

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique République  
Algérienne Démocratique et Populaire  
Ecole Polytechnique d'Architecture et d'Urbanisme



## Laboratoire Architecture et Environnement



Mémoire  
Pour l'obtention du diplôme de  
**MASTER EN ARCHITECTURE**  
**Option** : Architecture et Environnement

Thème

Évaluation des performances thermiques et énergétiques de la maison  
vernaculaire kabyle

**Cas d'une maison du village Ait djemaa**

**Présenté et soutenu par**

HABOUCHE Salima

**Mémoire encadré par**

Dr. Dakhia Karima

**Devant le jury composé de :**

Président de jury : Dr MESTOUL Djamel

Examineur : Dr BELMESSAOUD Baya

Examineur : Mme BERNOU Semha

Novembre 2018

## Dédicace

Je dédie ce travail à

La prunelle de mes yeux, mes très chers et tendres parents qui m'ont soutenus tout au long de mon parcours et ont été présents à chaque épreuve de ma vie ....

## Remerciements

Je remercie du plus profond de mon cœur ...

Le bon DIEU tout puissant de m'avoir donné la force de concrétiser mes objectifs

A mon très cher encadreur, Madame dakhia qui m'as aidé tout au long de ma recherche avec son encadrement, ses encouragements et son suivi permanent.

A ma sœur et mon frère qui sont très chère à mes yeux et qui m'ont toujours soutenu.

A toute ma grande famille, grande et petite, qui ont partagé cette expérience avec moi et qui m'ont aidé dans l'aboutissement de mon travail

Aux personnes du village d'Ait djemma de m'avoir donné de leur temps pour accomplir mon enquête par questionnaire ainsi que pour toutes les informations recueillies grâce à eux.

A mes amis de cœurs, à ceux qui représentent beaucoup pour moi et qui m'ont soutenu jusqu'au bout de mon chemin universitaire

## ملخص

من الملاحظ ان ما نبنيه من مبان اصبح اكثر استهلاكاً للطاقة. و لا يأخذ بعين الاعتبار من حيث تصميمها البيئة المحيطة بها والمعطيات المناخية لمنطقتها، و منه فضلنا في هذا البحث الاهتمام بالمنازل التقليدية لمنطقة القبائل من حيث الفعالية في استهلاك الطاقة و توفيرها للجو الداخلي الملائم و استعمال مقوماتها التصميمية كنموذج يسمح لنضيرتها العصرية بتوفير نفس الظروف مع الحفاظ على طابعها العصري

في المقام الأول ، أنشأنا قراءة نظرية حول مواضيع مختلفة تنضم إلى دراستنا ، كان من الضروري أولاً توضيح مفهوم الملائمة الحرارية ، ومعاييرها ، ومقاييسها ، فضلاً عن تصميم الهندسة المعمارية التي توفر الراحة الطبيعية ، لفهم العمارة المناخية البيولوجية دون نسيان الأنظمة الحرارية الجزائرية. بعد ذلك قمنا بالتعمق في البيت القبائلي العام من أجل فهم جميع تقنيات الأسلاف وكذلك طريقة الحياة في هذه المنطقة ، وقد سمحت لنا المعلومات التي تم جمعها من خلال هذه المواضيع تحليل دراستنا للحالة. بالانتقال إلى المرحلة التالية

في وقت ثان قمنا بتحليل مفهوم الراحة الحرارية ، وتم هذا العمل من خلال استعمال العديد من الأدوات، وبين الأساليب التقديرية والتي أسفرت عن استخدام الاستبيان كان الغرض من هذا الاستبيان للوصول الى الفرد الذي يعيش في هذا البيت ومعرفة مشاعره فيما يتعلق الراحة الحرارية من المنزل، والأساليب الكمية من أجل الحصول على نتائج عددية دقيقة ومقارنتها مع معايير الراحة الحرارية في الجزائر حسب المنطقة المدروسة ، و من بين الأساليب الكمية التي قمنا بها، القياس المكاني باستخدام حساسات الحرارة و الرطوبة و مقارنة نتائجها بالمقاييس الجزائرية، و من الأساليب المستعملة طريقة "ريتا" التي تمكننا من تمييز موافقة الإنشاءات للمعايير، إلى جانب هذه الاداة استخدمنا طريقة قياس اخرى مرنة. تسمح بمقارنة طريقتي البناء التقليدية و الحديثة

