédé de la terre creusée dans l'habitation troglodyte au ksar de Taguelzi, qui est très ancien et abandonné actuellement.
- Le procédé de la terre empilée : les gens empilent des boules de terre afin de réaliser des murs qui sont construits par tranches d'environ 1 m de haut, séparées par un intervalle de quelques jours pour permettre un bon séchage.
- Le procédé de la terre couvrante : pour la réalisation des toitures. La pratique de ce procédé nécessite la superposition de plusieurs couches : des troncs de palmiers appuyés sur les murs latéraux, des feuilles de palmiers, un tapis paille, et une couche de terre.
- Le procédé de la terre moulée : où les constructeurs utilisent des moules métalliques ou en bois. Aujourd'hui, il y a un retour au procédé de la terre moulée ou bien la construction en adobe soit pour des raisons économiques comme la construction des hangars, des espaces de stockage..., soit pour des raisons touristiques comme la construction des maisons d'hôtes à Massine par des entrepreneurs locaux, ou même pour des raisons bioclimatiques pour les gens qui cherchent à vivre dans des endroits naturels avec un certain confort thermique. [29]

## **I.10 Articles consultés :**

### **I.10.1 Article n°01 : Performance expérimentale d'un refroidisseur à évaporation directe dans un climat composite de l'Inde**

Les refroidisseurs d'air par évaporation sont largement utilisés en haute saison estivale pour la climatisation dans les espaces résidentiels et commerciaux. Les plaques de refroidissement jouent un rôle majeur dans l'efficacité du refroidissement et la performance énergétique des refroidisseurs d'air évaporés. Cet article présente les résultats expérimentaux d'un refroidisseur à évaporation directe avec deux plaques de refroidissement différentes basées sur des données météorologiques réelles. Les plaques de refroidissement rayon de miel et Aspen de la même section transversale rectangulaire sont prises en compte pour l'analyse. Les différents paramètres de performance comme la capacité de refroidissement, la consommation d'énergie, le rapport d'efficacité énergétique sont évalués analytiquement et expérimentalement. Les résultats montrent que le rapport d'efficacité énergétique et la capacité de refroidissement d'un refroidisseur d'air avec coussin de refroidissement rayon de miel sont meilleurs que le coussin de refroidissement Aspen de la même surface. [30]

## **I.10.2 Article n°02 : Importance des paramètres affectant la performance d'un passif tour de refroidissement par évaporation (PDEC) avec système de pulvérisation. De Daeho Kang et Richard K. Strand 2016**

Les tours PDEC équipées de systèmes de pulvérisation sont connues pour réaliser des économies d'énergie substantielles. Divers paramètres comme la dépression de la bulle humide, la hauteur de la tour et la vitesse du vent sont des facteurs clés affectant les performances du système. À ce jour, l'importance de ces paramètres et d'autres n'ont pas été traités de manière adéquate dans la littérature. Il y a également eu un manque de modèles qui peut étudier avec succès les avantages potentiels du système dans diverses conditions lorsque cette pourrait être applicable. . Une analyse statistique a ensuite été utilisée pour formuler des modèles analytiques qui tenir compte de toutes les relations constatées dans cette étude entre les paramètres et les conditions d'approvisionnement en air du système. Deux équations de régression ont été formulées pour prédire la température de l'air d'alimentation et la vitesse.

Diverses stratégies d'amélioration de la ventilation naturelle qui utilisent Les éléments verticaux ont été utilisées tout au long de l'histoire. L'un des Le plus simple d'entre eux est une tour à vent ou un attrapeur. Une tour à vent est un système passif qui reçoit l'air extérieur au sommet de la tour et puis la livre à l'intérieur d'un bâtiment par une ouverture à la le fond. La simple tour éolienne fonctionne sans l'aide de l'énergie des systèmes tels qu'un ventilateur, un serpent, des pompes ou des dispositifs d'évaporation tels qu'un jet d'eau. [31]

## **I.11 Mémoires consultés**

### **I.11.1 Mémoire n°01 : ETUDE BIOCLIMATIQUE DU LOGEMENT SOCIAL-PARTICIPATIF DELA VALLEE DU M'ZAB : CAS DU KSAR DE TAFILELT. Par Mr Chabi Mohammed**

#### **I.11.1.1 Objectif de la recherche :**

Le présent travail de recherche scindé en deux partie, la première théorique et la deuxième pratique par l'étude de cas, à pour objectif de développer les connaissances et concepts nécessaires à l'appréhension d'une architecture bioclimatique qui dépend étroitement du site et du paysage, du climat et des matériaux locaux, pour pouvoir mettre en place une méthodologie d'approche permettant, pour notre cas, l'étude bioclimatique du ksar de Tafilelt à travers :

- Son organisation urbaine face aux conditions climatiques (soleil, vent) de la région.

- La décomposition du logement en éléments et espaces pour comprendre leur interaction face au climat, où nous nous baserons sur la forme, l'implantation, l'orientation, les matériaux, l'organisation des espaces.

#### **I.11.1.2 Méthodologie de la recherche :**

Cette étude permet, le cas échéant, de suggérer des recommandations nécessaires à une meilleure réponse thermique du logement et assurer un confort à ses occupants, applicables pour notre cas d'étude ou dans tout projet de logement social.

Pour aborder la présente recherche, nous nous sommes basés sur une méthodologie d'approche qui puisse inscrire le logement dans une optique de développement durable, puisque sa conceptualisation agit sur les dimensions sociales, économiques et environnementales de manière systémique. Notre travail de recherche concerne l'étude bioclimatique d'un habitat existant (*le ksar de Tafilelt dans la vallée du M'Zab*) avec comme objectif l'amélioration de son confort thermique de manière naturelle ou par des dispositions architecturales passive.

Le mémoire est alors structuré en deux parties, dont la première concerne le corpus théorique relatif à l'identification et à la compréhension des concepts bioclimatiques comme contribution au développement durable et la deuxième concernent un cas d'étude à analyser au plan bioclimatique pour comprendre son rapport au climat en vue d'envisager des recommandations, le cas échéant, pour l'amélioration de son confort thermique

#### **I.11.1.3 Synthèse :**

L'architecturaux que constructifs du ksar et de la maison mozabite, nous permettent de mettre en évidence les caractéristiques fondamentales d'un habitat bioclimatique pour un climat chaud et sec, en conformité avec certains principes édictés par des chercheurs travaillant dans ce domaine, il ressort de cette lecture et analyse les aspects conceptuels suivants :

- Orientation préférentielle sud-ouest (même le portique du 1er étage, *Ikomar*) pour capter les rayons solaires d'hiver et protéger les espaces y attenants l'été, tout tournant le dos aux vents dominants.
- Enveloppe très massive en matériaux locaux (pierre, chaux, plâtre, palmier), démunie de grandes fenêtres.

- La porte d'entrée constitue la seule ouverture en partie basse pour la prise d'air indispensable à la ventilation.
- Patio ou ouverture centrale (*chebek*) assurant un tirage thermique permanent et une lumière naturelle pour les espaces habitables du Rez-de-chaussée. Le chebek est souvent couvert durant l'été.
- Dissipation maximale des calories par la ventilation naturelle.

**I.11.2 Mémoire n°02 : EVALUATION D'UN SYSTEME DE RAFRAICHISSEMENT PASSIF DANS LES ZONES CHAUDES ET ARIDES PAR L'APPLICATION D'UN COUPLAGE PUIITS CANADIEN ET CHEMINEE SOLAIRE. Par Younes DAOUADJI**

**I.11.2.1 OBJECTIFS DE LA RECHERCHE :**

Le renouvellement d'air et le confort thermique sont les exigences de la vie moderne. Le système de refroidissement passif qui combine le puits climatique et la cheminée solaire doit être évalué et optimisé. Les objectifs sont de déterminer les paramètres conceptuels et physiques afin d'atteindre la performance du système et connaître ces limites de rendement et sortir par des recommandations et solutions dans un climat extrême ; chaud et aride en Algérie exactement proposé a Ghardaïa (32° 29' 00" Nord, 3° 41' 00" Est).

**I.11.2.2 METHODOLOGIE DE RECHERCHE :**

La combinaison de deux systèmes, le premier de ventilation naturelle et le deuxième de refroidissement. La ventilation va être assurée par l'intensité solaire incidente sur la cheminée solaire ou le gisement solaire algérien et l'un des plus importants au monde et le rafraîchissement par un puits climatique afin de profiter de la géothermie, au but d'assurer un confort thermique intérieur abordable et réduire au maximum la dépendance au système de climatisation conventionnelle dans un climat chaud et aride. La recherche est basée sur un travail théorique par simulation numérique vise à établir les causes qui influent sur le refroidissement d'un système combiné, à travers des techniques simulées qui permettent de calculer le rapport d'influence des paramètres du système sur le refroidissement. Pour arriver aux objectifs une modélisation et simulation dans les quotidiens climatique de la ville de Ghardaïa ; de deux cellules identiques, la première (A) équipée par le système étudié, la deuxième (B) c'est une cellule de référence. Afin de connaître le rendement du système par l'évaluation: - De la température intérieure par rapport la température extérieure et la

température de la cellule de référence. - Comparée les résultats avec d'autres recherches précédentes.

### **I.11.2.3 Synthèse :**

- La simulation thermique dynamique a été appliquée pour évaluer un système de refroidissement passif par l'accouplement de puits climatique a une cheminée solaire dans une chambre cubique de 27 m<sup>3</sup>
  - ; proposée d'être dans une zone a climat chaud et aride exactement dans la région de la vallée de M'Zab au Sahara algérien ; la température du sol calculée durant le mois de juin est autour de 24,26°C dans une profondeur de 3.5 m ou les conduits de puits climatique sont implantés, cette température est proche avec les résultats expérimentaux de Moumimi et al qui se trouve dans la même zone climatique exactement dans la ville de Biskra. Par contre la température soufflée dans la cellule dans le collecteur est entre 24.70°C et 27°C une légère augmentation significative la recherche de **Woodson 2012 et al. [32]**

## **I.11.3 Mémoire n°03 : EVALUATION ET AMELIORATION D'EFFICACITE ENERGITIQUE ET DU CONFORT THERMIQUE D'UN HERITAGE ARCHITECTURAL TRADITIONNEL EN ZONE ARIDE (cas du ksar Tafflelt). Par : I.AKACEM**

### **I.11.3.1 OBJECTIFS DE LA RECHERCHE :**

Cette travail de recherche se situe dans le contexte de minimisation ou de maitrise de la consommation énergétique des bâtiments et l'amélioration du confort thermique des occupant dans le but de contribuer aux objectifs du programme national d'amélioration d'efficacité pour la préservation des ressources et la systématisation d'une consommation utile et optimal.

### **I.11.3.2 METHODOLOGIE DE RECHERCHE :**

Pour permettre de récolter les informations nécessaires au bon déroulement de cette recherche, Un travail de terrain s'est imposé. A cet effet, elle fait appel à des techniques d'investigations telles que :

- L'étude au laboratoire du matériau utilisé afin de déterminé ces performances thermo-physique.



- La vérification de conformité à la norme thermique algérienne.

## **I.12 Conclusion :**

L'Algérie est divisée en des zones chaque zone possède des caractéristique climatique il a un climat spécial.

Au sud, l'Algérie renferme un climat aride où sont construits des bâtiments et des ksour spécial résistant la chaleur et au climat aride par exemple Ksar TINEMMIRINE et Ksar TIMIMOUN qui a été construit par éléments de construction et méthode d'architecture bioclimatique efficace.

Peut compter sur rafraichissement de l'aire par effet d'humidification d'air pour au rafraichissement pour s'adapter dans les climats chauds.

Des études dans la littérature ont confirmé que même dans les ksour du climat aride le confort n'est pas atteint. Pour notre étude alors nous avons opté pour le ksar de Tafilelt ce nouveau Ksar dont la conception a été inspirée du vieux ksar Ben Izguen

## **II. Chapitre 02 : Présentation du cas étudié :**

### **II.1 Introduction :**

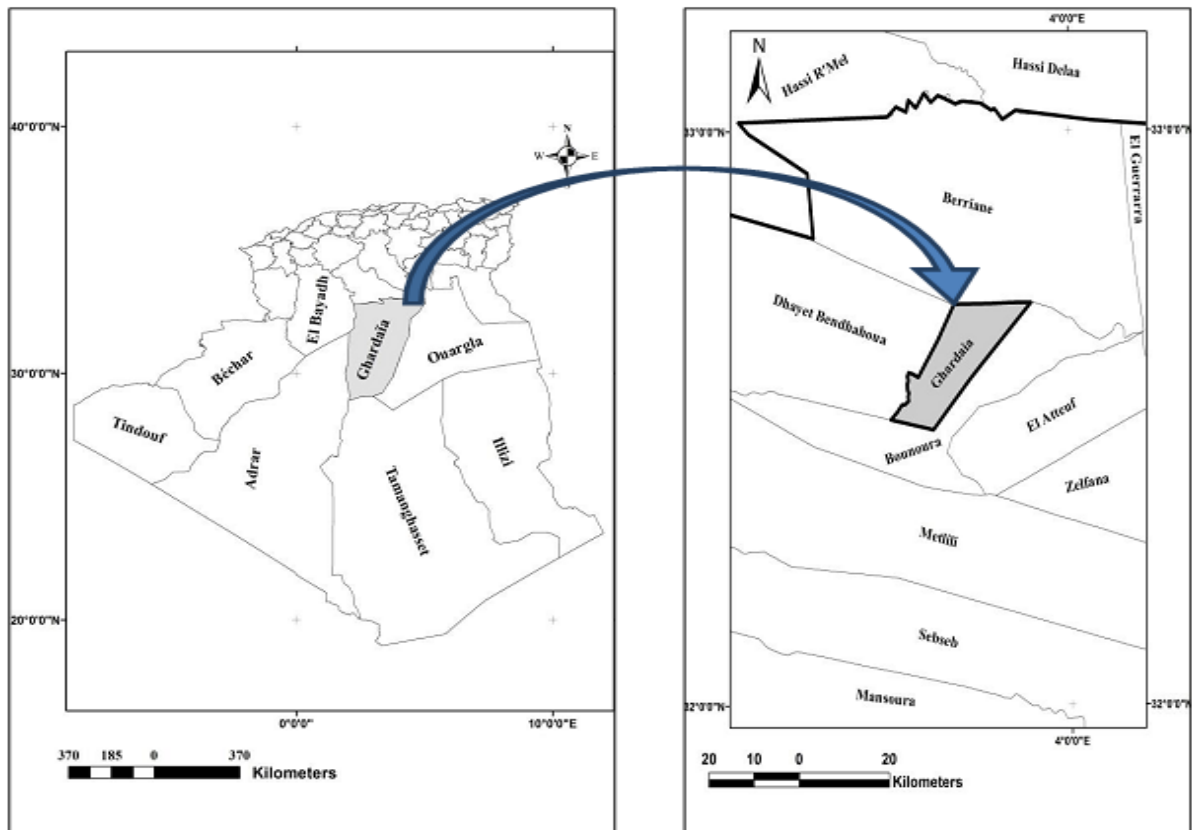
Dans ce chapitre nous avons présente les données climatiques et météorologiques de ville Ghardaïa et aussi le principe et les matériaux de construction de la maison choisi du ksar de Tafilet.

### **II.2 Présentation de la région Ghardaïa :**

#### **Situation géographique :**

La ville de Ghardaïa est située dans la vallée du M'Zab, au centre du Sahara septentrional, à environ 600 Km au Sud d'Alger, occupant une position centrale reliant le Nord au Sahara (Figure II.1). Elle est située dans la wilaya de Ghardaïa, limitée par [33]

- La Wilaya de Laghouat situé à 200 Km au Nord de la ville de Ghardaïa (chef lieu).
- La Wilaya de Djelfa, 300 Km au Nord Est.
- La Wilaya d'Ouargla, 200 Km à l'Est.
- La Wilaya de Tamanrasset, 1470 Km.
- La Wilaya d'Adrar, 400 Km.
- La Wilaya d'El Bayadh, 350Km. [33]



**Figure II.1:Présentation géographique de la région de GHARDAIA [33]**

Le M'Zab est notamment célèbre pour sa « pentapole » des cinq Ksour dont sa capitale Ghardaïa nommé « Tagherdayt », qui est un diminutif de « igherd» signifiant oasis [34]. Les coordonnées géographiques de Ghardaïa sont  $3^{\circ}36'54,09''E$   $32^{\circ}31'0,58''N$  et  $3^{\circ}45'58,50''E$   $32^{\circ}27'12,98''N$  avec une altitude de 500 m.

La Wilaya couvre une superficie de 86 560 km<sup>2</sup>. La population à Ghardaïa est de 363598 Habitants avec une densité de 4.2 hab/Km. [35]

Nous avons très souvent tendance à penser qu'une ville nouvelle ou un noyau urbain ne naissait que suite à la saturation de la ville existante. Au M'Zab, la fondation d'une cité nouvelle ne résulte pas de la saturation de la cité existante. En effet, la deuxième cité du M'Zab [36], à été fondée, (34) trente-quatre ans après la première, [37] selon le rythme de croissance très faible, ne devait pas encore s'étendre au-delà de son noyau initial suivie sept ans plus tard, par Ghardaïa, soixante et onze ans après suivit par Melika, et après deux siècles et demi presque suivit Ben-Isgen. Après Tafilalt lancé en 1997, ce nouveau ksar, qui s'étend sur un site rocheux d'une superficie de 22 hectares, compte plus de 1000 habitations et a été conçu pour une meilleure qualité de vie, en s'appuyant sur l'interprétation consciente de l'héritage architectural ancestral et la préservation de l'environnement. [38]

Il s'agit là d'une multiplication volontaire de noyaux urbains autonomes selon un mode d'urbanisation discontinu, fondé sur le principe de la préservation d'un seuil-équilibre, nature/culture, bâti/végétal. [39]

### II.3 Identification de ses caractéristiques climatiques :

Latitude : 32.4°, Longitude : 3.8 ° Altitude : 468m [40]

#### II.3.1 Caractéristiques météorologiques de la ville Ghardaïa :

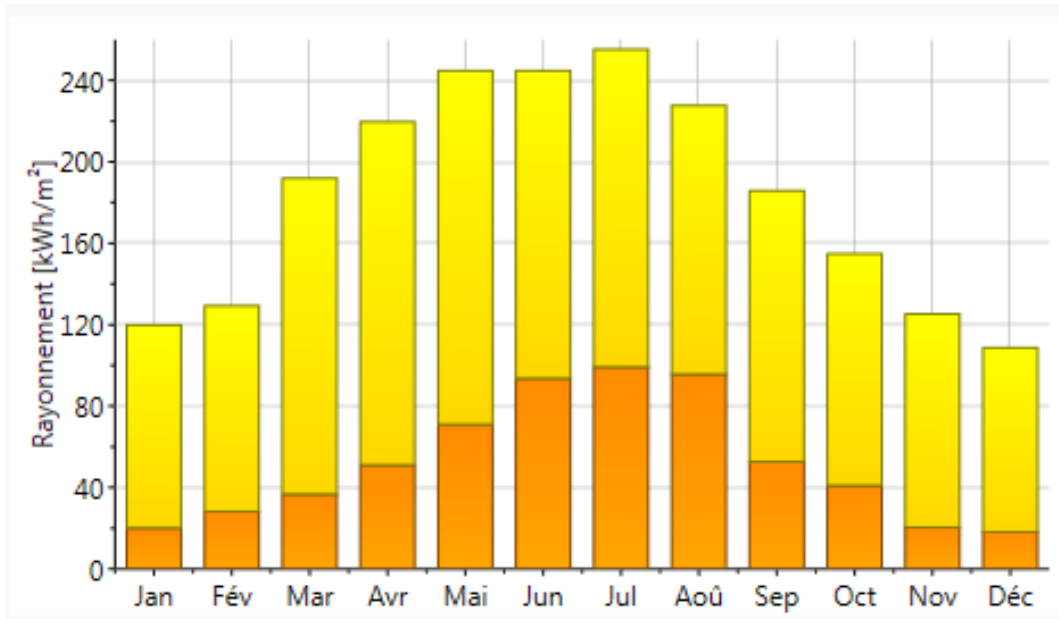
Le tableau ci-dessous présente quelques données climatiques de la ville Ghardaïa:

	Gh kWh/m <sup>2</sup>	Dh kWh/m <sup>2</sup>	Bn kWh/m <sup>2</sup>	Ta °C	Td °C	FF m/s	
Janvier	120	20	224	10,7	1,3	3,4	
Février	129	28	194	13,2	0,6	3,5	
Mars	192	37	246	17,9	2	3,9	
Avril	220	51	244	21,5	3,3	4,7	
Mai	245	71	235	26,5	5,6	4,4	
Juin	245	94	192	31,5	7,5	3,6	
Juillet	255	99	189	35,4	9,1	3,5	
Août	228	96	171	34	10	3,3	
Septembre	186	53	202	28,7	10,9	3,4	
Octobre	155	41	197	23,6	9,4	3	
Novembre	125	20	216	16,1	4,8	3	
Décembre	109	18	212	12,1	2,7	3,6	
Année	2205	628	2522	22,6	5,6	3,6	

Tableau II-1 : Caractéristiques météorologiques de la ville Ghardaïa [40]

#### II.3.2 Rayonnement :

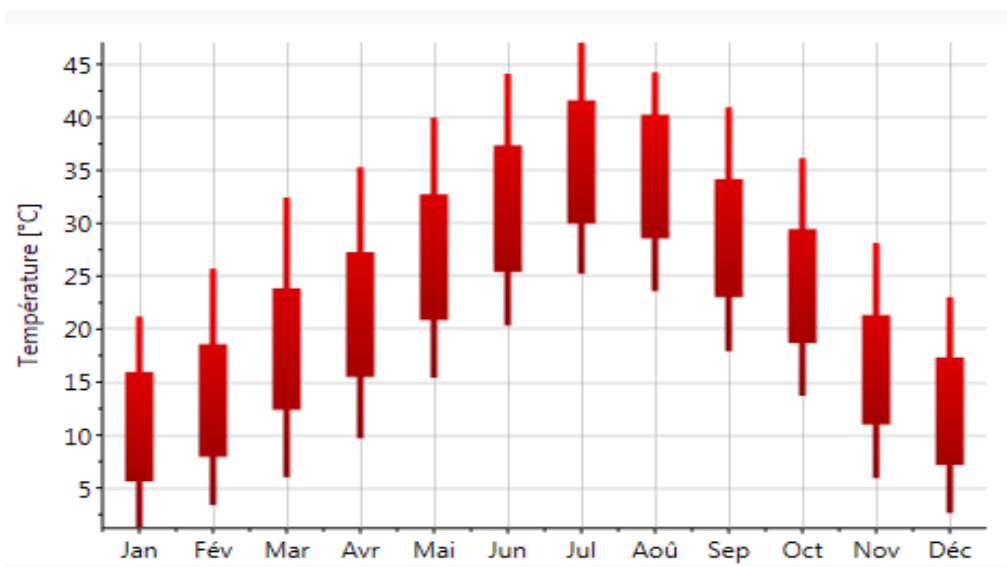
On remarque que le mois ayant le rayonnement global le plus important est le mois de juillet, quant au rayonnement diffus il est plus important le mois de juillet.



**Figure II.2 : le rayonnement diffus et global [40]**

### II.3.3 Température :

La chaleur constitue l'élément le plus important du climat, à partir de la figure suivante on remarque que la région du Ghardaïa est caractérisée par des températures très élevées : le mois le plus chaud est le mois de juillet avec un maximum de 42°C.



**Figure II.3 : évolution des températures [40]**

### II.3.4 Température journalière :

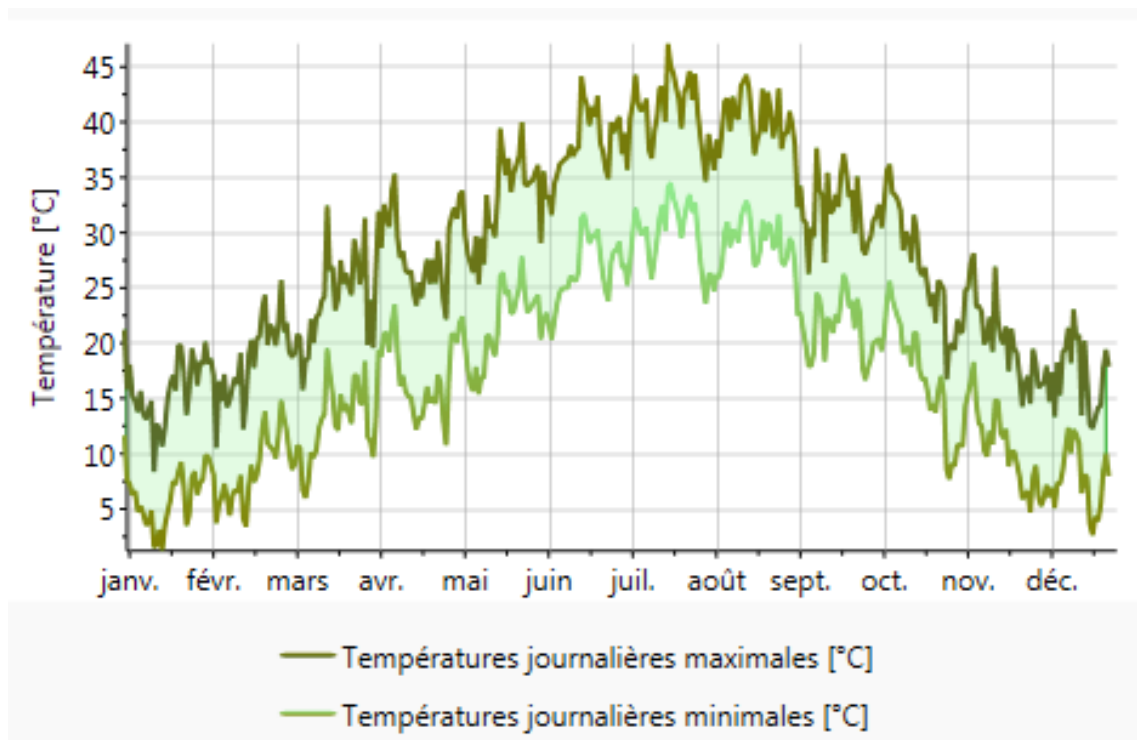


Figure II.4 Température journalière [40]

### II.3.5 L'enseillement :

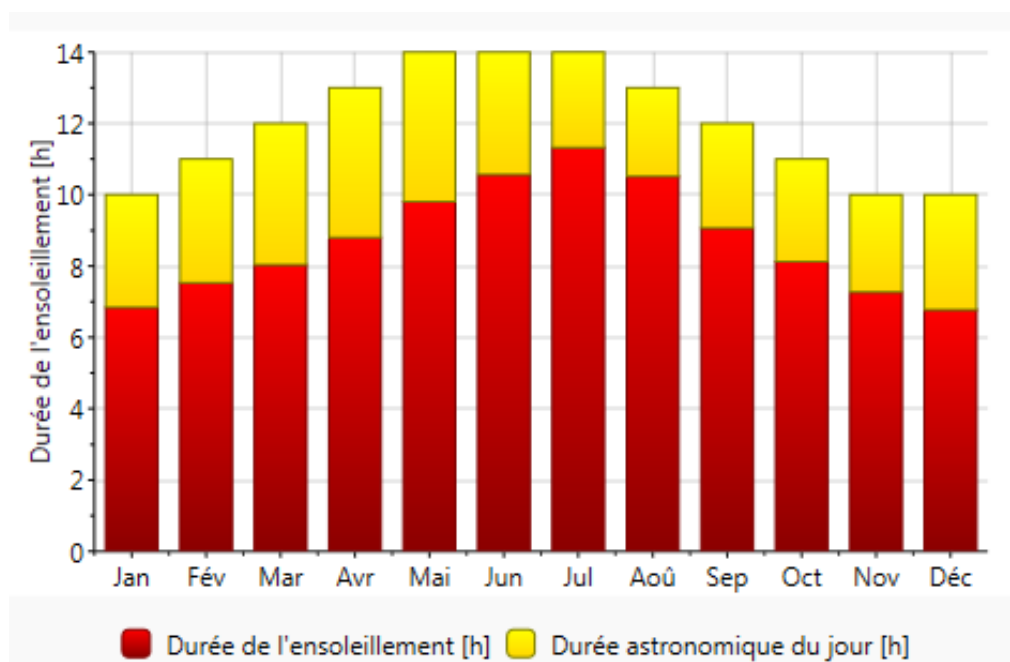


Figure II.5 le maximum de L'enseillement [40]

### II.3.6 Rayonnement global journalier :

On peut déduire à partir de la figure suivante que l'ensoleillement global oscille autour de  $3.2\text{kWh}/\text{m}^2$  en hiver, et peut atteindre  $8.3\text{kWh}/\text{m}^2$  en été.



Figure II.6 Irradiation journalière globale [40]

### II.3.7 Précipitations :

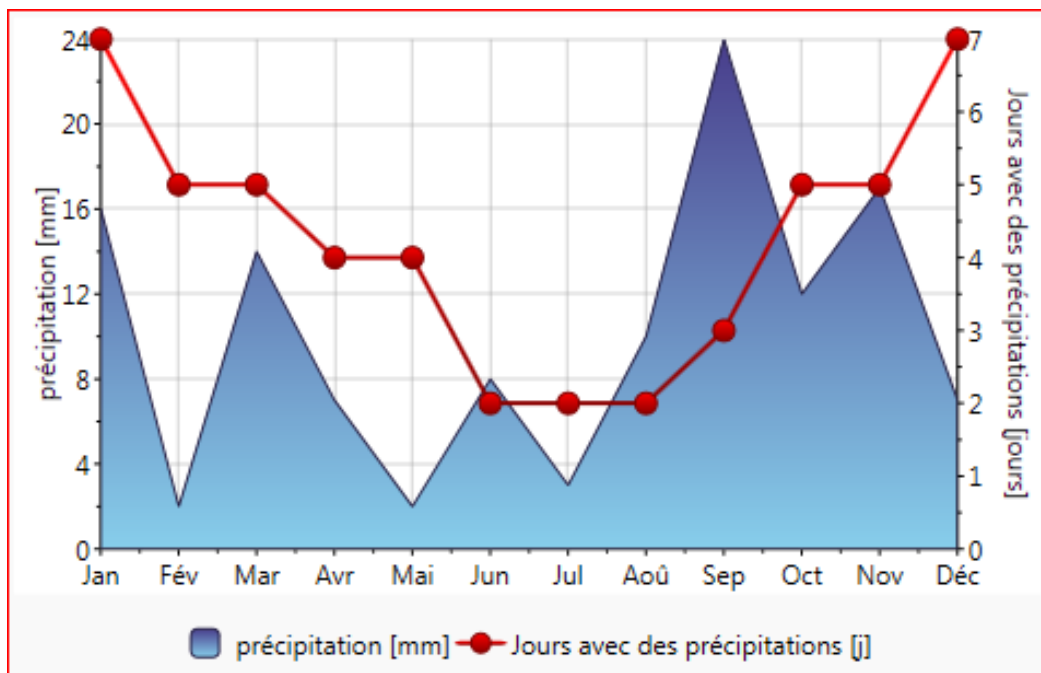


Figure II.7 les jours avec des précipitations [40]

## II.4 Présentation du cas d'étude :

### II.4.1 Présentation du ksar de Tafilelt :

Le ksar de Tafilelt ou la cité Tafilelt Tajdite (nouvelle), initié en 1998 par la fondation Amidoul dans le cadre d'un projet social, est un ensemble bâti sur une colline rocailleuse surplombant le ksar de Beni-Isguen, cet ensemble urbain, comptant 870 logements, est doté de placettes, rues, ruelles, passages couverts, aires de jeux et des structures d'accompagnement, telles que bibliothèque, école, boutiques, maison communautaire [41], salle de sport et en prévision des équipements culturels et de loisirs (parc). Considéré comme étant l'extension de l'ancien ksar de Beni-Isguen, ce nouveau ksar a été édifié grâce à un montage financier mettant à contribution: le bénéficiaire, l'Etat (dans le cadre de la formule 'Logement social participatif') et la communauté à travers la fondation Amidoul. Pour assurer le confort thermique, certains principes architecturaux et urbanistiques traditionnels ont été réactualisés

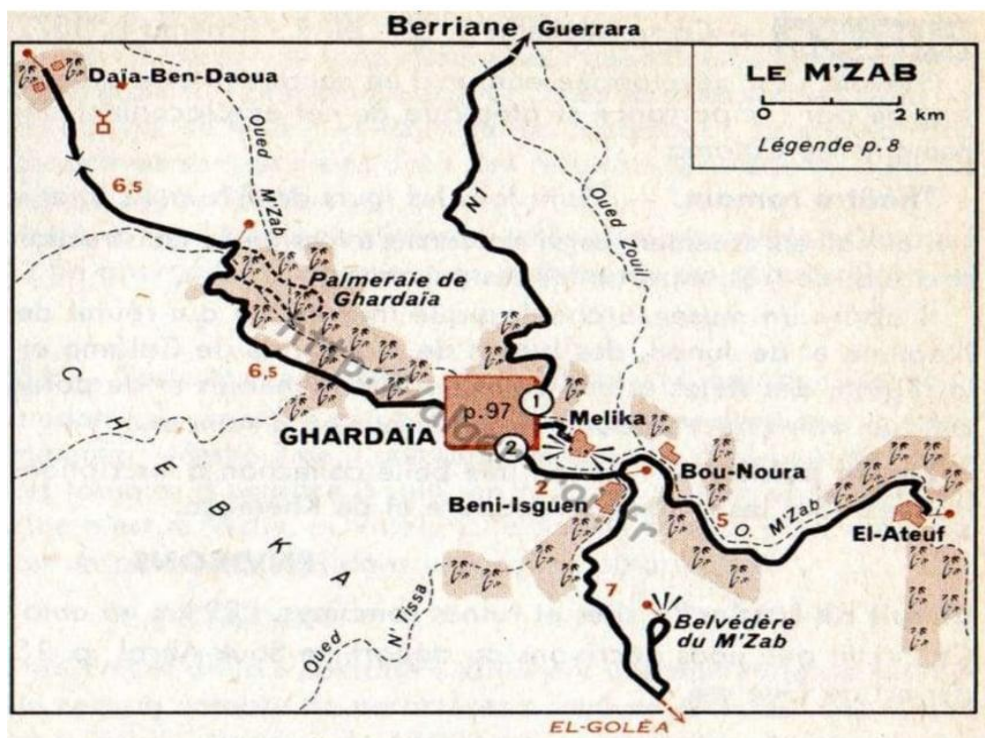


Figure II.8:le M'ZAB (guide vert Michelin, 1956) [42]





**Figure II.9: Situation du Ksar Tafilalet. [43]**

Il s'appuie sur :

- La contribution des institutions sociales traditionnelles.
- La proposition d'un environnement rationnel du bâtiment.
- L'implication de l'homme - surtout dans sa dimension culturelle, dans la mise en œuvre de son foyer.
- L'interprétation consciente de l'héritage architectural ancien.
- L'implantation impérative dans un milieu rocheux pour préserver le milieu fragile. [44]



**Figure II.10: Ksar Tafilalet [45]**

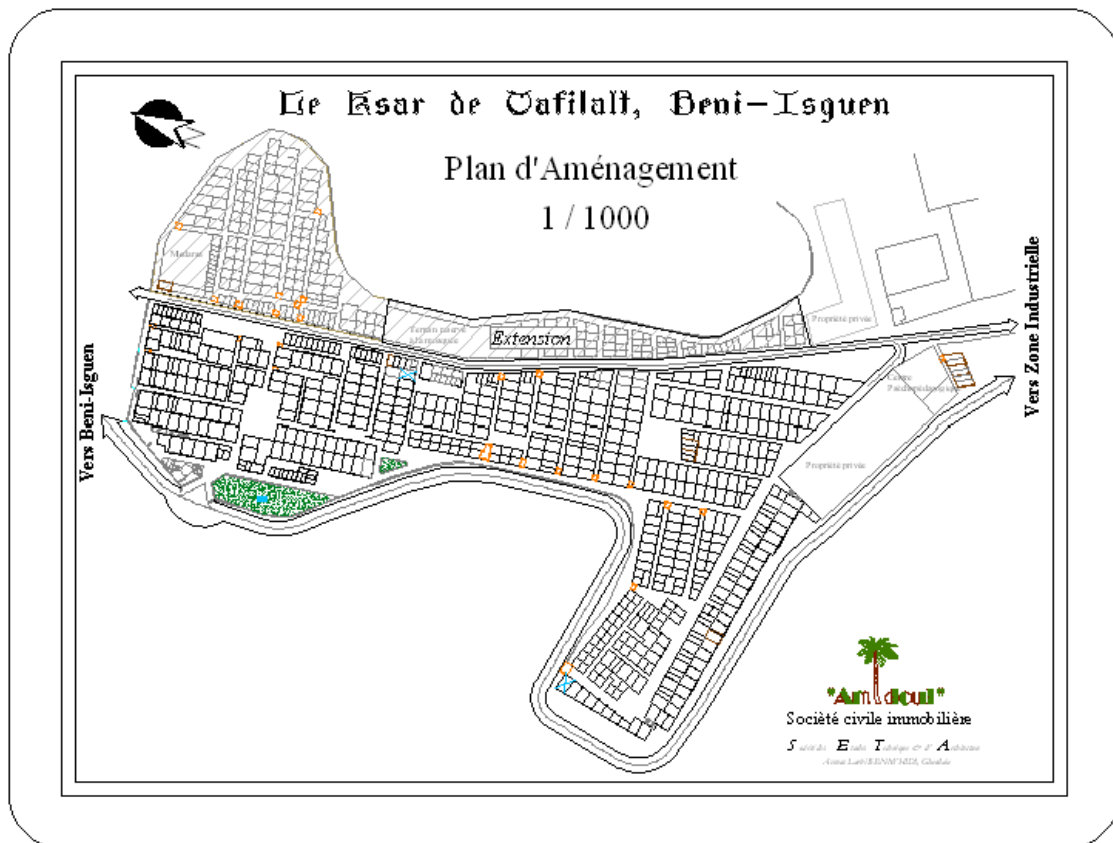


Figure II.11: Plan d'aménagement du ksar de Tafilet [46]

#### II.4.2 La compacité :

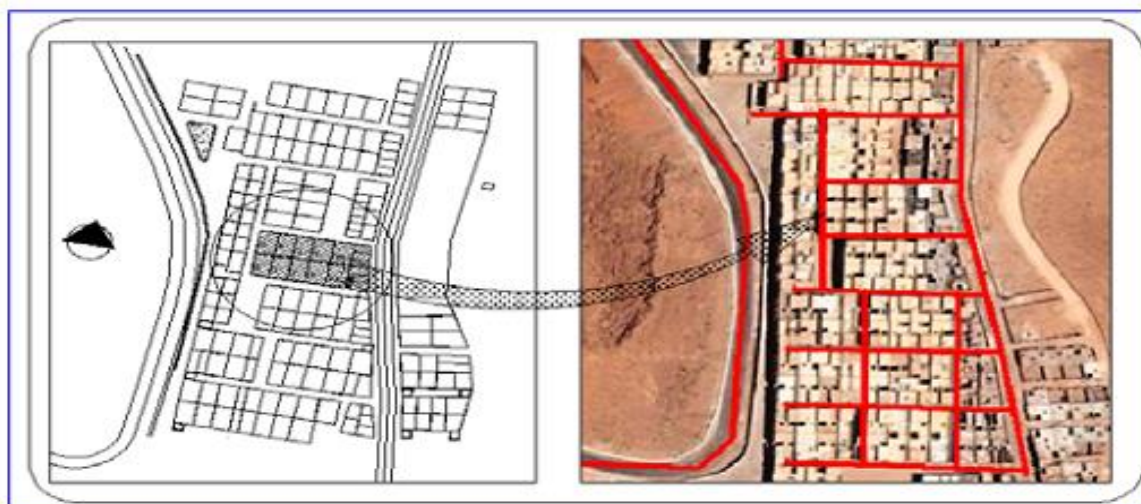


Figure II.12: Le ksar de Tafilet et son organisation compacte [47]

Le ksar de Tafilet est organisé selon un système viaire à géométrie rectiligne, un profil moins étroit (4.50 m) que les rues des anciens ksour pour les exigences de la modernité (la voiture), profondes et se coupent à angle droit. Les maisons occupant la totalité de la parcelle sont accolées autant que possible les unes aux autres (Figure II.12), ce qui permet de réduire

les surfaces exposées à l'ensoleillement, à l'exception de la façade principale et terrasse. Il a été produit une organisation urbaine compacte, en comparaison avec le ksar de Beni-Isguen. L'introversion des habitations, à travers leurs organisations autour d'une cour, réduit énormément les surfaces exposées vers l'extérieur [47], c'est alors une réponse climatique et sociale.

### **II.4.3 L'ensoleillement :**

Le rayonnement solaire dans les rues est fonction de la hauteur du soleil, donc de la variation saisonnière, mais aussi de la géométrie de la rue en terme de prospect. Diverses recherches ont mis en valeur l'impact de cette géométrie sur les variations de température de l'air et de surface [48]. L'orientation par rapport aux vents dominants influe également sur les températures, si bien que les rues parallèles à la direction du vent sont plus fraîches que celles qui y sont perpendiculaires. [49]

De ce qui précède, l'analyse de l'ensoleillement du site de Tafilelt repose sur l'étude de la géométrie des rues. Au niveau de l'organisation générale, la structure viaire est de type hiérarchisée en échiquier (tracé régulier), où les rues sont orientées suivant deux directions principales (Est-Ouest et Nord-Sud) et classées en trois catégories :

- Les voies primaires de largeur moyenne de 9.50 m desservent le ksar avec l'extérieur, ont un prospect de 0.89,
- Les voies secondaires ou de jonction de largeur moyenne de 5.80 m relient les voies primaires avec celles de desserte, présentent un prospect de 1.45,
- Les voies tertiaires ou de dessertes sont relativement plus étroites, elles varient entre 3.60 et 3.80 m pour des prospects de 2.35 à 2.22.