تم استخدام طرق التحليل المختلفة في بحثنا بهدف الحصول على نتائج دقيقة من أجل التحقق من صحة دراستنا و في مرحلة ثانية إجراء تحسينات على معمارية القبائل الحديثة. ولكي تصبح هذه البناءات أكثر فعالية من الناحية الحرارية، و عليه فإن هذه التحسينات ستكون مصدرًا للتصميم للبناء الجديد في منطقة القبائل ولذلك يهدف عملنا إلى الاستخدام الرشيد للطاقة ويشجعنا على البناء في منطقة جبلية مع الأخذ كمرجع الهندسة المعمارية التقليدية. في حين تجري تحسينات بحيث تضمن الراحة الحرارية للمساحات بشكل طبيعي الكلمات المفتاحية : الراحة الحرارية ، العمارة المناخية ، منزل قبائلي تقليدي، المحاكاة الحرارية

## Résumé

De nos jours, le secteur du bâtiment devient de plus en plus énergivore, notre patrimoine architectural étant une richesse pour l'architecture de chaque région de notre pays se voit effacé à l'égard d'une architecture qui ne respecte pas l'environnement dans lequel elle se construit. Notre travail de recherche qui s'est focalisé sur la région de la Kabylie, s'est fait, d'une part, dans l'objectif de revaloriser notre patrimoine architectural et d'une autre part d'initier les nouvelles constructions à l'utilisation rationnelle de l'énergie en offrant un confort thermique à l'intérieur des espaces tout en utilisant très peu d'énergie afin de respecter l'environnement et ceci en prenant comme référence l'architecture vernaculaire kabyle .

En premier lieu, nous avons établi une lecture théorique sur différents thèmes qui rejoignent notre étude, il était tout d'abord, nécessaire de comprendre le confort thermique, ses normes, ses mesures, ainsi que la conception d'une architecture qui offre un confort naturel, de comprendre l'architecture bioclimatique sans oublier la réglementation thermique algérienne. Nous nous sommes par la suite approfondis sur la maison vernaculaire kabyle afin de comprendre toutes les techniques ancestrales ainsi que le mode de vie dans cette région. Les informations collectées à travers ces thèmes, nous ont permis par la suite de passer à l'étape de l'analyse de notre cas d'étude.

En deuxième lieu, nous avons donc procédé à l'analyse du confort thermique au sein de notre cas d'étude, Ce travail s'est fait à travers plusieurs outils, entre méthodes qualitatives qui se traduisaient par l'utilisation de l'enquête par questionnaire, Le but de ce questionnaire était de se mettre dans la peau de l'individu qui vie au sein de cette maison et de connaître son ressenti par rapport au confort thermique de la maison , et des méthodes quantitatives, afin d'avoir des résultats chiffrés précis et de pouvoir les comparer avec les normes du confort thermique en Algérie selon la région de notre cas d'étude, Parmi les méthodes quantitatives que nous avons utilisées, nous avons la campagne de mesure qui devait se faire au sein de la maison in situ par le biais de sondes thermiques afin d'avoir des résultats sur la température et l'humidité de l'espace avec différentes conditions et comparer celle-ci avec les normes de confort,

Nous avons également confronté notre cas d'étude à deux types de simulation , soit la simulation thermique statique RETA qui permet de vérifier si notre cas d'étude est conforme à la réglementation thermique algérienne , et une simulation thermique dynamique qui nous a permis de vérifier si notre cas d'étude est plus performant que les constructions qui se font actuellement en Kabylie .

L'utilisation de différentes méthodes d'analyse dans notre recherche s'est faite dans l'objectif d'avoir des résultats précis afin de vérifier si notre cas d'étude est confortable thermiquement et d'apporter des améliorations à l'architecture vernaculaire kabyle pour que celle-ci devient plus performante thermiquement, ces améliorations seront une source de conception pour les nouvelles constructions en Kabylie.

Notre travail vise donc à l'utilisation rationnelle de l'énergie et incite à construire en région montagneuse de manière à prendre comme référence l'architecture vernaculaire kabyle tout en apportant des améliorations afin que le confort thermique des espaces soit assuré naturellement.

**Mots clefs** : Confort thermique, Architecture bioclimatique, Maison vernaculaire kabyle, Simulation thermique.

## Abstract

Nowadays the building sector is becoming more and more energy-intensive, our architectural heritage being a wealth for the architecture of each region of our country is being erased with an architecture that does not respect the environment in which it is built. Our research work focused on the region of Kabyle was on the one hand in order to enhance our architectural heritage and on the other hand to initiate new buildings to the rational use of energy by offering a thermal comfort inside the spaces while using very little energy in order to respect the environment and this by taking as reference the Kabyle vernacular architecture.

In the first place, we have established a theoretical reading on various themes that join our study, it was first necessary to understand the thermal comfort, its standards, its measures as well as the design of an architecture that offers a natural comfort, to understand the bioclimatic architecture without forgetting the Algerian thermal regulations. We then went into depth on the Kabyle vernacular house in order to understand all the ancestral techniques as well as the way of life in this region, the information collected through these themes allowed us to go on to the next stage. Analysis of our case study.

In the second place, we proceeded to the analysis of the thermal comfort within our case study, this work was done through several tools, between qualitative methods which resulted in the use of the questionnaire survey, the purpose of this questionnaire was to understand how the individual who lives in this house is feeling about the thermal comfort of the house, and quantitative methods to have accurate numerical results and to be able to compare them with the norms of the thermal comfort in Algeria according to the region of our case study, among the quantitative methods that we used we have the companion of measurement which had to be done within the house in situ by the thermal probe bias in order to have results on the temperature and humidity of space with different conditions and compare it with the standards of comfort, we also have We confronted our case study with two types of simulation, namely the static thermal simulation RETA which makes it possible to verify if our study case is in conformity with the Algerian thermal regulation, and a dynamic thermal simulation which enabled us to verify if our case study is more efficient than the constructions

currently being done in Kabylie.

The use of different methods of analysis in our research was done with the objective of having precise results in order to verify if our case study is thermally comfortable and to make improvements to the Kabyle vernacular architecture. For this to become more thermally efficient, these improvements will be a source of design for new construction in Kabylie. Our work is therefore aimed at the rational use of energy and encourages us to build in a mountainous region so as to take as a reference the vernacular Kabyle architecture while making improvements so that the thermal comfort of the spaces is assured naturally.