Avec ces valeurs de prospect relativement élevées par rapport à celles relevées à Beni-Isguen comme le montre la Figure II.13 (entre 1.4 pour les rues couvertes et 7.5 pour une largeur de rue de 1.40 [50]), le soleil, très haut en été (81° le 21 juin), permet une pénétration maximale dans les rues, mais l'étroitesse de ces dernières observées dans l'ancien ksar, limite les surfaces d'ensoleillement. Les façades sud (rues orientées Est-Ouest) sont ensoleillées durant presque toute la journée en période d'été, il est relevé une moyenne de 330 heures d'insolation au mois de juillet. En l'absence de protections contre le rayonnement solaire, ces façades peuvent accumuler des quantités de chaleur importante et

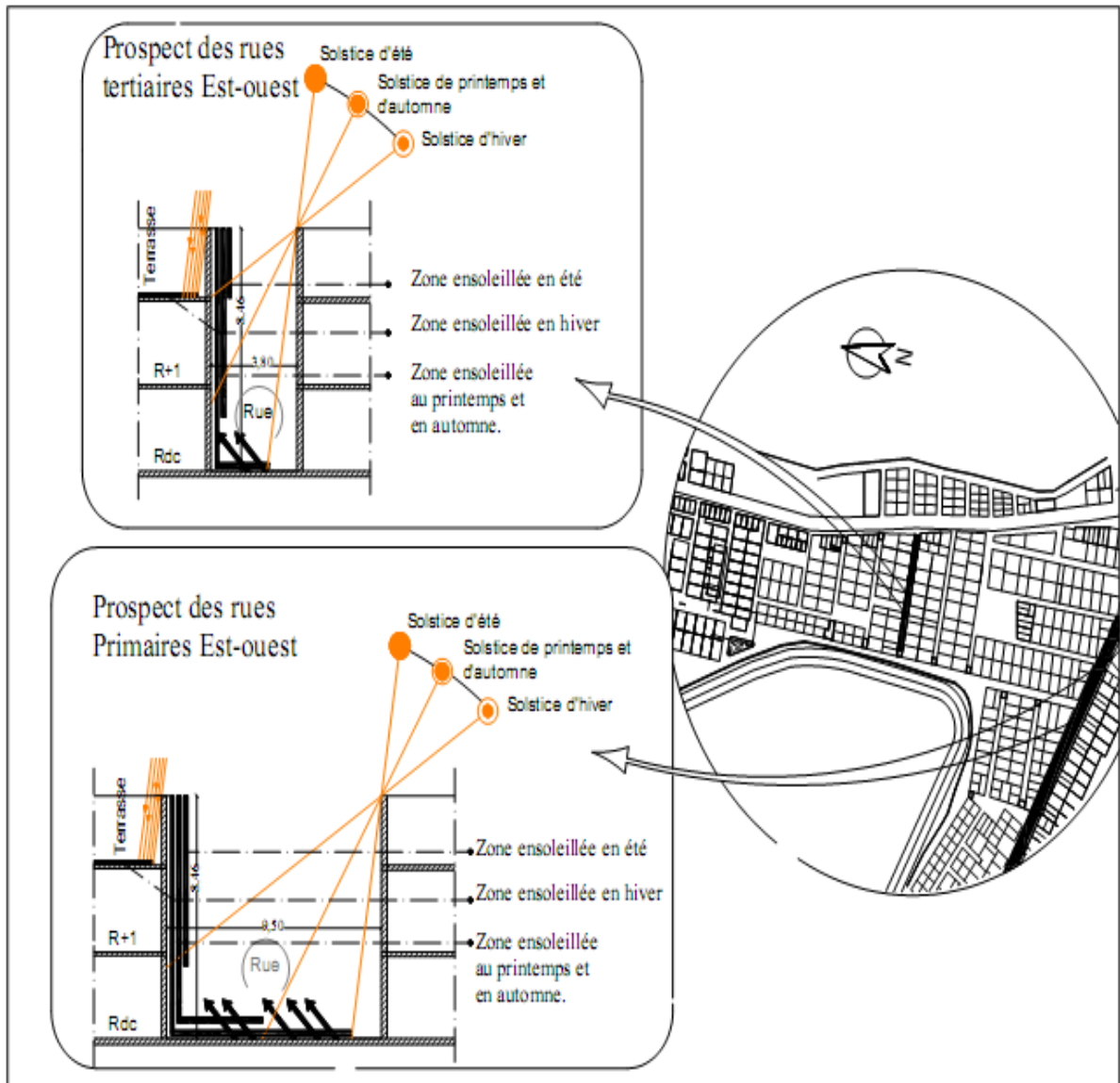
atteindre des températures de surface qui dépassent largement la température de l'air ambiant.



Figure II.13: Comparaison du prospect entre l'ancien et le nouveau ksar [50]

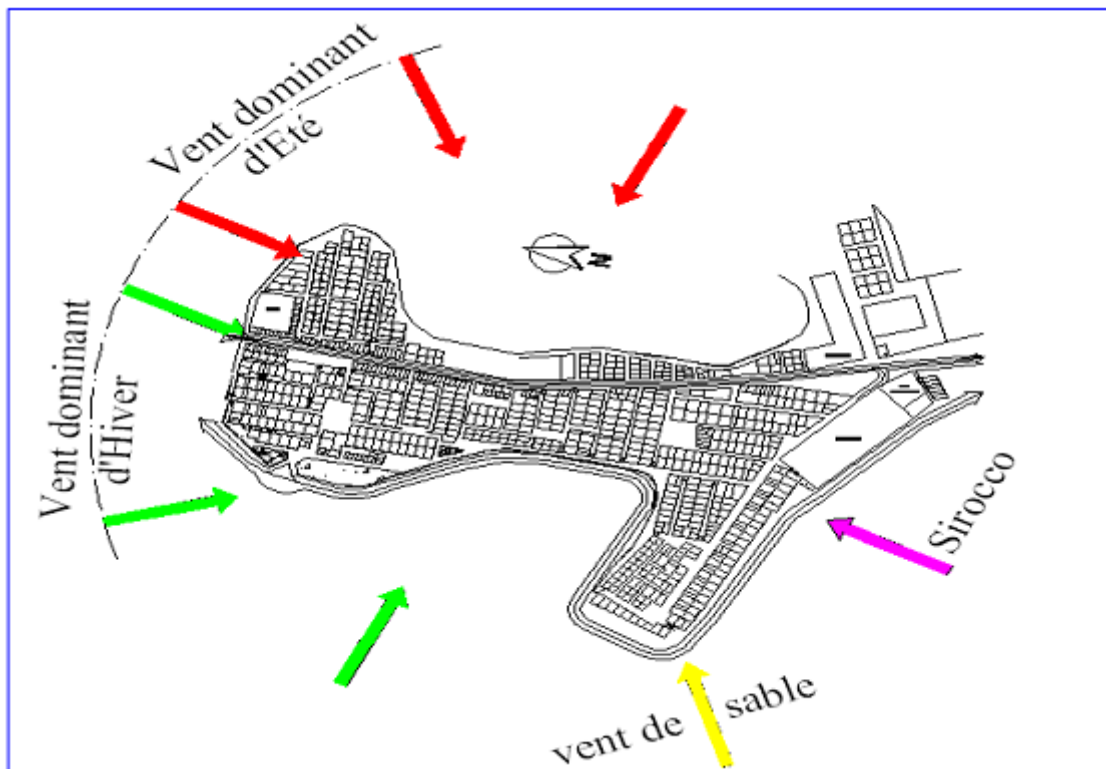


Figure II.14: Réinterprétation d'éléments symboliques des anciens ksour, la porte urbaine, la tour de gué ou le puit [51]



**Figure II.15:Le prospect dans le ksar de Tafilet. [44]**

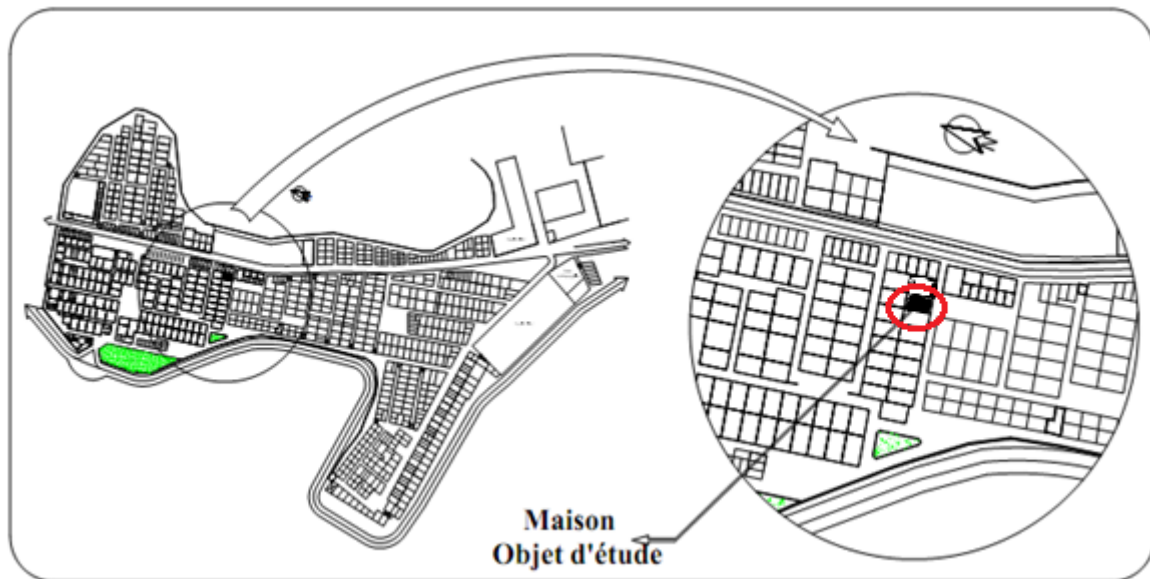
### La ventilation naturelle :



**Figure II.16:Le ksar de Tafilelt est soumis à toutes les directions du vent [44]**

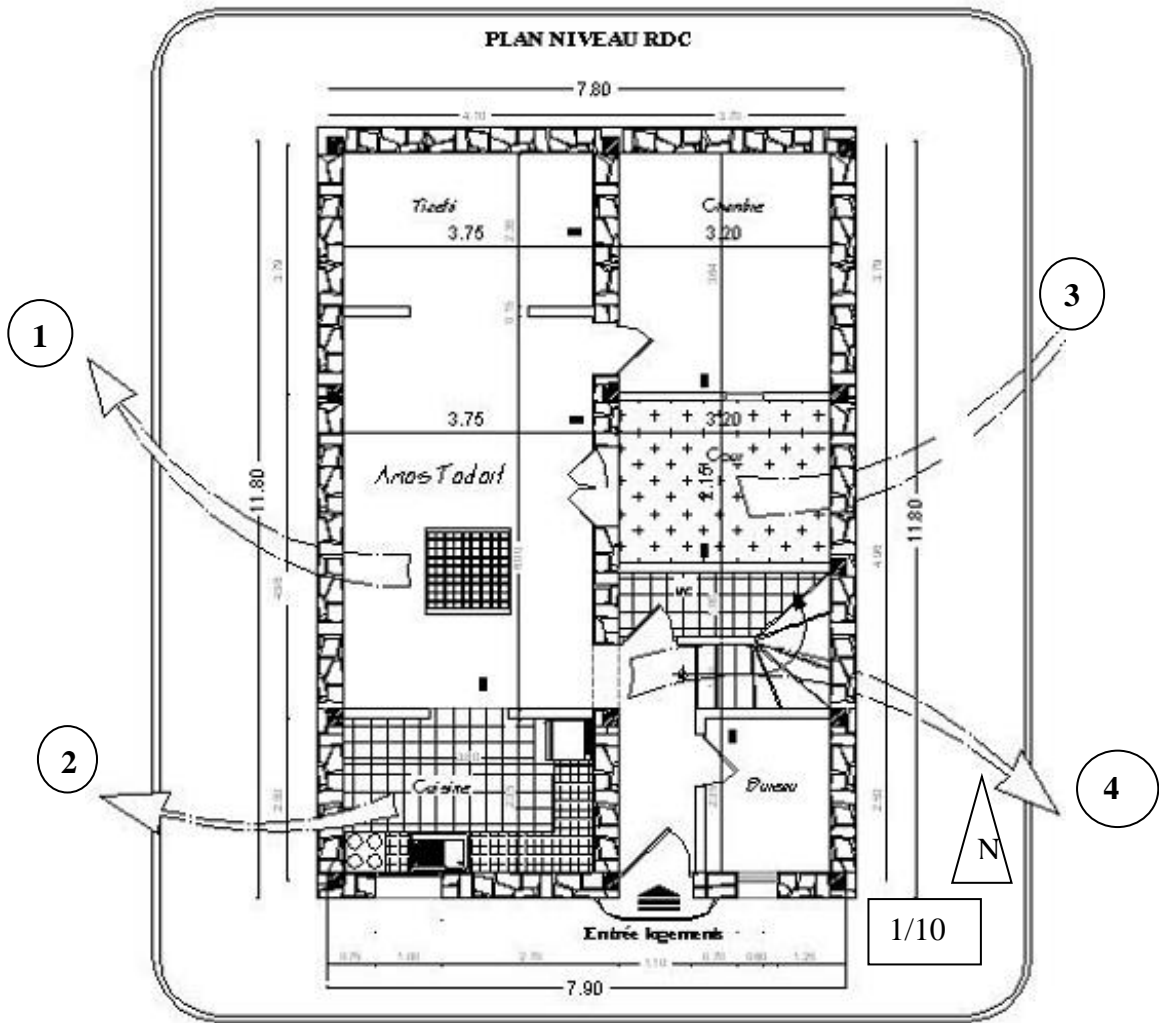
Le ksar de Tafilelt situé sur un plateau surplombant la vallée est exposé à toutes les directions du vent (Figure II.16) comparativement à la palmeraie qui en demeure très protégée, en raison de son comportement comme une brise vent efficace. Dans les anciens ksour, l'association entre la géométrie des rues (prospect élevé, sinuosité et orientation oblique) et la direction des vents influe sur l'atténuation de la vitesse de l'écoulement de l'air, contrairement au ksar de Tafilelt, qui par sa situation sur un plateau, le tracé des rues et leur orientation sont, autant d'éléments qui favorisent grandement la pénétration des vents, été comme hiver, avec toute la gêne engendrée pour les habitants. [53]

#### II.4.4 Description de la maison étudiée :



**Figure II.17: Situation de la maison étudiée.**

Nous avons choisi une maison typique, la plus répandue dans le ksar, de dimensions de 07,80 x 11,50 m. Elle se développe en R+1 avec terrasse accessible. Le bâti, occupant toute la parcelle rectangulaire (C.E.S=1), est mitoyen avec les maisons voisines de l'Est, l'Ouest et Nord, et est allongé dans la direction Nord-Sud (Figure II.17).



1



2



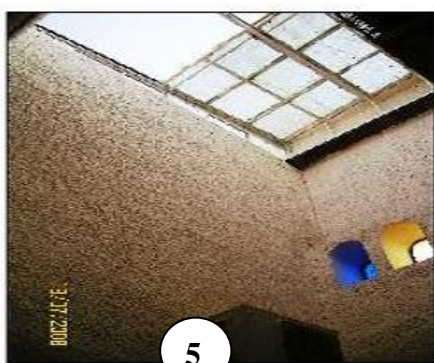
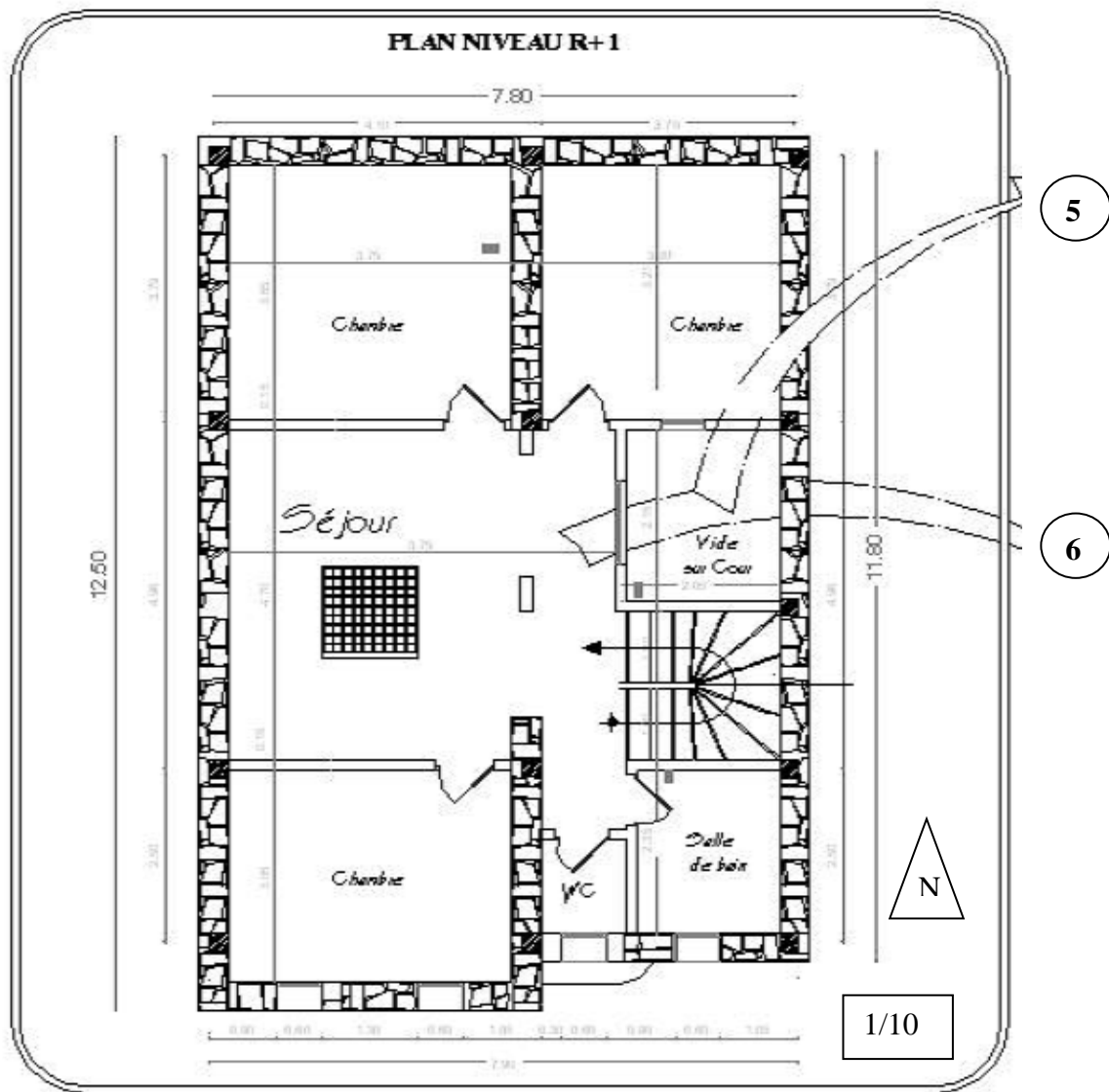
3



4

Figure II.18: Plan du RDC avec vues sur le séjour et le chebek, la cuisine, la cour et l'entrée [44]





**Figure II.19: Plan du R+1 avec vues sur le séjour et, la couverture de la cour [44]**

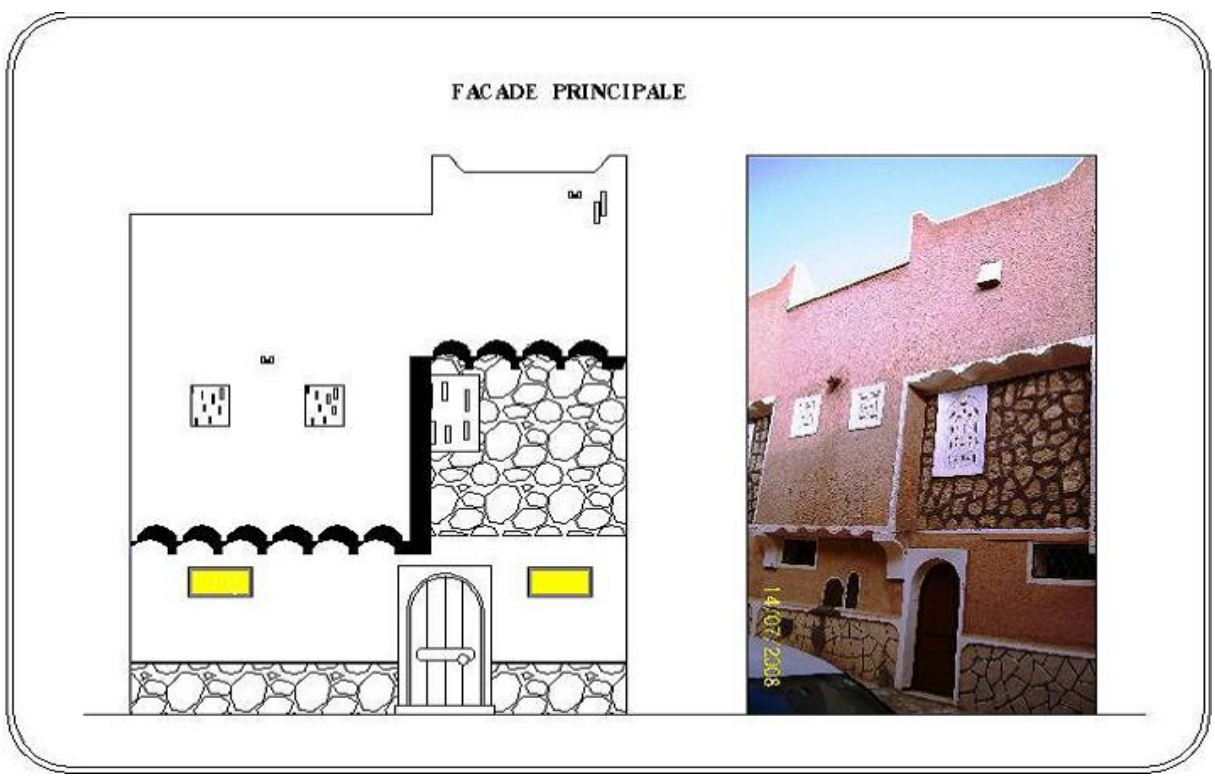
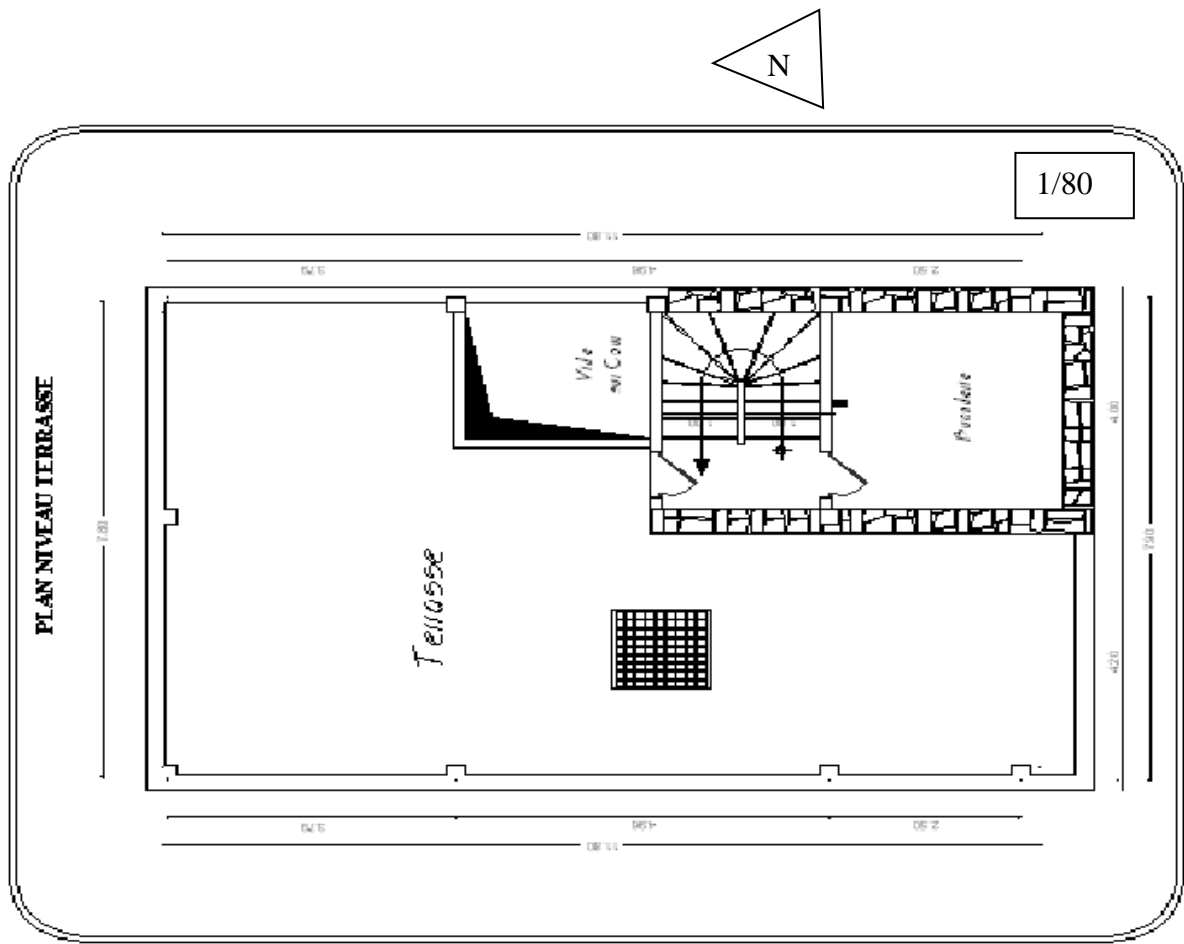


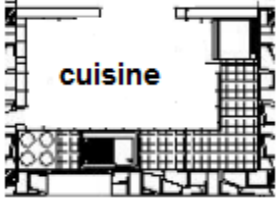

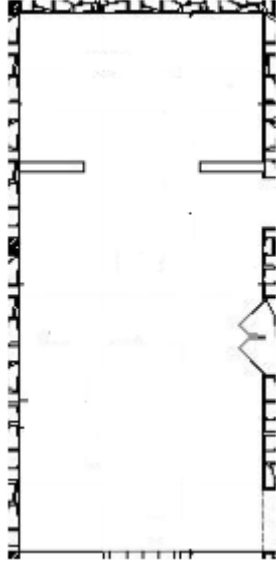

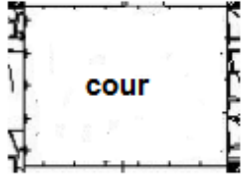

Figure II.20 : Façade principale et plan de la terrasse. [44]

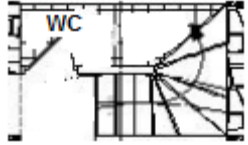





## II.5 Les matériaux de construction :

 <p>Pierres</p>	 <p>Sable</p>
 <p>Chaux</p>	 <p>Plâtre</p>
 <p>Ciment</p>	 <p>Parpaings creux</p>
 <p>Poutrelles en béton armé</p>	

Tableau II-2: Les matériaux de construction utilisés dans le Ksar

## II.6 Description d'habitat d'étude :

Espace	Surface	Forme	Orienteon	Photos
cuisine	9,37 m <sup>2</sup>		Sud West	
séjour	33,18 m <sup>2</sup>		West	
Cour	8m <sup>2</sup>		Nord est	

El chebek+ WC	4,9m <sup>2</sup>		est	
Séjour de R+1	17,86 m <sup>2</sup>		West	
Couverture de la cour R+1	8m <sup>2</sup>		est	

**Tableau II-3:Description des espaces du cas d'étude**

## II.7 Identification des éléments constructifs :

Composition des murs porteurs	Composition des toitures	Composition des plancher bas
<p><b>Ep: 45 cm.</b></p>	<p><b>Ep: 20 cm.</b></p>	
		<p>a : Sable sec  b : pierres  c : mortier  d : carrelages</p>

**Tableau II-4: Identification des éléments constructifs**

ouverture	dimension	photos
Porte (bois)	<p><b>II.7.1 Largeur =0.8m</b></p> <p><b>II.7.2 Hauteur=2 m</b></p>	
Fenêtre (bois)	<p><b>II.7.3 Largeur=0.5m</b></p> <p><b>II.7.4 Hauteur=0.8m</b></p>	

**Tableau II-5 : Caractéristique des ouvertures**

## **II.8 Conclusion :**

Dans cette partie nous avons présenté la région de Ghardaïa et l'identification de ces caractéristiques climatiques à l'aide de logiciel « meteonorm7 », Ainsi que la présentation de la conception de la maison de notre cas d'étude « ksar Tafilelt ».

### **III. Chapitre 3 :Résultat et étapes de simulation :**

#### **III.1 Introduction:**

Nous avons utilisé la simulation thermique dynamique (STD) avec logiciel pléiades. Ce logiciel permet de faire vivre virtuellement le bâtiment sur une année entière afin d'étudier son comportement prévisionnel pour des résultats proches de la réalité. [54]

#### **III.2 Définition de la modélisation :**

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

La simulation permet de nous donner trois réponses :

- 1)-Evolution des températures.
- 2)-taux d'inconfort.
- 3)-Besoins et consommation en chauffage et climatisation.

La STD permet de prendre en compte l'inertie thermique du bâtiment ; les ponts thermiques, le comportement des usagers, la stratégie de régulation et de mener les études de sensibilités afférentes. Elle permet donc d'identifier et de quantifier l'impact des différentes fuites énergétique (pontes thermiques, infiltration, ventilation....) afin de valider les concepts et solutions technique retenues. [55]

#### **III.3 Présentation des logiciels utilisés :**

**PLEIADES (version 5.19.7.3):** Pleiades est le logiciel d'éco-conception des bâtiments développé et diffusé par IZUBA énergies. Polyvalent, Pleiades réunit tous les outils pour l'évaluation de la performance énergétique et environnementale des bâtiments : simulation thermique dynamique, vérification réglementaire, dimensionnement des équipements, analyse du cycle de vie et qualité de l'air intérieur.

Convivial, Pleiades dispose d'une interface à l'ergonomie éprouvée pour une saisie facile et rapide : modeleur graphique et fonction d'import de maquettes numériques.



Innovant, Pleiades s'enrichit régulièrement de fonctionnalités intégrant les dernières avancées de la recherche scientifique. [54]

### III.4 Processus d'application des logiciels :

#### III.4.1 SOUS PLEIADES:

Bibliothèque :

##### III.4.1.1 Création des matériaux :

Pour les caractéristiques nous avons utilisé les résultats de la littérature (voir tableau)

	Conductivité thermique $\lambda$ : W/mK	Chaleur spécifique c : J/kg.K	Masse volumique kg/m <sup>3</sup>
Pierre	3.2	2200	2050[56]
Mortier de chaux et sable	0.8	1000	1800[57]
Sable sec	0.6	1000	1800[58]

**Tableau III-1:conductivité thermique, chaleur spécifique et la masse volumique du matériau utilisé.**

#### Création des matériaux :

##### Pierre et Mortier de chaux et sable et sable sec :

om	piere	om	mortier de chaux et sable	om	sable sec
omplément	piere	omplément		omplément	
origine		origine		origine	
Caractéristiques	ACV	Caractéristiques	ACV	Caractéristiques	ACV
Conductivité ( $\lambda$ )	3.2 W/(m.K)	Conductivité ( $\lambda$ )	0.8 W/(m.K)	Conductivité ( $\lambda$ )	0.6 W/(m.K)
Masse volumique ( $\rho$ )	2050 kg/m <sup>3</sup>	Masse volumique ( $\rho$ )	1800 kg/m <sup>3</sup>	Masse volumique ( $\rho$ )	1300 kg/m <sup>3</sup>
Chaleur spécifique (c)	{ 2200 J/(kg.K) 0.611 Wh/(kg.K)	Chaleur spécifique (c)	{ 1000 J/(kg.K) 0.278 Wh/(kg.K)	Chaleur spécifique (c)	{ 936 J/(kg.K) 0.26 Wh/(kg.K)
Effusivité	3799 J/(K.m <sup>2</sup> .√s)	Effusivité	1200 J/(K.m <sup>2</sup> .√s)	Effusivité	854 J/(K.m <sup>2</sup> .√s)
Diffusivité	7.095E-7 m <sup>2</sup> /s	Diffusivité	4.44E-7 m <sup>2</sup> /s	Diffusivité	4.931E-7 m <sup>2</sup> /s

**Figure III.1 : Création des matériaux pierre, Mortier de chaux et sable, Sable sec.**

### III.4.1.2 Composition des éléments constructifs :

Mur lourd       Cloison légère

Composants	T	cm	kg/m <sup>2</sup>	λ	R	Extérieur
mortier de chaux et sable	↓	3.0	54	0.800	0.04	↓ Intérieur
Pierre	↓	39.0	800	3.200	0.12	
mortier de chaux et sable	↓	3.0	54	0.800	0.04	
Total		45	908		0.2	

Figure III.2:Composition du mur porteur.

Composants	T	cm	kg/m <sup>2</sup>	λ	R	Extérieur
Enduit extérieur	↓	2.0	34	1.150	0.02	↓ Intérieur
Parpaing de 20	↓	20.0	260	1.053	0.19	
Enduit plâtre	↓	2.0	30	0.350	0.06	
Total		24	324		0.27	

Figure III.3Composition du mur intérieur.

Mur lourd       Cloison légère

Composants	T	cm	kg/m <sup>2</sup>	λ	R	Extérieur
Carrelage	↓	2.0	46	1.700	0.01	↓ Intérieur
Mortier	↓	4.0	80	1.150	0.03	
Pierre	↓	15.0	308	3.200	0.05	
sable sec	↓	25.0	325	0.600	0.42	
Total		46	759		0.51	

Figure III.4:Composition plancher bas.

Composants		T	cm	kg/m <sup>2</sup>	λ	R	Extérieur ↓ Intérieur
<input checked="" type="radio"/> Mur lourd	<input type="radio"/> Cloison légère						
Carrelage		↓	2.0	46	1.700	0.01	
Mortier		↓	2.0	40	1.150	0.02	
Béton lourd		↓	4.0	92	1.750	0.02	
Hourdis de 16 en béton		↓	16.0	208	1.231	0.13	
Total			24	386		0.18	

Figure III.5: Composition du plancher intermédiaire.

Composants		T	cm	kg/m <sup>2</sup>	λ	R	Extérieur ↓ Intérieur
<input checked="" type="radio"/> Mur lourd	<input type="radio"/> Cloison légère						
Béton lourd		↓	4.0	92	1.750	0.02	
Hourdis de 16 en béton		↓	16.0	208	1.231	0.13	
Total			20	300		0.15	

Figure III.6: Composition du plancher haut.

### III.4.1.3 Intégration des ouvertures :

#### Type d'ouvertures :

Th-Bât - RT2012		Portes		Porte-fenêtres	
Nom	Porte simple en bois pleine	Nom	P-Fen bat bois SV		
Complément	Ucadre = 3.5 Pourcentage de clair = 0 % Uvitrage vertical = 0 W/(m <sup>2</sup> .K) Uvitrage horizontal = 0 W/(m <sup>2</sup> .K)	Complément	Battante avec soubassement Ucadre = 3 Pourcentage de clair = 63 % Uvitrage vertical = 4.75 W/(m <sup>2</sup> .K)		
Origine	CSTB	Origine	Ouvrage "Conception Thermique de l'Habitat" + règles TH-BV		
<input checked="" type="checkbox"/> Global   <input type="checkbox"/> Géométrie   <input type="checkbox"/> Données RT   <input type="checkbox"/> ACV		<input checked="" type="checkbox"/> Global   <input type="checkbox"/> Géométrie   <input type="checkbox"/> Données RT   <input type="checkbox"/> ACV			
<input checked="" type="radio"/> Valeurs connues   <input type="radio"/> Valeurs calculées		<input checked="" type="radio"/> Valeurs connues   <input type="radio"/> Valeurs calculées   <input type="checkbox"/> Sans correction d'intégration dans le projet			
Hauteur	2.04 m	Largeur	0.83 m	Hauteur	2.2 m
				Largeur	1.2 m
				Nb de vitrages	1
<b>Sans protection</b> Uw vertical 3.5 W/(m <sup>2</sup> .K)   Uw horizontal 3.5 W/(m <sup>2</sup> .K)		<b>Sans protection</b> Uw vertical 4.103 W/(m <sup>2</sup> .K)   Uw horizontal 4.103 W/(m <sup>2</sup> .K)   Tl global 0			

Figure III.7 : type de porte et de porte fenêtre.

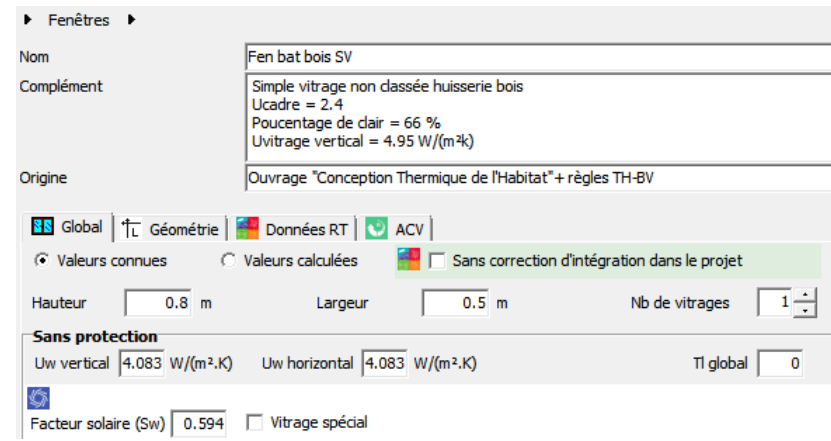


Figure III.8: type de fenêtre.