**Keywords :** thermal confort , bioclimatic architecture , vernacular house , thermal simulation.

## Table des matières

ملخص.....	I
RESUME.....	I
ABSTRACT.....	III
TABLE DES MATIERES.....	V
LISTE DES ABREVIATIONS ET DES NOMENCLATURES.....	VIII
LISTE DES FIGURES.....	IX
<b>INTRODUCTION GENERALE.....</b>	<b>1</b>
1.1 INTRODUCTION.....	2
1.2 PROBLEMATIQUE.....	3
1.3 HYPOTHESES.....	3
1.4 OBJECTIF.....	3
1.5 METHODOLOGIE.....	3
1.6 ORGANISATION DU MEMOIRE.....	6
<b>CHAPITRE 1 : LE CONFORT THERMIQUE.....</b>	<b>7</b>
1.1 INTRODUCTION :.....	8
1.2 DEFINITION DU CONFORT :.....	8
1.2.1 Les paramètres qui concernent l'environnement extérieur :.....	10
1.3 LES NORMES DU CONFORT THERMIQUE :.....	11
1.3.1 Norme Ashrae :.....	11
1.3.2 Norme algérienne :.....	13
1.4 MESURE DU CONFORT THERMIQUE :.....	14
1.4.1 La sensation du confort thermique mesuré par l'individu :.....	14
1.4.2 La sensation du confort thermique mesuré par des appareils de mesure :.....	14
1.5 UNE CONCEPTION ARCHITECTURALE POUR LE CONFORT NATUREL :.....	15
1.6 APPLICATION RETA :.....	24
1.7 CONCLUSION :.....	25
<b>CHAPITRE 2 : LA MAISON VERNACULAIRE KABYLE.....</b>	<b>27</b>
2.1 INTRODUCTION.....	28
2.2 IMPLANTATION ET INTEGRATION AU SITE DE LA MAISON TRADITIONNELLE KABYLE.....	28
2.2.1 Les ruelles appelées AZNIK.....	29
2.2.2 Les impasses.....	30
2.2.3 Tajmaat.....	30
2.2.4 L'hara.....	30
2.3 ORGANISATION SPATIALE DE LA MAISON TRADITIONNELLE KABYLE.....	31
2.3.1 L'entrée de la maison kabyle.....	32
2.3.2 Le seuil ( amnar) et la porte d'entrée ( tabbur bbwakham).....	32
2.3.3 Distribution spatiale de l'Axxam.....	33
2.3.4 Taqaat ou aguns ou tigherghert.....	33
2.3.5 Le foyer (el kanoun).....	34
2.3.6 Adaynin.....	34
2.3.7 Taaricht.....	34
2.3.8 Thagorfet.....	35
2.3.9 Les escaliers.....	35
2.3.10 Les niches et les akoufi.....	35
2.3.11 Les ouvertures dans la maison vernaculaire kabyle.....	36

2.4	SYSTEME CONSTRUCTIF DE LA MAISON KABYLE .....	37
2.4.1	<i>Les fondations</i> .....	37
2.4.2	<i>Les éléments porteurs</i> .....	37
2.4.3	<i>Les planchers</i> .....	38
2.4.4	<i>Le toit ( sqef )</i> .....	39
2.5	LES NOUVELLES CONSTRUCTIONS DANS LE VILLAGE KABYLE .....	40
2.5.1	<i>La maison vernaculaire kabyle authentique</i> .....	40
2.5.2	<i>La maison vernaculaire kabyle durant la colonisation</i> .....	41
2.5.3	<i>La maison vernaculaire kabyle post coloniale</i> .....	42
2.6	LA MAISON KABYLE DANS LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE .....	43
2.7	CONCLUSION .....	43
<b>CHAPITRE 3</b>	<b>PRESENTATION DU CAS D'ETUDE.....</b>	<b>45</b>
3.1	INTRODUCTION.....	46
3.2	IMPLANTATION ET INTEGRATION AU SITE DE NOTRE CAS D'ETUDE.....	46
3.2.1	<i>Situation du village et de la maison :</i> .....	46
3.2.2	<i>village d'Ait djemaa</i> .....	47
3.3	ORGANISATION SPATIALE DE LA MAISON TRADITIONNELLE KABYLE (CAS D'ETUDE).....	50
3.3.1	<i>Présentation et situation du cas d'étude</i> .....	50
3.3.2	<i>Distribution spatiale d'el hara (cas d'étude) :</i> .....	50
3.3.3	<i>Espaces du premier niveau</i> .....	53
3.4	SYSTEME CONSTRUCTIF DE NOTRE CAS D'ETUDE .....	54
3.4.1	<i>Les matériaux utilisés (cas d'étude)</i> .....	54
3.4.2	<i>Techniques de construction</i> .....	56
3.4.3	<i>Toiture</i> .....	57
3.5	CONCLUSION .....	57
<b>CHAPITRE 4</b>	<b>EVALUATION DU CONFORT DE LA MAISON KABYLE .....</b>	<b>58</b>
4.1	INTRODUCTION.....	59
4.2	METHODES D'EVALUATION DU CONFORT THERMIQUE .....	59
4.3	EVALUATION DU CONFORT THERMIQUE PAR QUESTIONNAIRE.....	59
4.3.1	<i>L'entretien par questionnaire</i> .....	59
4.3.2	<i>Objectif du questionnaire :</i> .....	60
4.3.3	<i>Construction du questionnaire</i> .....	60
4.3.4	<i>Réalisation de l'enquête par questionnaire</i> .....	65
4.4	RESULTATS DU QUESTIONNAIRE .....	65
4.5	DISCUSSION DES RESULTATS DU QUESTIONNAIRE .....	69
4.6	EVALUATION DU CONFORT PAR CAMPAGNE DE MESURE.....	70
4.6.1	<i>Protocole de mesure</i> .....	70
4.6.2	<i>Campagne de mesure chambre du RDC</i> .....	71
4.6.3	<i>Campagne de mesure du confort du local de stockage</i> .....	74
4.6.4	<i>La campagne de mesure</i> .....	77
4.6.5	<i>La chambre du RDC (chambre à coucher) :</i> .....	77
4.6.6	<i>Campagne de mesure de la chambre mois de Mars 2017</i> .....	80
4.7	DISCUSSION DES RESULTATS DE LA CAMPAGNE DE MESURES .....	86
4.8	CROISEMENT DE RESULTATS ENTRE LE QUESTIONNAIRE ET LA COMPAGNE DE MESURE .....	87
4.9	CONCLUSION .....	88
<b>CHAPITRE 5</b>	<b>EVALUATION PAR SIMULATION DE L'EFFICACITE ENERGETIQUE DE LA MAISON KABYLE.....</b>	<b>89</b>
5.1	INTRODUCTION.....	90