### III.4.2 Identification de la station Météorologique : (Sous MeteoCalc)

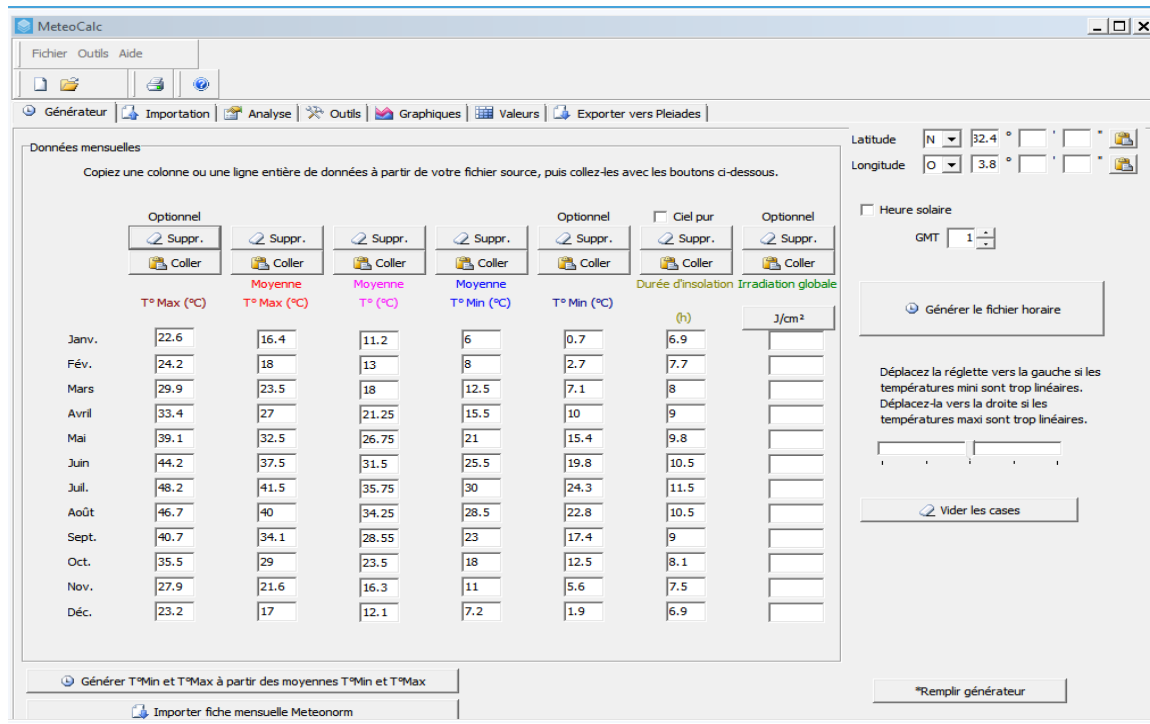


Figure III.9 : insertion des températures et durée d'isolement sous METEOCALC

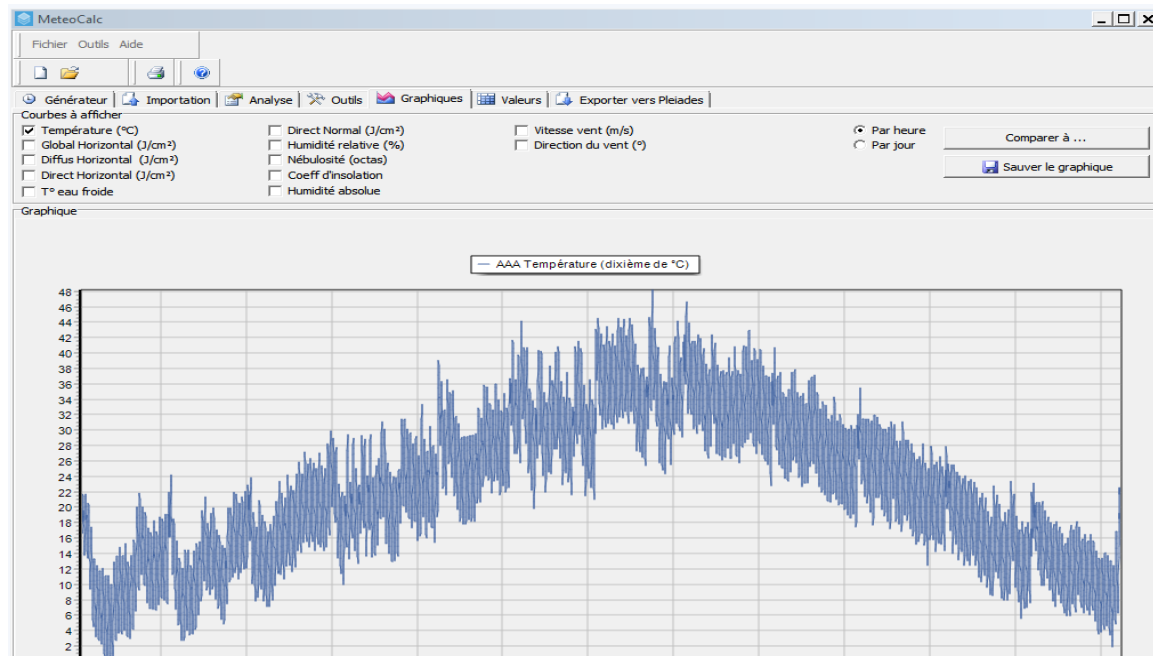


Figure III.10: les variations des températures pendant l'année sous METEOCALC

### III.5 Définition des paramètres constructifs : (modeleur)

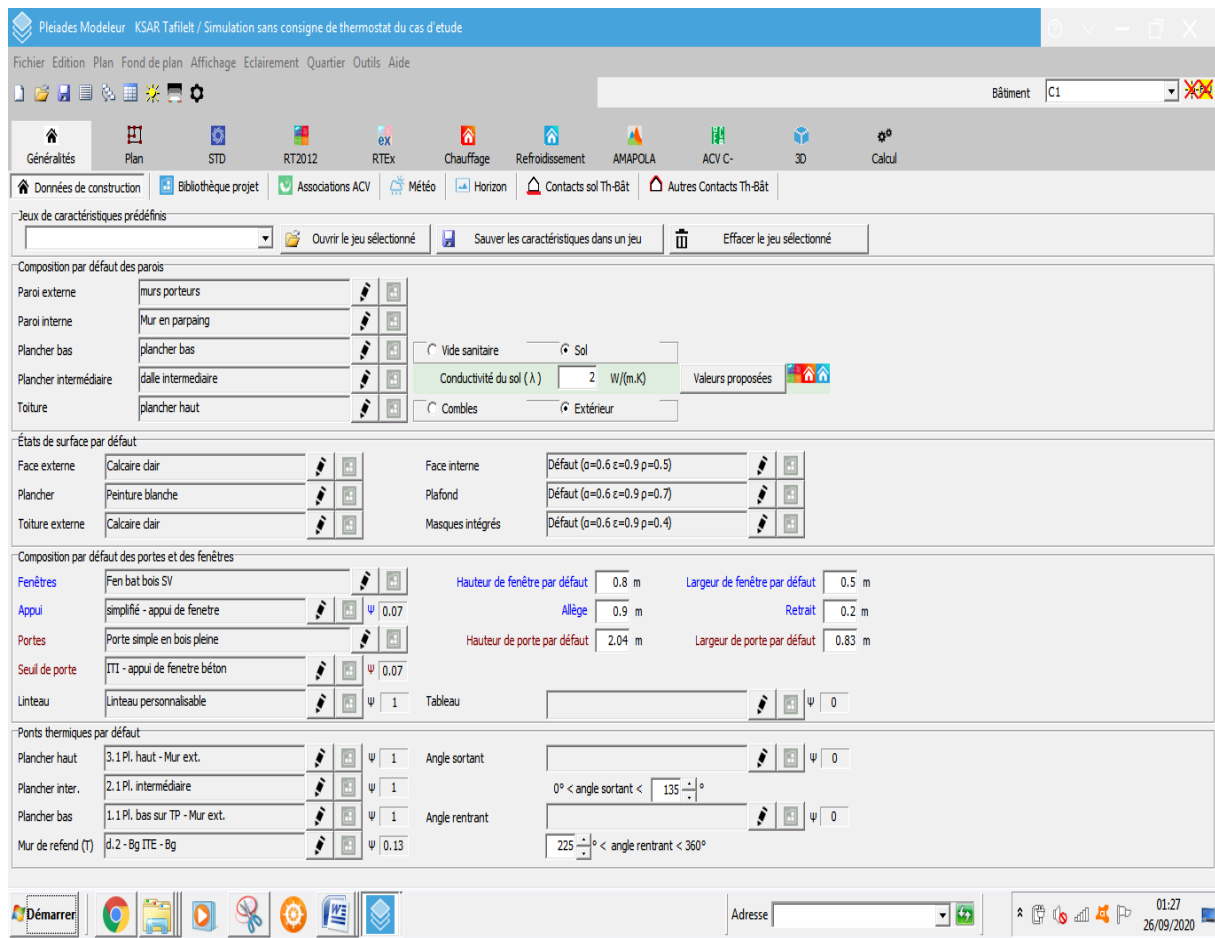


Figure III.11 : Insertion des éléments constructifs

### III.6 Dessin du plan :

- ✓ Caractéristiques des murs.
- ✓ Caractéristiques des ouvrants.
- ✓ Identification des pièces.

### Identification des zones thermiques :

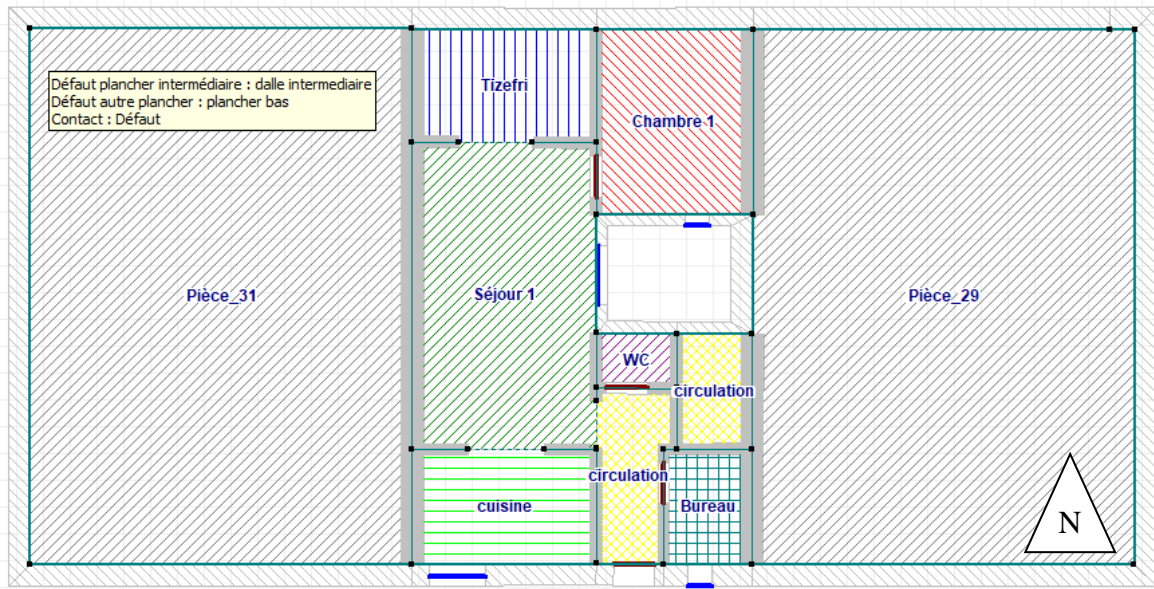


Figure III.12 : saisie graphique du plan RDC.

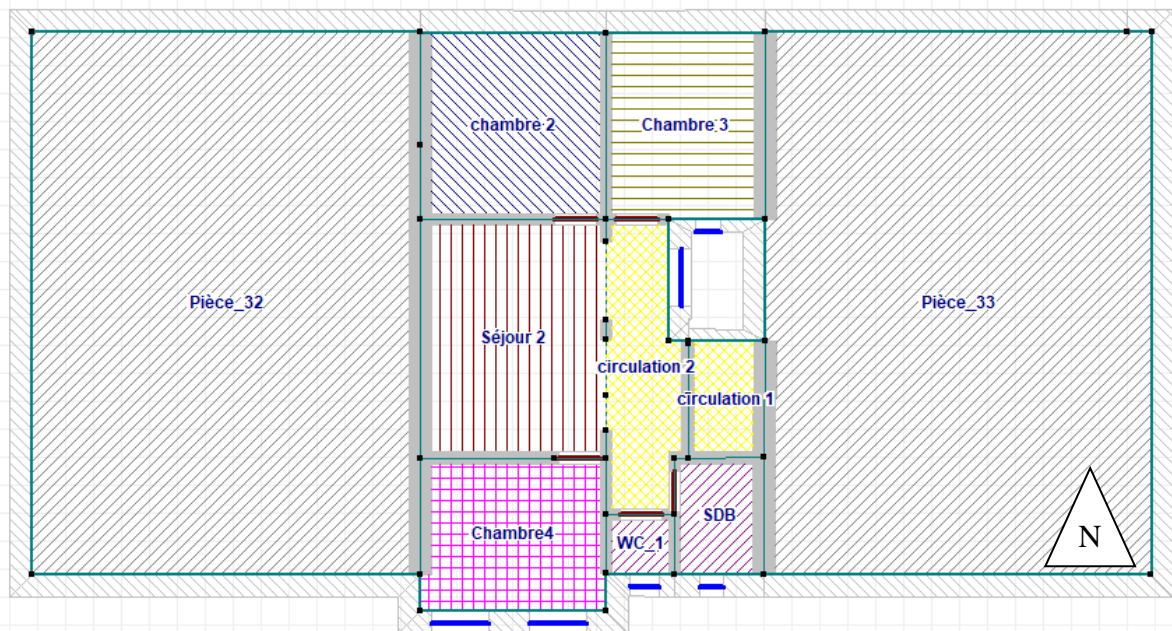
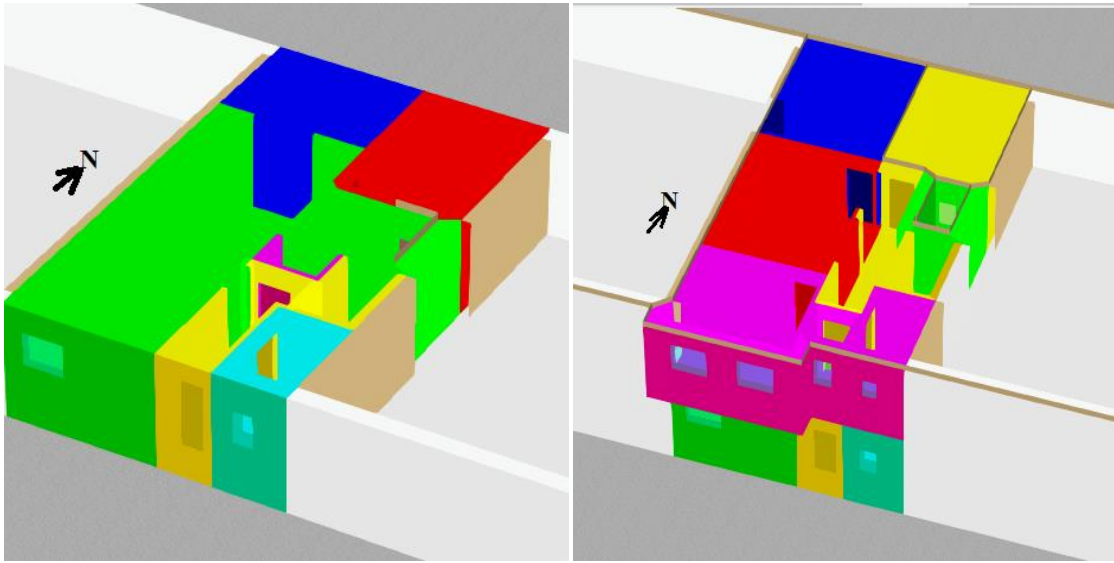


Figure III.13:création du plan 1er étage.



**Figure III.14 : Cas d'étude en 3D**

### III.7 Définition des scénarios :

- Scenario d'occupation.
- Scenario de ventilation.
- Scenario de puissance dissipée.
- Consigne de thermostat.

#### III.7.1 Scénarios d'occupation :

##### III.7.1.1 Scenario d'occupation : de chambre des parents

Nom: chambre des parents

Complément:

Origine:

Type: Occupation

Relatif(%) à la valeur de base Valeur de base: 6 Unité: Occupants

Valeur/Jour/Semaine Année

Déselection

Valeurs

S	Nom	Valeur	Unité
<input type="radio"/>	Valeur	0	%
<input type="radio"/>	Valeur 1	33	%

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	33	33	33	33	33	33	33	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33	33	33

Semaines

Nom	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
Semaine	Jour	Jour	Jour	Jour	Jour	Jour	Jour

Figure III.15 : Scenario d'occupation de chambre des parents.



### III.7.1.2 Scenario d'occupation : de chambre 02

Nom: occupation chambre 2

Complément:

Origine:

Type: Occupation

Relatif(%) à la valeur de base Valeur de base: 6 Unité: Occupants

Valeur/Jour/Semaine Année

Déselection

Valeurs	Nom	Valeur	Unité
<input type="radio"/>	Valeur	33 %	
<input type="radio"/>	Valeur 1	0 %	

Jours

Afficher le nom

Jour	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Jour	33	33	33	33	33	33	33	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33	33

Figure III.16 : Scenario d'occupation de chambre 02

### III.7.1.3 Scenario d'occupation : de chambre 03

Nom: occupation chambre 3

Complément:

Origine:

Type: Occupation

Relatif(%) à la valeur de base Valeur de base: 6 Unité: Occupants

Valeur/Jour/Semaine Année

Déselection

Valeurs	Nom	Valeur	Unité
<input type="radio"/>	Valeur	0 %	
<input type="radio"/>	Valeur 1	33 %	

Jours

Afficher le nom

Jour	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Jour	33	33	33	33	33	33	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33

Figure III.17: Scenario d'occupation de chambre 03.

### III.7.1.4 Scenario d'occupation : de Séjour 01

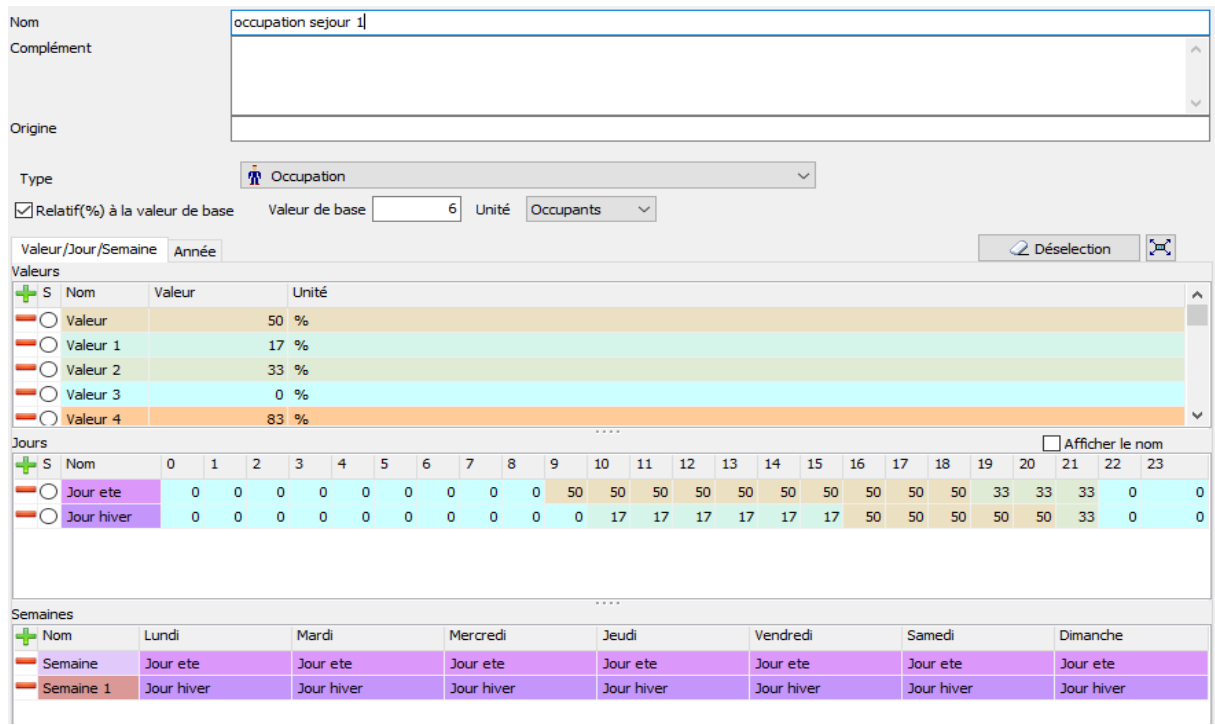


Figure III.18: Scenario d'occupation de Séjour 01

### III.7.1.5 Scenario d'occupation : de Séjour 02

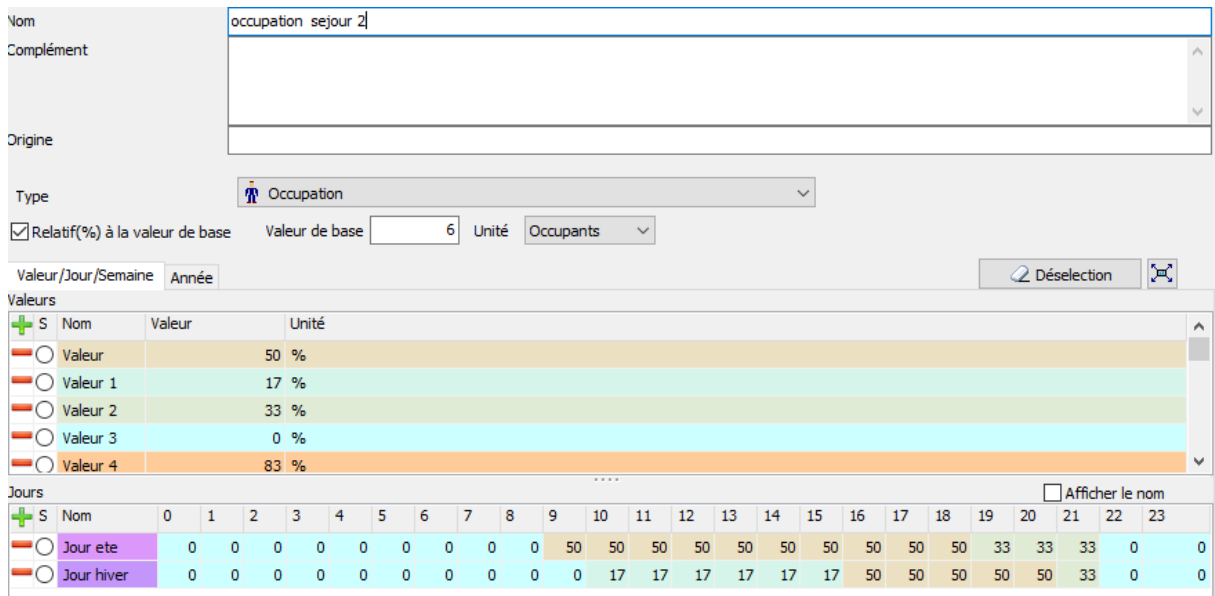


Figure III.19: Scenario d'occupation de Séjour 02.