5.2	EVALUATION DE LA CONFORMITE A LA RT .....	90
5.3	LA SIMULATION THERMIQUE STATIQUE AVEC RETA .....	91
5.3.1	<i>Création des parois</i> .....	91
5.3.2	<i>Analyse complète de notre cas d'étude</i> .....	96
5.3.3	<i>Modification de la maison et simulation thermique statique par RETA</i> .....	97
5.4	DISCUSSION DES RESULTATS DE LA SIMULATION RETA : .....	98
5.5	LA SIMULATION THERMIQUE DYNAMIQUE REVIT .....	99
5.5.1	<i>Modélisation de la maison vernaculaire kabyle à l'époque de la colonisation sur le logiciel REVIT</i> 99	
5.5.2	<i>Analyse thermique par le biais du logiciel revit du cas d'étude</i> .....	101
5.5.3	<i>Analyse thermique d'un cas fictif témoin</i> .....	102
5.6	DISCUSSION DES RESULTATS DE LA SIMULATION DYNAMIQUE REVIT : .....	103
5.7	DISCUSSION DES RESULTATS DE LA SIMULATION THERMIQUE STATIQUE RETA ET LA SIMULATION THERMIQUE DYNAMIQUE REVIT103	
5.8	CONCLUSION .....	104
	<b>CONCLUSION GENERALE</b> .....	<b>106</b>
	<b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....	<b>110</b>
	<b>ANNEXES</b> .....	<b>112</b>

## Liste des abréviations et des nomenclatures

<b>APRUE</b>	Agence nationale pour la promotion et la rationalisation de l'utilisation de l'énergie
<b>ASHRAE</b>	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Etats Unis
<b>BBC</b>	Bâtiment à basse consommation énergétique
<b>CDER</b>	Centre de Développement des Energies Renouvelables, Algérie
<b>DTR</b>	Documents techniques réglementaire
<b>RETA</b>	Réglementation thermique algérienne
<b>RT</b>	Réglementation thermique
<b>SONELGAZ</b>	Société nationale de l'électricité et du gaz, Algérie.
<b>STD</b>	Simulation thermique dynamique.
<b>Ta</b>	Température de l'air
<b>TP</b>	Température des parois
<b>TRS</b>	Température résultante