### III.7.1.6 Scenario d'occupation : de Cuisine

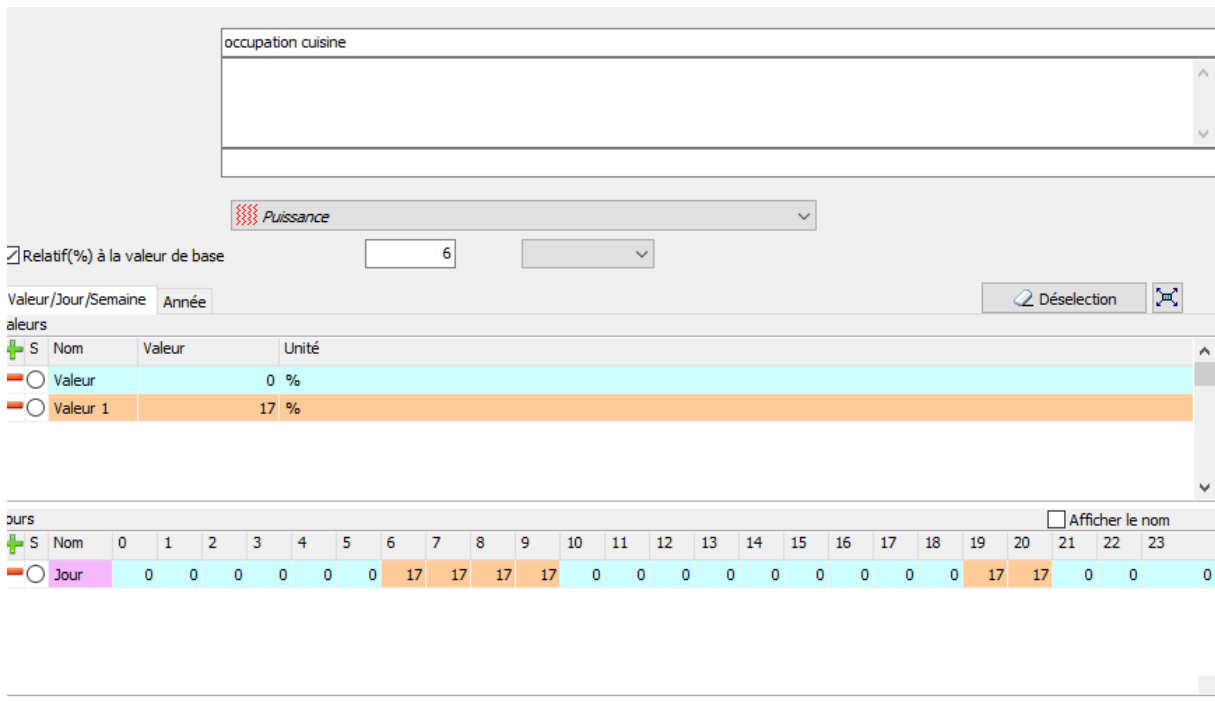


Figure III.20: Scenario d'occupation de Cuisine..

### III.7.2 Scenario de Ventilation :

#### III.7.2.1 Scenario de Ventilation sans consigne :

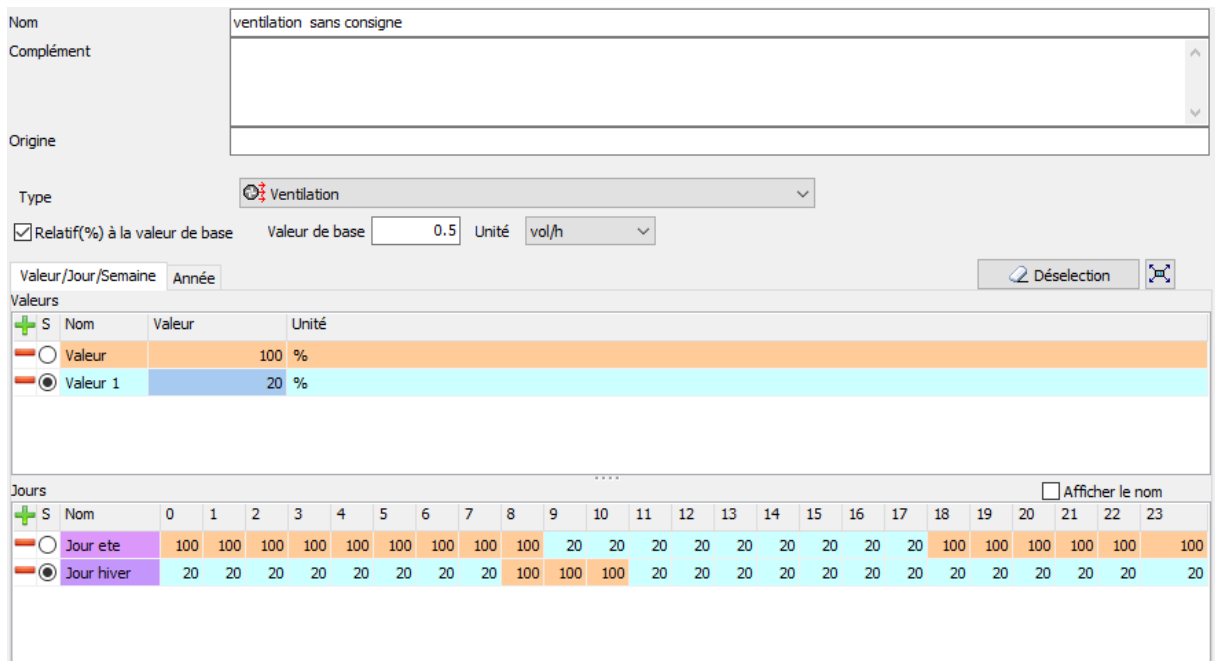


Figure III.21: Scénario de ventilation sans consigne.

### III.7.2.2 Scenario de Ventilation avec consigne :

Nom : ventilation avec consigne

Complément :

Origine :

Type : Ventilation

Relatif(%) à la valeur de base Valeur de base : 0.5 Unité : vol/h

Valeur/Jour/Semaine : Année :

Valeurs

S	Nom	Valeur	Unité
+	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
+	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

Figure III.22: Scénario de ventilation avec consigne.

### III.7.3 Scenario de puissance de dissipée :

#### III.7.3.1 Scenario de puissance de dissipée Chambre :

Nom : puissance dissipée chambre

Complément :

Origine :

Type : Puissance

Relatif(%) à la valeur de base Unité : W

Valeur/Jour/Semaine : Année :

Valeurs

S	Nom	Valeur	Unité
+	Valeur	233	W
+	Valeur 1	0	W

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
+	Jour	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	233	233	233	233

Figure III.23: Scénario puissance dissipée de la chambre

### III.7.3.2 Scenario de puissance de dissipée hall :

Nom : puissance dissipée hall

Complément :

Origine :

Type : Puissance

Relatif(%) à la valeur de base    Unité : W

Valeur/Jour/Semaine    Année

Déselection

Valeurs		Nom	Valeur	Unité
<input type="radio"/>	Valeur		0	W
<input type="radio"/>	Valeur 1		33	W

Jours

Jours		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	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33	33	33	33	33

Figure III.24 : Scénario puissance dissipée du hall.

### III.7.3.3 Scenario de puissance de dissipée Séjour :

Nom : puissance dissipée séjour

Complément :

Origine :

Type : Puissance

Relatif(%) à la valeur de base    Unité : W

Valeur/Jour/Semaine    Année

Déselection

Valeurs		Nom	Valeur	Unité
<input type="radio"/>	Valeur 1		233	W
<input type="radio"/>	Valeur 2		200	W
<input type="radio"/>	Valeur 3		0	W

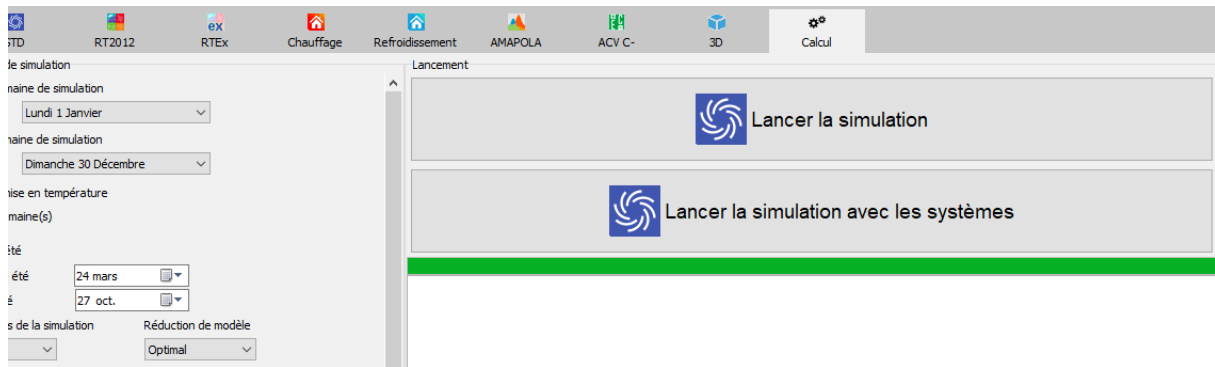
Jours

Jours		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	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	233	233	233

Figure III.25 : Scénario puissance dissipée du Séjour.

## III.8 Lancement de simulation :

Pour finir il ne reste plus qu'à lancer la simulation, les résultats seront affichés dans le chapitre suivant.



**Figure III.26: Lancement de la simulation**

### **III.9 Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons défini la simulation thermique dynamique, présenté le processus du fonctionnement du logiciel, aussi décrit toutes les étapes de simulation effectuées.

Les résultats des différentes simulations seront cités et discutés dans le prochain chapitre.

## **IV. Chapitre 4 : Résultats et discussion :**

### **IV.1 Introduction :**

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

### **IV.2 Etapes de la simulation :**

La simulation a été faite pendant deux périodes : été, hiver.

- ↗ Une période estivale (qui s'étend de la semaine 15 à la semaine 40 comprise)
- ↗ Une période hivernale (qui s'étend de la semaine 45 à la semaine 12 comprise)

#### **IV.2.1 Les scénarios de fonctionnement intégrés sont :**

##### **IV.2.1.1 Simulation sans consigne de thermostat :**

- ❖ Scénario d'occupation :
  - Scénario d'occupation de chambre des parents.
  - Scénario d'occupation de chambre 02.
  - Scénario d'occupation de chambre 03.
  - Scénario d'occupation de Séjour 01.
  - Scénario d'occupation de Séjour 02.
- ❖ Scénario de ventilation :
  - Scénario de ventilation sans consigne de thermostat.
- ❖ Scénario de puissance dissipée.
  - Scénario de puissance dissipée chambre.
  - Scénario de puissance dissipée du hall.
  - Scénario de puissance dissipée Séjour.
- ❖ Scénario d'occultation.

##### **IV.2.1.2 Simulation avec consigne de thermostat :**

- ❖ Scénario d'occupation :
  - Scénario d'occupation de chambre des parents.
  - Scénario d'occupation de chambre 02.

- Scénario d'occupation de chambre 03.
- Scénario d'occupation de Séjour 01.
- Scénario d'occupation de Séjour 02.
- ❖ Scénario de ventilation :
  - Scénario de ventilation avec consigne de thermostat.
- ❖ Scénario de puissance dissipée.
  - Scénario de puissance dissipée chambre.
  - Scénario de puissance dissipée du hall.
  - Scénario de puissance dissipée Séjour.
- ❖ Scénario d'occultation.
- ❖ Scénario de la consigne de thermostat.

#### **IV.2.1.3 Les zones intérieures de la maison :**

- Zone 01 : Séjour 01.
- Zone 02 : Chambre 01.
- Zone 03 : Cuisine.
- Zone 04 : Tizefri.
- Zone 05 : Bureau.
- Zone 06 : SDB+WC
- Zone 07 : Circulation 1+ Circulation 2+ Circulation 3.
- Zone 08 : Chambre 02.
- Zone 09 : Chambre 03.
- Zone 10 : Séjour 02.
- Zone 11 : Chambre 04.

### **IV.3 Simulation sans consigne de thermostat :**

#### **IV.3.1 Résultats de simulation :**

Voici ci-dessous les résultats annuels obtenus après lancement de simulation avec Pléiades



Zones	Besoins ch.(kwh)	Besoins ch.(kwh/m²)	Besoins clim.(kwh)	Besoins clim.(kwh/m²)	Puissances .chauf (w)	Puissance clim. (w)	T°MIN (°C)	T°Moy (°C)	T°Max (°C)
Zone 01	0	0	0	0	0	0	10.89	24.43	39.10
Zone 02	0	0	0	0	0	0	10.75	24.34	39.14
Zone 03	0	0	0	0	0	0	11.81	23.89	37.25
Zone 04	0	0	0	0	0	0	10.51	23.01	37.08
Zone 05	0	0	0	0	0	0	12.55	25.87	40.19
Zone 06	0	0	0	0	0	0	9.78	23.45	38.46
Zone 07	0	0	0	0	0	0	9.84	23.49	38.46
Zone 08	0	0	0	0	0	0	9.34	24.00	40.49
Zone 09	0	0	0	0	0	0	9.03	23.82	39.98
Zone 10	0	0	0	0	0	0	9.34	24.93	42.43
Zone 11	0	0	0	0	0	0	9.70	24.36	40.21
total	0	0	0	0	0	0	9.38	23.27	39.12

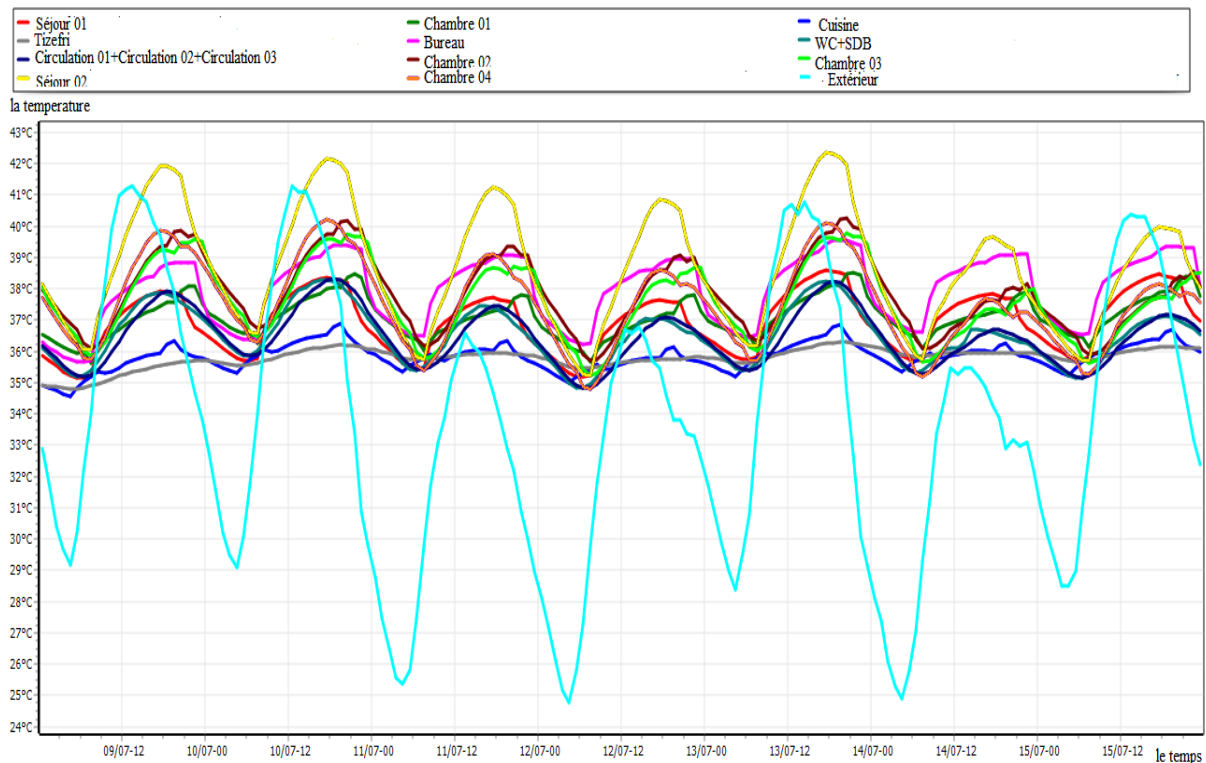
**Tableau IV-1:résultats de la simulation sans consigne de thermostat**

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

### **IV.3.2 Simulation estivale :**

#### **IV.3.2.1 Visualisation graphique :**

Après simulation, on obtient le graphe suivant qui représente l'évolution des températures à l'extérieur et à l'intérieure de notre cas d'étude pendant la semaine la plus chaude.



**Figure IV.1: Evolution de température en estivale pendant la semaine la plus chaude.**

Nous avons constaté que dans le Séjour du RDC : les températures suivent les fluctuations des températures extérieures, avec un écart qui peut atteindre  $3^{\circ}\text{C}$  du à l'effet de la compacité et qu'il soit au RDC et que les murs soient construits en pierre avec une épaisseur de 45cm. Alors que dans le Séjour du premier étage les fluctuations des températures sont plus importantes par rapport à celles du séjour du RDC et ça est du aux apports solaires reçus à partir de la toiture et la présence du Chebek dans cet espace, les températures intérieures peuvent dépasser celles de l'extérieur l'écart est estimé à  $-4.5^{\circ}\text{C}$ .

Nous avons aussi constaté que les températures à l'intérieure de la Chambre 01 varient de  $36^{\circ}\text{C}$  à  $38^{\circ}\text{C}$ , l'écart peut atteindre  $3^{\circ}\text{C}$  alors qu'à l'intérieur de la chambre 03 qui à la même surface et même orientation que la chambre 01 , les températures varient de  $36^{\circ}\text{C}$  à  $40^{\circ}\text{C}$  ; l'écart est estimé à  $1.5^{\circ}\text{C}$ . Ces deux espaces ne possèdent pas d'ouvertures qui donnent sur l'extérieur, la différence du comportement thermique de ces deux espaces est dû toujours aux apports solaires reçus à partir de la toiture.

Dans l'espace Cuisine, Nous avons constaté que les températures varient de  $34.5^{\circ}$  à  $37^{\circ}\text{C}$  avec un écart qui peut atteindre  $5^{\circ}\text{C}$ , dans cet espace nous avons constaté malgré qu'il soit orienté au sud, mais les températures soient presque stables et ça est du à la protection

solaire assurée par le décrochement vertical qui permet de minimiser les apports solaires reçus sur la paroi et sur la fenêtre. Par contre, On remarque que les températures intérieures dans l'espace Bureau varie de **35.5° à 39.5°C** .des fluctuations importantes, avec un écart qui peut atteindre **2°C** dû a l'orientation de cet espace vers le Sud et qu'il soit sans protection solaire .

On remarque aussi que la température dans la chambre 04 varie de **36° à 40°C** avec un écart qui peut atteindre **1°C** , cette chambre reçoit plus d'apports car elle est orientée au sud et reçoit les apports solaires à partir de la toiture.

Selon la visualisation graphique les températures intérieures dans l'espace Tizefri sont presque stables et sont estimés de **35° à 36°C**, l'écart peut atteindre **5.5°C** et ça est dû à l'effet de la compacité est qu'il soit au RDC et orienté vers le Nord.

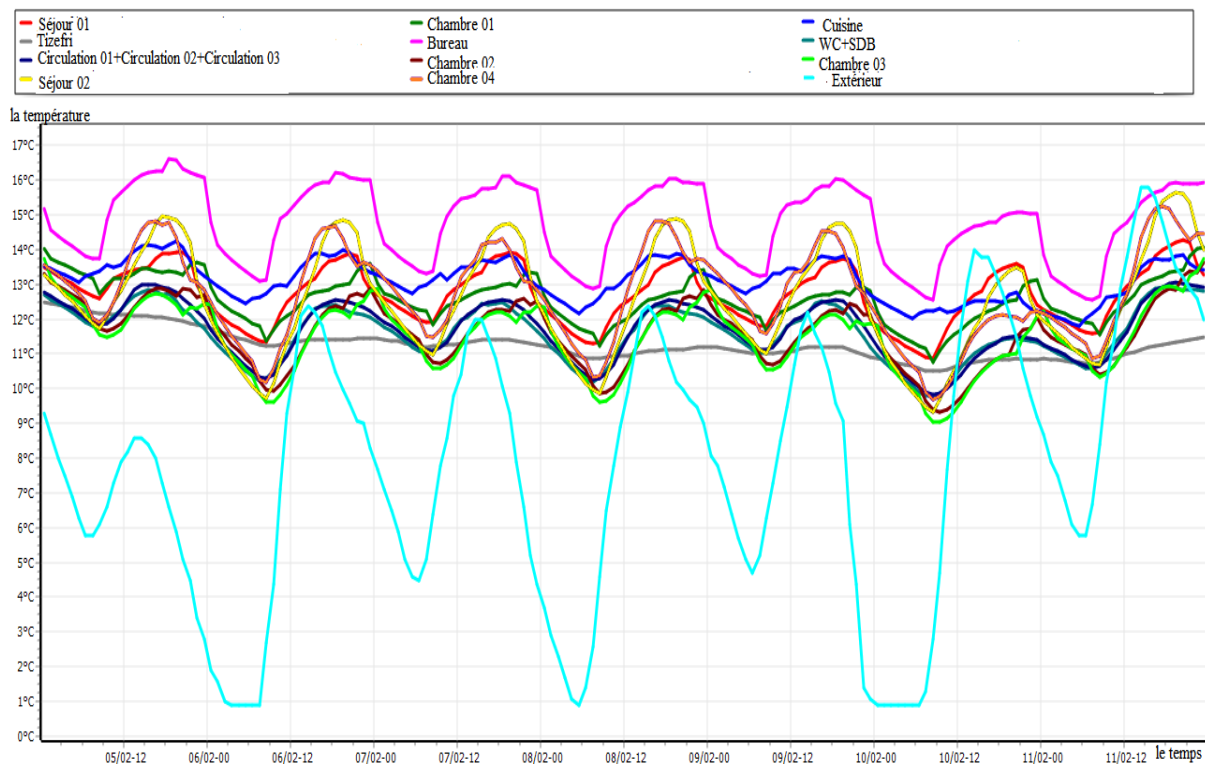
#### **IV.3.2.2 Synthèse :**

Les résultats obtenus confirment l'impact de l'utilisation des éléments passifs entre autre : l'utilisation des murs massifs, la compacité, la ventilation assurée par le chebek, l'utilisation de la pierre dans la construction des murs sur l'évolution des températures intérieures.

#### **IV.3.3 Simulation hivernale :**

##### **IV.3.3.1 Visualisation graphique :**

Après simulation, on obtient le graphe suivant ; qui représente l'évolution des températures extérieures et intérieures durant la semaine plus froide de l'année.



**Figure IV.2: Evolution de température en hiver pendant la semaine la plus froide**

Selon les résultats obtenus, nous avons constaté que les solutions passives intégrées ont eu aussi un impact sur le comportement thermique du cas étudié pendant la période hivernale. Malgré que les températures extérieures peuvent baisser jusqu'à  $1^{\circ}\text{C}$  et atteindre  $16^{\circ}\text{C}$ , mais les températures intérieures varient de  $11^{\circ}\text{C}$  à  $14^{\circ}\text{C}$  dans le séjour 01 et de  $9.5^{\circ}\text{C}$  à  $15.5^{\circ}\text{C}$  dans le séjour 02. Nous avons constaté que dans La chambre 01, les températures varient de  $11^{\circ}$  à  $14^{\circ}\text{C}$  avec un écart de  $5^{\circ}\text{C}$ , dans la chambre 04 les températures 03 varient de  $12^{\circ}$  à  $14^{\circ}\text{C}$  avec un écart de  $5.5^{\circ}\text{C}$  et ça est du à son orientation Sud.

#### IV.3.3.2 Synthèse :

L'orientation de ces espaces, la compacité du volume et la construction en murs épais ont permis de réduire les échanges thermiques vers l'extérieur et de minimiser les fluctuations des températures dans ces espaces.

### IV.4 Simulation avec consigne de thermostat :

#### IV.4.1 Résultats de simulation :

Voici ci-dessous les résultats obtenus après lancement de simulation

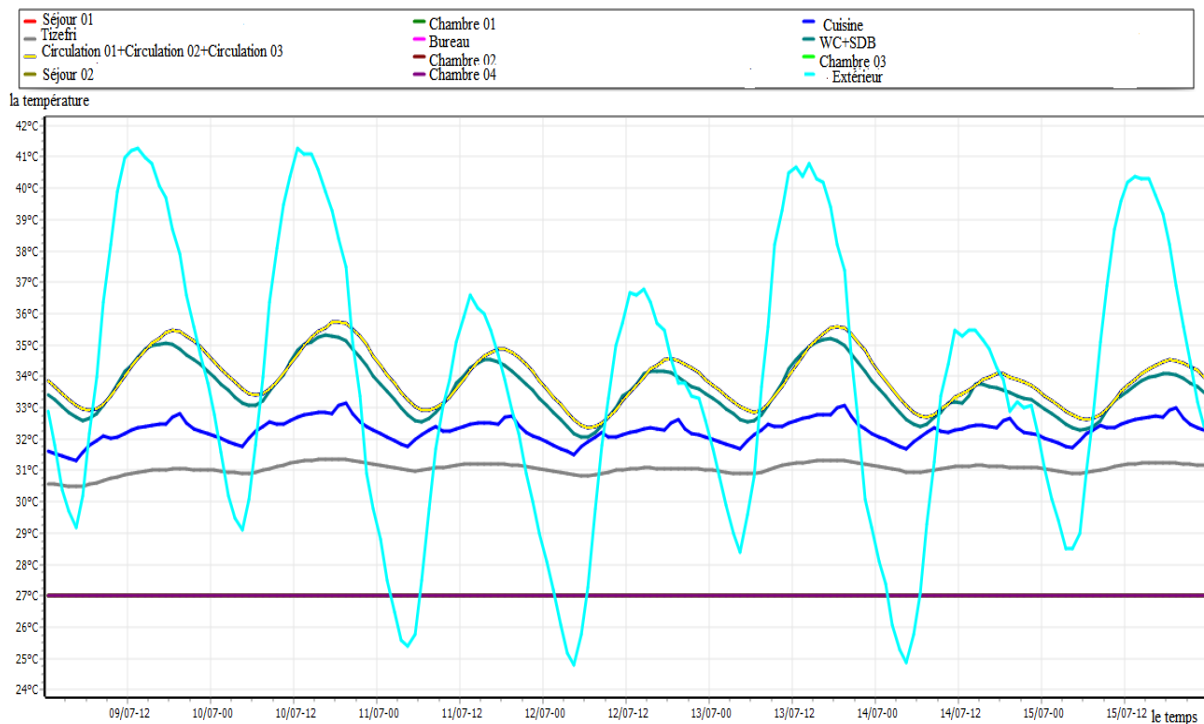
Zones	Besoins ch.(kwh)	Besoins ch.(kwh/m²)	Besoins clim.(kwh)	Besoins clim.(kwh/m²)	Puissances .chauf (w)	Puissance clim. (w)	T°MIN (°C)	T°Moy (°C)	T°Max (°C)
Zone 01	1226	58	1548	74	1211	2222	17.31	24.00	33.58
Zone 02	874	81	1307	122	905	1697	17.67	23.99	33.61
Zone 03	0	0	0	0	0	0	14.82	23.87	33.19
Zone 04	0	0	0	0	0	0	14.62	22.98	31.76
Zone 05	330	102	954	294	445	795	17.99	24.62	34.57
Zone 06	0	0	0	0	0	0	12.00	23.36	35.34
Zone 07	0	0	0	0	0	0	11.74	23.40	35.75
Zone 08	1627	131	1709	138	1364	2356	16.25	23.93	34.85
Zone 09	1675	159	1643	156	1411	2060	15.94	23.86	34.43
Zone 10	1403	88	2091	131	1550	2452	15.79	24.32	36.90
Zone 11	1469	144	1896	186	1471	1782	15.35	24.02	34.57
total	8605	102	11149	133	8357	13365	11.25	23.18	37.15

**Tableau IV-2: résultats de la simulation avec consigne de thermostat**

#### **IV.4.2 Simulation estivale :**

##### **IV.4.2.1 Visualisation graphique :**

Après simulation, on obtient le graphe suivant ; qui présente l'évolution de températures extérieures et intérieures pour la semaine la plus chaude.



**Figure IV.3: Evolution des températures pendant la semaine la plus chaude**

D'après les résultats obtenus, nous avons remarqué que le confort est atteint dans les pièces de confort après intégration de la consigne de thermostat.

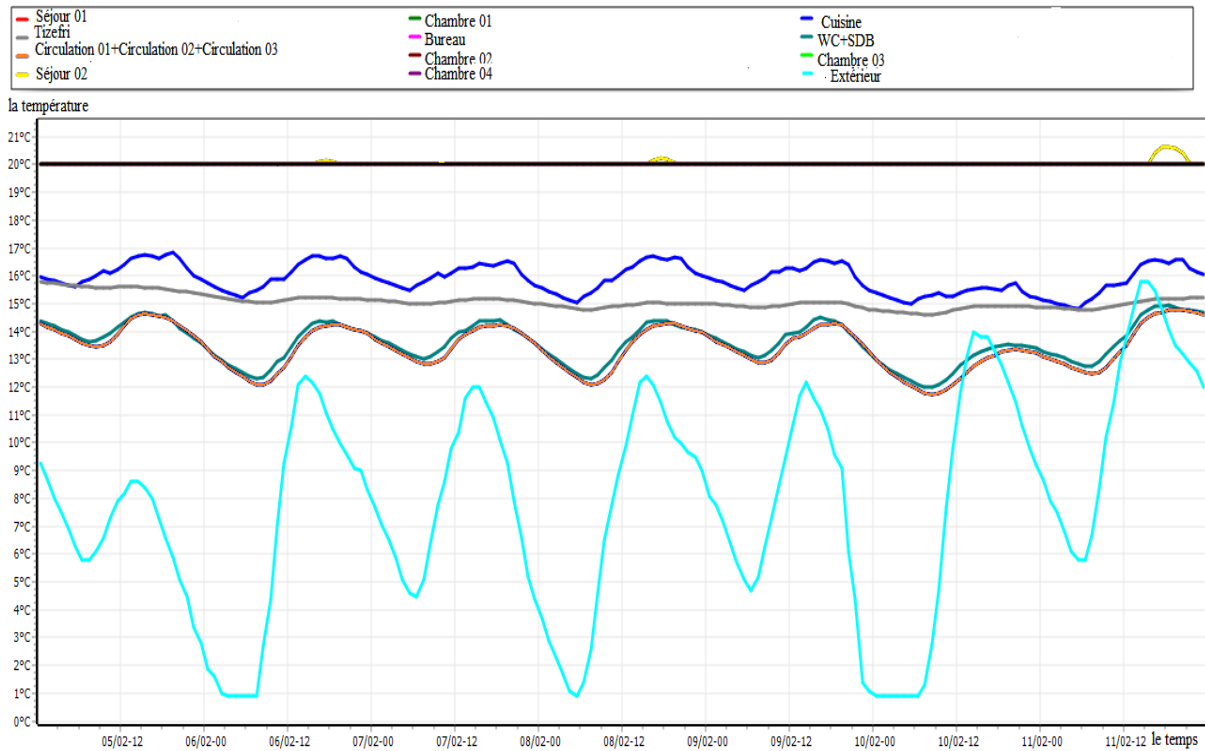
Nous avons constaté aussi constaté que les principes bioclimatique intégrés ont pu réduire les besoins en climatisation et en chauffage par exemple les besoins en climatisation sont respectivement estimé à **1548 KWh**, **2091KWH** dans le séjour 01(zone 01) et séjour 02(zone 10).les besoins en climatisation dans le séjour 02 sont supérieur a ceux dans le séjour 01, ce qui prouve l'impact de la compacité à réduire les besoins énergétiques

Aussi dans la chambre 01 (zone 02), les besoins en climatisation sont estimés à **1307Kwh** et dans la chambre 02 (zone 08) sont estimés à **1643 KWh**, ces deux espaces ayant la même surface et orientation mais la situation de la chambre 02 au 1 er étage a augmenté les besoins le fait qu'il reçoit plus d'apports solaires que la chambre 01 à travers la toiture.

#### IV.4.3 Simulation hivernale :

##### IV.4.3.1 Visualisation graphique :

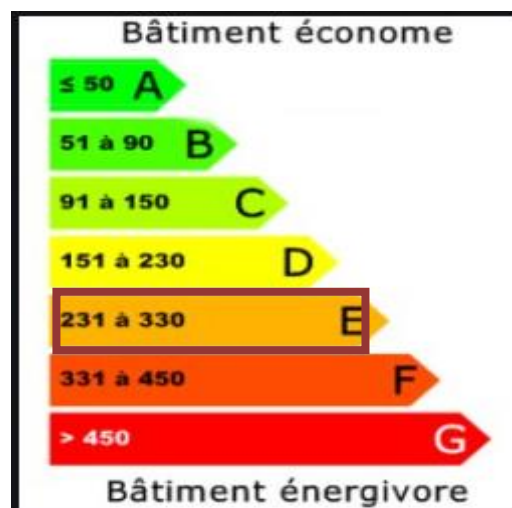
Après simulation, on obtient le graphe suivant ; qui représente l'évolution des températures extérieures et intérieures pour la semaine plus froide de l'année.



**Figure IV.4: Evolution de température en hiver pendant la semaine la plus froide**

D'après les résultats obtenus, nous avons remarqué que le confort est atteint dans les pièces de confort après intégration de la consigne de thermostat.

Les besoins en chauffage pour notre cas d'étude sont estimés à **8605 Kwh** D'une moyenne de **102 kwh/m<sup>2</sup>** et en climatisation sont estimés à **11149 KWh** **133 kwh/m<sup>2</sup>**.



**Figure IV.5: Bâtiment économe**

Après comparaison de notre cas d'étude par rapport à Classement énergie, Nous avons constaté que notre cas d'étude est classe dans la catégorie E (voir Figure IV.5).

## **IV.5 Amélioration de confort hygrothermique du cas d'étude par l'intégration d'un système de rafraîchissement:**

### **IV.5.1 Introduction :**

Dans le but d'améliorer le confort intérieur de notre cas d'étude, nous avons opté pour le système de rafraîchissement par humidification adiabatique(PDEC), plusieurs modèles ont été élaborés dans la littérature .pour notre étude nous avons pris les conditions climatiques de la journée la plus chaude de l'année.

### **IV.5.2 Présentation de la Méthode :**

#### **IV.5.2.1 1<sup>er</sup> méthode :**

Yajima et Givoni [X] ont expérimenté un système de PDEC dans une maquette à Yokohama, au Japon, un jour d'été. Le PDEC La tour était directement reliée à un conduit qui évacuait les flux d'air du PDEC vers l'extérieur. La hauteur et la section carrée de la étaient respectivement de 3 m et 0,6 m. Le débit de l'eau d'alimentation était de 7-14 l/min. Ils ont ensuite formulé deux équations de régression pour prévoir la température de l'air de sortie en fonction de la dépression du bulbe humide. [59]

##### **IV.5.2.1.1Présentation du premier model :**

$$\mathbf{Te = 0.8304 (Ts - Th) - 0.346}$$

#### **IV.5.2.2 2<sup>ème</sup> méthode :**

Givoni [Y] a résumé les résultats d'une expérience dans un test en Californie (États-Unis) dans l'étude suivante. Une hauteur de tour de 2 m L'étude a décrit une possibilité d'utilisation de l'eau de mer pour surmonter une limitation d'un système de PDEC puisque les ressources en eau dans un climat chaud et sec sont généralement limitée, lorsqu'un système de tour PDEC est adapté pour fonctionner. qu'une plus grande hauteur de 3 m et un débit d'eau plus important ont permis de la diminution de la température. Deux équations empiriques tirées des résultats de l'expérience ont ensuite été formulées. Température de sortie de l'air a été exprimée en fonction de la dépression de la cuvette humide et de l'eau débit en tant que :

$$\mathbf{Te=Ts-[0.9(Ts-Th)*(1- \exp (-0.15WF))].} \quad \mathbf{[60]}$$



### IV.5.2.3 Conditions climatiques de Ghardaïa :

Nous avons utilisé les conditions climatiques de la journée la plus chaude de l'année 2020.

Mardi -14- juillet- 2020

heur	Température extérieur	Vitesse de vent	Vitesse de vent m/s	Humidité
00 :00	35°C	15 km/h	4,10	18%
01 :00	35°C	13 km/h	3,61	20%
02 :00	34°C	13 km/h	3,61	21%
03 :00	33°C	13 km/h	3,61	23%
04 :00	33°C	13 km/h	3,61	24%
05 :00	33°C	12 km/h	3,33	26%
06 :00	32°C	12 km/h	3,33	26%
07 :00	32°C	11 km/h	3,05	27%
08 :00	33°C	13 km/h	3,61	25%
09 :00	34°C	14 km/h	3,88	23%
10 :00	35°C	15 km/h	4,10	20%
11 :10	36°C	14 km/h	3,88	18%
12 :00	37°C	13 km/h	3,61	15%
13 :00	38°C	12 km/h	3,33	13%
14 :00	39°C	13 km/h	3,61	11%
15 :00	40°C	13 km/h	3,61	9%
16 :00	41°C	13 km/h	3,61	9%
17 :00	40°C	16 km/h	4,44	9%
18 :00	40 °C	19 km/h	5,27	9%
19 :00	39°C	22 km/h	6,11	10%
20 :00	40°C	16 km/h	4,44	10%
21 :00	38°C	18 km/h	5,00	15%
22 :00	37°C	17 km/h	4,72	16%
23 :00	36°C	16 km/h	4,44	17%

**Tableau IV-3:condition climatique de Ghardaïa [61]**

### IV.5.2.4 Dédution du taux d'humidité :

Nous avons opté pour l'utilisation du diagramme psychométrique pour la déduction de l'enthalpie  $h_1$ , après de la définition des points d'entrée.

Puisque il s'agit d'une transformation adiabatique  $h_1=h_2$ (enthalpie constant),on a pu déduire l'humidité relative a partir de l'enthalpie et la température de sortie  $T_e$ .

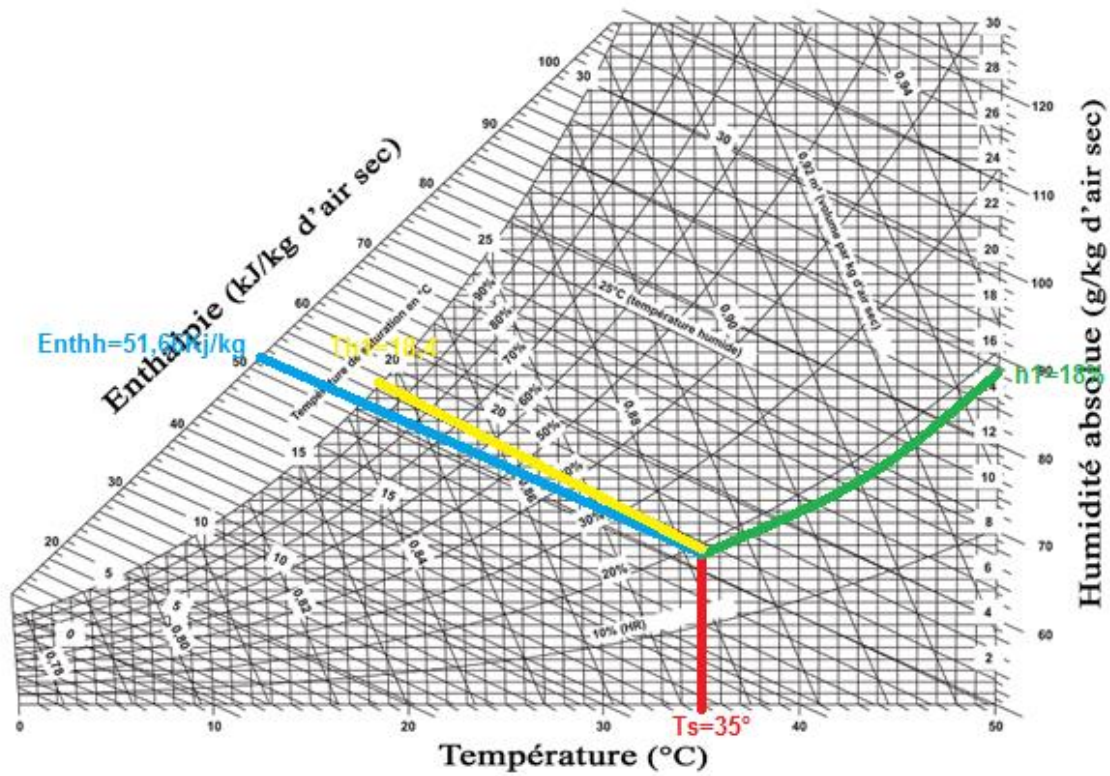


Figure IV.6: diagramme psychométrique

Resultats et discussion :

IV.5.2.5 Resultats de la premiere methode :

	Ts(°C)	h1(%)	Enth(KJ/kg)	Th(°C)	Te(°C)	he(%)
00.00	35	18	51,66	18,40	13,44	SATURATION
01.00	35	20	53,34	19,00	12,94	SATURATION
02.00	34	21	52,18	18,50	12,53	SATURATION
03.00	33	23	51,93	18,50	11,69	SATURATION
04.00	33	24	52,69	18,70	11,53	SATURATION
05.00	33	26	55,22	19,50	10,86	SATURATION
06.00	32	26	52,20	18,50	10,86	SATURATION
07.00	32	27	52,96	18,80	10,62	SATURATION
08.00	33	25	53,45	18,90	11,36	SATURATION
09.00	34	23	53,94	19,10	12,03	SATURATION
10.00	35	20	53,43	19,00	12,94	SATURATION
11.00	36	18	53,67	19,00	13,77	SATURATION
12.00	37	15	52,65	18,70	14,85	SATURATION
13.00	38	13	52,49	18,70	15,68	SATURATION
14.00	39	11	51,87	18,50	16,68	SATURATION

15.00	40	9	51,11	18,30	17,67	SATURATION
16.00	41	9	52,86	18,80	18,09	SATURATION
17.00	40	9	51,11	18,30	17,67	SATURATION
18.00	40	9	51,11	18,30	17,67	SATURATION
19.00	39	10	50,96	18,20	16,93	SATURATION
20.00	40	10	52,37	18,70	17,34	SATURATION
21.00	38	15	54,41	19,30	15,18	SATURATION
22.00	37	16	53,66	19,10	14,52	SATURATION
23.00	36	17	52,66	18,70	14,02	SATURATION

**Tableau IV-4**

#### IV.5.2.6 Interprétation :

D'après les résultats obtenus, nous avons constaté que les températures de sortie de varient de 13°C à 19°C malgré que la température extérieure peut atteindre 44°C.

Et après déduction du taux d'humidité nous avons constaté que l'air est saturé à la sortie du système.