## Liste des figures

Figure 1 Schémas de la méthodologie de recherche (source : auteur) .....	5
Figure 2 schémas des échanges thermiques entre l'homme et son environnement immédiat, (source : batitherm SA). .....	9
Figure 3 schémas des facteurs du confort thermique, (Source :labo-energetic) .....	11
Figure 4 Schémas Plages de température opératoire et d'humidité acceptables pour des personnes portant des vêtements d'été ou d'hiver habituels et effectuant un travail léger et sédentaire.( source : Addendum to Thermal Environmental Conditions for Human Occupan ) .....	12
Figure 5 carte des zones climatiques en hiver (source : livre recommandations architecturales Edition enag). .....	13
Figure 6 carte des zones climatiques en hiver (source : livre recommandations architecturale). .....	13
Figure 7 Lutron ht-3004(source :lutron ) .....	14
Figure 8 Graphe de la compacité, (source : asder, partageons l'énergie) .....	16
Figure 9 course du soleil, (source :herve.silve.pagesperso-orange).....	17
Figure 10 Stratégies du chaud (période hivernale), (source :grenoble.archi) .....	18
Figure 11 Stratégies du froid (période d'été), (source : grenoble.archi) .....	19
Figure 12 Schémas principe d'une architecture bioclimatique en été et en hiver, (source : asder, partageons l'énergie).....	19
Figure 13 Principe d'une serre en hiver et en été (source : COBSe). .....	20
Figure 14 Panneau solaire thermique (source : ooreka). .....	20
Figure 15 Interface logiciel RETA (source : CDER). .....	24
Figure 16 Structure des étapes de calcul de RETA (source : auteur).....	25
Figure 17 Ruelle du village de djaafra wilaya de bordj bou arredji (source :auteur).....	29
Figure 18 ruelle du village d'Ait djemaa (source : auteur). .....	29
Figure 19 Tadjmaat du village d'Ait djemaa (source :auteur) .....	30
Figure 20 El hara du village de djaafra wilaya de bordj bou arredji (source : auteur).....	30
Figure 21 Schémas de l'organisation d'el hara (source : auteur). .....	31
Figure 22 Maison vernaculaire kabyle dans le village de boumessaoud dans la wilaya de Michelet ( Source : auteur ).....	31
Figure 23 Maison vernaculaire kabyle dans le village de boumessaoud dans la wilaya de Michelet (Source : auteur). .....	31
Figure 24 Entrée de la maison kabyle du village d'Ait djemaa (source : auteur) .....	32
Figure 25 Schémas de la coupe d'axxam avec sa subdivision. (Source : auteur) .....	33
Figure 26 Maison vernaculaire kabyle dans le village de boumessaoud dans la wilaya de Michelet.(Source : auteur). .....	33
Figure 27 Amnar de la maison vernaculaire kabyle du chanteur chrif khedam dans le village de boumessaoud (Source : auteur). .....	33
Figure 28 Addaynin de la maison du chanteur chrif khedam dans le village de boumessaoud vue à partir de tigergert (Source : auteur). .....	34
Figure 29 Addaynin de la maison vernaculaire kabyle du chanteur chrif khedam dans le village de boumessaoud (Source : auteur).....	34