**Figure IV.7: Evolution des températures à la sortie du système**

#### IV.5.2.7 Résultats du deuxième model :

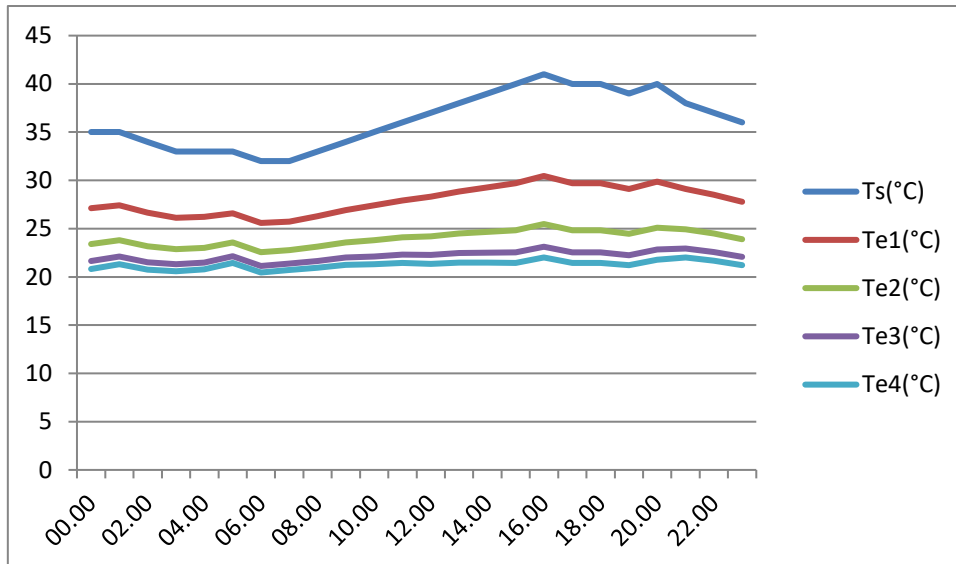
Nous avons utilisé la même méthode pour la déduction du taux d'humidité, mais nous avons proposé des débits d'eau variables dans le but de vérifier l'impact de la variation débit sur le fonctionnement du système.

#### **Débits proposés :**

WF1 = 5 L/h, WF2 = 10 l/h, WF3 = 15l/h, WF4 = 20 l/h

Temps	Ts(°C)	Th(°C)	Te1(°C)	Te2(°C)	Te3(°C)	Te4(°C)
00.00	35	18,40	27,12	23,39	21,63	20,80
01.00	35	19,00	27,40	23,81	22,12	21,32
02.00	34	18,50	26,64	23,16	21,52	20,74
03.00	33	18,50	26,11	22,86	21,33	20,60
04.00	33	18,70	26,21	23,00	21,49	20,77
05.00	33	19,50	26,59	23,56	22,13	21,45
06.00	32	18,50	25,59	22,56	21,13	20,45
07.00	32	18,80	25,73	22,77	21,37	20,71
08.00	33	18,90	26,30	23,14	21,65	20,94
09.00	34	19,10	26,92	23,58	22,00	21,26
10.00	35	19,00	27,40	23,81	22,12	21,32
11.00	36	19,00	27,93	24,11	22,31	21,46
12.00	37	18,70	28,31	24,20	22,27	21,35
13.00	38	18,70	28,84	24,51	22,46	21,49
14.00	39	18,50	29,27	24,67	22,49	21,47
15.00	40	18,30	29,70	24,83	22,53	21,44
16.00	41	18,80	30,46	25,48	23,13	22,01
17.00	40	18,30	29,70	24,83	22,53	21,44
18.00	40	18,30	29,70	24,83	22,53	21,44
19.00	39	18,20	29,12	24,46	22,25	21,21
20.00	40	18,70	29,89	25,11	22,85	21,78
21.00	38	19,30	29,12	24,93	22,94	22,01
22.00	37	19,10	28,50	24,48	22,59	21,69
23.00	36	18,70	27,78	23,90	22,07	21,21

**Tableau IV-5: température de sortie selon variation du débit d'eau.**



**Figure IV.8:évolution des températures de sortie**

Selon les résultats obtenus, nous avons constaté que les températures de sortie varient selon le débit d'eau injecté, et qu'on peut avoir un écart qui varie de 10°C à 15°C.

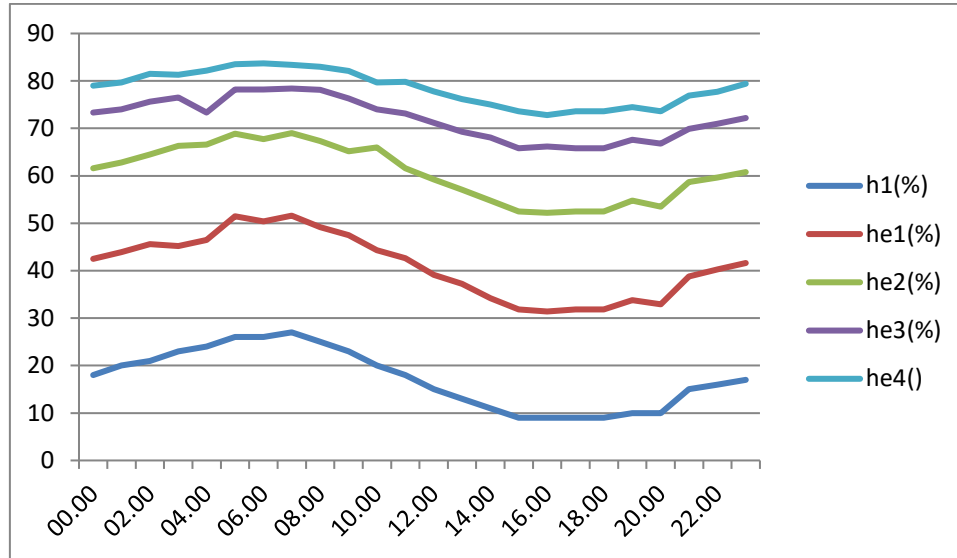
#### IV.5.2.8 Dédution du taux d'humidité(en utilisant le diagramme psychrométrique).

Temps	he1(%)	he2(%)	he3(%)	he4(%)
00.00	42,50	61,60	73,30	79,00
01.00	43,90	62,80	74,00	79,70
02.00	45,60	64,50	75,60	81,50
03.00	45,20	66,30	76,50	81,30
04.00	46,50	66,60	73,30	82,20
05.00	51,50	68,90	78,20	83,50
06.00	50,40	67,70	78,20	83,70
07.00	51,60	69,00	78,40	83,40
08.00	49,20	67,30	78,10	83,00
09.00	47,50	65,20	76,30	82,10
10.00	44,30	66,00	74,00	79,70
11.00	42,60	61,60	73,10	79,80
12.00	39,10	59,20	71,20	77,80
13.00	37,20	57,10	69,30	76,20
14.00	34,20	54,80	68,10	75,00
15.00	31,80	52,50	65,80	73,60
16.00	31,40	52,20	66,20	72,80
17.00	31,80	52,50	65,80	73,60
18.00	31,80	52,50	65,80	73,60
19.00	33,80	54,80	67,60	74,50
20.00	32,90	53,50	66,80	73,60
21.00	38,80	58,70	69,90	76,90

22.00	40,30	59,60	71,00	77,70
23.00	41,60	60,80	72,20	79,40

**Tableau IV-6:humidité entrée mesuré par formule 02**

Selon le Tableau IV.6 :



**Figure IV.9:variation du taux d'humidité selon le débit d'eau injecté.**

Interprétation :

Selon les résultats obtenus de ce modèle, on peut déduire que le cas le plus favorable est le cas 02(WF=10L/h) avec des températures de 27°C à 29°C et des humidités qui peuvent atteindre 60%.

#### IV.5.2.9 Synthés :

D'après les résultats obtenus nous avons constaté que le deuxième model a permis de donner des résultats satisfaisants par rapport au premier model et il nous a permis de vérifier l'impact de la variation du débit d'eau sur les températures de sortie ainsi que le taux d'humidité.

#### IV.5.2.10 Diagramme psychométrie de Transformation adiabatique :

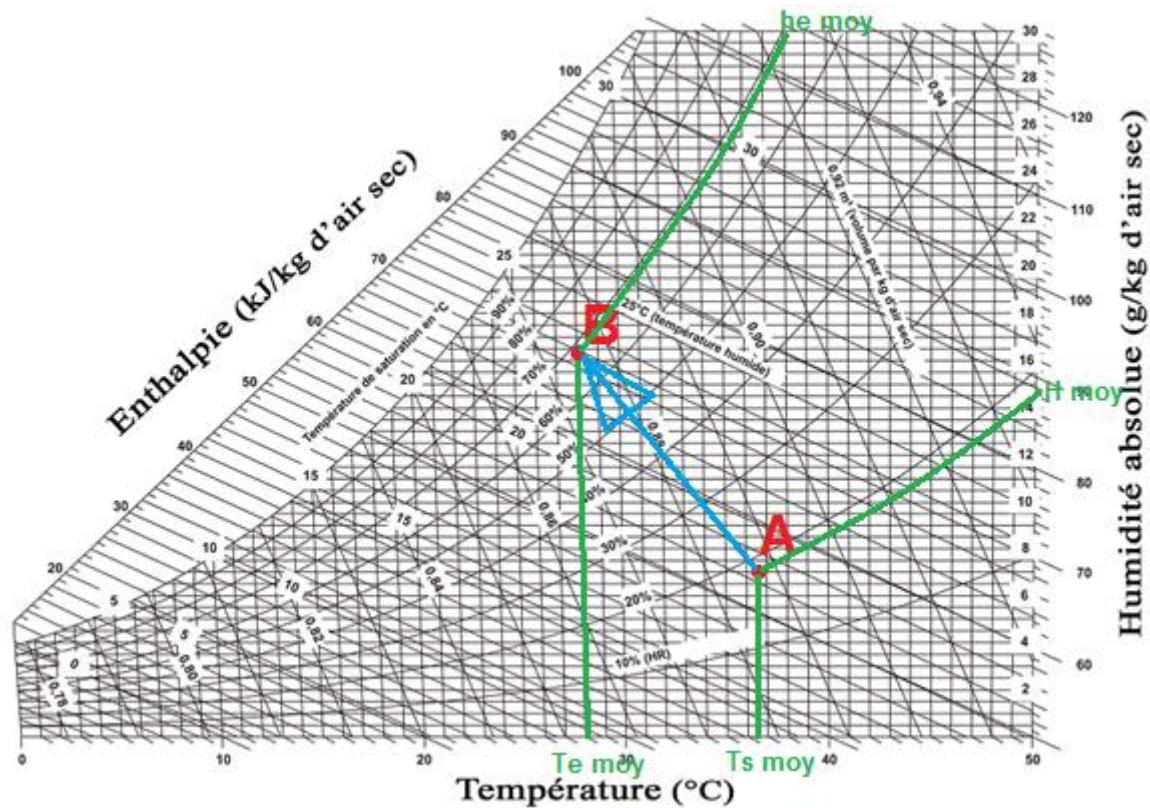


Figure IV.10: diagramme psychométrique représenté le transformation adiabatique de ce système

#### IV.6 Conclusion :

A travers les résultats obtenus, nous avons constaté que les concepts bioclimatiques intégrés ont pu améliorer les températures à l'intérieur

\*Les murs massifs, la compacité, la ventilation par le chebek, l'utilisation de la pierre, l'orientation protection solaire ont un rôle important dans le maintien de la température intérieure de la maison.

\* mais le confort n'a pu être atteint sans intégration de la consigne de thermostat. Après ce constat, Nous avons proposé un système de rafraîchissement par humidification adiabatique afin d'améliorer le confort à l'intérieur du cas étudié.

L'intégration du système de rafraîchissement adiabatique a permis d'améliorer le confort hygrothermique et qui peut être une solution pour le rafraîchissement des maisons dans la zone aride de Ghardaïa.

## **Conclusion générale :**

Dans tout projet architectural, la prise en compte des conditions climatiques doit se faire dès les premières phases de la conception. Le climat est l'élément déterminant de la conception il permet le choix des concepts et solutions passives à intégrer.

On peut développer les techniques d'habitat utilisé dans les zones arides en Algérie par des méthodes passive de l'habitat bioclimatique

pour Notre étude, nous avons commencé par la définition des conditions climatiques du cas d'étude et sa présentation.

L'évaluation du comportement thermique du bâtiment a l'aide d'un logiciel de simulation thermique dynamique Pléiades version 5.19.7.3, cet outil de simulation prend en considération les conditions météorologiques du cas d'étude ,Les résultats de la simulation ont permis d'évaluer le cas d'étude a long terme et a permis de vérifier l'impact des solutions passives ,grâce à cette étude nous avons déduit que le confort n'est pas atteint dans notre cas d'étude ,et qu'il nécessite l'intégration d'un système de refroidissement..

L'intégration d'un système de rafraîchissement par humidification adiabatique a pu obtenir des résultats satisfaisants et améliorer le confort hygrothermique a l'intérieur du cas étudié.

Notre étude a permis d'atteindre les objectifs suivants :

- L'étude du comportement thermique dynamique du logement à l'aide d'un logiciel(STD), qui a permis d'identifier les besoins pour assurer le confort.
- Amélioration du confort thermique de notre cas d'étude en utilisant un système de rafraîchissement par humidification adiabatique.

Cette étude a permis d'appliquer une phase très importante dans la démarche d'un projet, suite aux résultats obtenus, on a constaté que le traitement de l'enveloppe extérieure ou bien une conception bioclimatique peut améliorer le confort à l'intérieur du logement et en même temps réduire la consommation énergétique qui peut être optimisée par l'utilisation de l'énergie renouvelable.



## Référence :

- [1] : <http://dspace.univ-tlemcen.dz/bitstream/112/10385/1/Ms.Gc.Touil%2BMerghache.PDF>
- [2] : <https://www.researchgate.net/publication/275956932>
- [3] : <https://www.futura-sciences.com/maison/definitions/maison-architecture-bioclimatique-10514/>
- [4] : <https://www.azenco.fr/larchitecture-bioclimatique/>
- [5] : [www.azenco.fr](http://www.azenco.fr)
- [6] : [http://www.energies-renouvelables.fr/architecture\\_bioclimatique.php](http://www.energies-renouvelables.fr/architecture_bioclimatique.php)
- [7] : [https://www.xpair.com/lexique/definition/confort\\_thermique.htm](https://www.xpair.com/lexique/definition/confort_thermique.htm)
- [8] : Herde, André et Alain, 2005.
- [9] : LE GUAY, Michel - Confort thermique dans les lieux de vie, Fondation EFB)
- [10] : <http://tonepi.com/systemes-energetiques/diagramme-psychrometrique-diagramme-de-lair-humide.html>
- [11] : <http://www.thermique-du-batiment.wikibis.com/hygrothermie.php>
- [12] : <https://www.baulne.ca/efficacite-energetique-batiments/>
- [13] : <http://www.smartgrids-cre.fr/index.php?p=efficacite-energetique-definition>
- [14] : Schneider *Electric*.
- [15] : Agence nationale pour la promotion et la rationalisation de l'utilisation de l'énergie.
- [16] : Menouer Boughedaoui Politiques nationales et propositions d'actions en faveur du développement des énergies durables dans la planification et la gestion locale
- [17] : <https://youchoz.com/programme-national-de-lefficacite-energetique-en-algerie/>
- [18] : Boudjellal, 2009. MEMOIRE RÔLE DE L'OASIS DANS LA CREATION DE L'ÎLOT DE FRAICHEUR DANS LES ZONES CHAUDES ET ARIDES « Cas de l'oasis de chetma - Biskra -Algérie »

- [19] :R. Benziada, 'Etude du Conditionnement Climatique des Locaux dans le Contexte Saharien', Mémoire de Magister, C.U. Béchar, 144 p., 2006))
- [20] : BOREL J. 'Application du règlement de la construction en Algérie. Définition des zones climatiques ', Cahier du CSTB N° 57, Paris 1962))
- [21]: S. DJENAS, 'Elaboration des Zones Climatiques en Algérie', PFE, CSTB, 1984
- [22]: P. SELTZER, ' Le climat de l'Algérie', Alger 1949
- [23] :MOUSAOUI A., Logiques du sacré et modes d'organisation du sacré de l'espace dans le sud-ouest algérien, thèse de doctorat, 1994, 370 p.
- [24] : HAFSI Mustafa, mémoire de magister ; La réhabilitation des ksour cas d'étude wilaya Ourgla ; 2003. P56)"
- [25] : Espace te société ; la restauration des ksour ; institution de patrimoine et enjeux mémoire. P 154),
- [26] : Bouhafis .S Mai 2018 essai de reconstitution du patrimoine habitat aux ksour de ouargla
- [27]: <https://www.lematindalgerie.com/envoutante-timimoun>
- [28]: Boudjedra, R. (2012). Timimoun. Denoël.)
- [29] [dspace.univadrar.dz/jspui/bitstream/123456789/1001/1/MEMOIRE%20LAMOURI%20HAFSA.pdf](https://space.univadrar.dz/jspui/bitstream/123456789/1001/1/MEMOIRE%20LAMOURI%20HAFSA.pdf)
- [30]: Deepak Bishoyi, K. Sudhakar
- [31]: [www.elsevier.com/locate/apenergy](http://www.elsevier.com/locate/apenergy)
- [30]: Bishoyi, K. Sudhakar Experimental Performance of a Direct Evaporative Cooler in composite climate of India.
- [32] :Woodson 2012 et al.
- [33] : (D.P.A.T., 2008) .
- [34] : M.A.T.E.T., 2009 - Schéma Régional d'Aménagement du Territoire : Région Sud-Est Mission I : Diagnostic Prospectif, 58 p.

[35] (R.G.P.H., 1998) 2008, Les principaux résultats de l'exploitation exhaustive, Office National des Statistiques, Alger Coll. Statist., n° 163, 213 p.

[36] :Bounoura (1046

[37] :El Atteuf (1012

[38] : (A.ZIDANE) ((Ksar Tafilelt le 12 juillet 2016, Par A.ZIDANE))

[39] : BENYOUCEF, 1999. L'approche de l'espace socio-urbain. Problématique, tradition et modernité, Thèse Doc., EPAU, 410 p.

[40] : meteonorme7.

[41] :Balalou, Z. 2008 In revitalisation urbaine pour la sauvegarde du patrimoine, cas de la vallée du M'Zab, actes du colloque international "Réhabilitation et revitalisationnurbaine", tenu à Oran du 19 au 21 Octobre 2008. Algérie.

[42] : [http://alger-roi.fr/Alger/ghardaia/textes/16\\_mzab.htm](http://alger-roi.fr/Alger/ghardaia/textes/16_mzab.htm)**http://alger []  
roi.fr/Alger/ghardaia/textes/16\_mzab.htm**

[43] : [www.google.fr/maps/place/Tafilelt](http://www.google.fr/maps/place/Tafilelt)).

[44] : Chabi. M (2006) ETUDE BIOCLIMATIQUE DU LOGEMENT SOCIAL-  
PARTICIPATIF DE LA VALLEE DU M'ZAB : CAS DU KSAR DE TAFILELT..

« L'aménagement et le développement durable, cadre législatif » in journées d'étude sur le développement durable, tenues les 14 et 15 juin 2006 au départementnD'architecture de l'université UMMTO Tizi Ouzou, Algérie.

[45] : Mashary Al-Naim, 2007

[46] société civile immobilière

[47] : Ghrab, A. (1992). In analyse régionale de la relation entre urbanisme, architecture etbbclimat, Actes du séminaire portant préparation d'une réglementation pour l'amélioration du confort et la maîtrise de l'énergie dans le bâtiment des pays du Maghreb, 6 Nov. 1992. Tunis.

[48] : Oke, T.R. (1988) « Street design and urban canopy layer climate » in Energy and buildings, vol. 11, p 103-113.

[49] : Richard, Y.2008) « La ville : climat, pollution et politique », Centre de recherche de climatologie U.M.R 5210 CNRS, université de Bourgogne, France

[50] : Ali-Toudert, et al (2005) Op. cit. page 248

[51] : [www.tafilelt.com](http://www.tafilelt.com)

[52] : DAHLI .M et al (2006) « Le plâtre solaire dans la construction » in actes du séminaire „Living in Deserts : Is a sustainable urban design still possible in arid and hot regions““ Ghardaïa, Algeria 9-12 Décembre 2006.

[53] : ([www.umc.edu.dz/vf](http://www.umc.edu.dz/vf))

[54] : ([izuba.fr](http://izuba.fr)).

[55] : <http://www.energiepositive.info/fr/prestations/simulation-thermique-dyn.html>

[56] : Akacem.I EVALUATION ET amelioration d'efficacité énergitique et du confort thermique d'une reinterpretation d'un héritage architectural traditionnel en zone aride (cas de ksar tafilelt)

[57] : [materiaux-maison-passive.kiosq.info/Enduit-chaux-sable](http://materiaux-maison-passive.kiosq.info/Enduit-chaux-sable).

[58] : DTR.

[59] Yajima Satoshi, Givoni Baruch. Performance expérimentale de la douche tour de refroidissement au Japon. Renew Energy 1997; 10: 179–83.

[60] : [www.elsevier.com/locate/apenergy](http://www.elsevier.com/locate/apenergy)

[61] : [www.my-meteo.com/meteo-algerie/ghardaia](http://www.my-meteo.com/meteo-algerie/ghardaia)