Figure 30 Taaricht de la maison vernaculaire kabyle du chanteur chrif khedam dans le village de boumessaoud (Source : auteur). .....	34
Figure 31 Taghrouft de la maison vernaculaire kabyle d'Ait djemaa, (source : auteur).....	35
Figure 32 Taghrouft de la maison vernaculaire kabyle d'Ait djemaa, (source : auteur).....	35
Figure 33 Niches la maison du chanteur chrif khedam village boumessaoud, (source : auteur).....	35
Figure 34 Fenêtre de la maison du chanteur chrif khedam village boumessaoud, (source : auteur).....	36
Figure 35 Porte d'une maison kabyle dans le village de de djaafra wilaya de bordj bou arredji , (source : auteur).....	36
Figure 36 maison avec mur en pierre, village Boumessaoud, (source : auteur). .....	37
Figure 37 Schémas système de poutres et piliers.(Source: reservall) .....	38
Figure 38 toitures en tuile du village de djaafra wilaya de bordj bou arredji .(source : auteur ) .....	39
Figure 39 Schémas d'une coupe de la division spatiale d'axaam de la maison vernaculaire kabyle authentique (source : auteur) .....	40
Figure 40 Ensembles de maisons vernaculaires kabyles du village de djaafra wilaya de bordj bou arredji utilisant des matériaux locaux (source : auteur) .....	40
Figure 41 Schémas d'une coupe de la maison vernaculaire kabyle durant la colonisation (source : auteur).....	41
Figure 42 Schémas de composition du plancher en voutain de briques pleines, .....	41
Figure 43 Photo du plancher en voutain de briques pleines du premier niveau de notre cas d'étude (source : auteur).....	41
Figure 44 image des nouvelles constructions en Kabylie en brique et vitrage simple avec toiture plate village ait Djemaa (source : auteur ) .....	42
Figure 45: situation géographique du village ait djemaa, position GPS (source : maps) .....	46
Figure 46 photo du village ait djemaa agrippée sur la montagne en forme de collier de perle, avec des maisons perpendiculaires aux courbes de niveaux ( source : web) .....	47
Figure 47 photo du village ait djemaa agrippée sur la montagne en forme de collier de perle (source : auteur).....	47
Figure 48 position de tajmaat dans le village : (source : Google maps) .....	48
Figure 49 photo de tajmaat du village d'Ait djemaa, (source : auteur).....	48
Figure 50: Photo satellite, schémas de la ruelle principale en rouge, schémas des ruelles secondaires en bleu, (source : Google maps et auteur). .....	49
Figure 51: Photo représentant la ruelle principale du village d'Ait djemaa, (source : auteur) .....	49
Figure 52: Position géographique du cas d'étude, (source : Google earth) .....	50
Figure 53: Plan schématique montrant l'organisation spatiale de la maison au REZ DE CHAUSSEE (source : auteur) .....	51
Figure 54 Coupe de la maison kabyle traditionnelle,(source : H. Genevois, 1962).....	51
Figure 55 Plan de la maison kabyle,( source :H. Genevois1962) .....	51
Figure 56: Photo Del kanoun de la chambre du RDC (source : auteur).....	52
Figure 57: Amrah de notre cas d'étude (source : auteur) .....	52
Figure 58 Schémas de la coupe AA (source : logiciel revit par auteur).....	53
Figure 59 Schémas de l'organisation spatiale de la maison au premier niveau (source : auteur) .....	53

Figure 60: photo de la pièce réservée au stockage des provisions, (source : auteur).....	53
Figure 61: photo d'un des murs en pierre de la maison, (source : auteur).....	54
Figure 62: Photo représentant la Charpente en bois dans la pièce des provisions, (source : auteur).....	55
Figure 63: : Photo qui représente le Bois pour l'utilisation du kanoun afin de se réchauffer en hier (source : auteur) .....	55
Figure 64: : Photo représentant les roseaux de la toiture dans la pièce des provisions, (source : auteur).....	55
Figure 65: Schémas de composition des murs de la maison, (source : auteur).....	56
Figure 66: Photo du plancher en voutain de briques pleines du premier niveau de notre cas d'étude (source : auteur).....	56
Figure 67: Schémas de composition du plancher en voutain de briques pleines, (source : web) .....	57
Figure 68: : Photo de la toiture à double pente en tuile de notre cas d'étude, (source : auteur) .....	57
Figure 69 Schémas en façade de l'emplacement de la chambre du RDC (source : auteur) .....	67
Figure 70 Schémas en plan de l'emplacement de la chambre du RDC (source : auteur).....	67
Figure 71 Schémas en façade de l'emplacement de lu local de stockage (source : auteur) .....	67
Figure 72 Schémas en plan de l'emplacement de lu local de stockage (source : auteur) .....	67
Figure 73 : Schémas du RDC de la maison précisant l'emplacement de la chambre mesurée par l'appareil lutron (source : auteur).....	72
Figure 74: plan de chambre du RDC avec Le logiciel Autodesk revit, échelle 1/50 EME (source ;auteur).....	72
Figure 75: espace pour dormir (source auteur) .....	73
Figure 76: el kanoun (poêle à bois) de la chambre, (source auteur) .....	73
Figure 77: Figure : Cheminée de la chambre, (source auteur) .....	73
Figure 78: Schémas du 1er étage de la maison précisant l'emplacement de l'espace de stockage mesurée par l'appareil lutron (source :auteur) .....	74
Figure 79: Plan de la chambre de stockage avec Le logiciel Autodesk revit, échelle(source : auteur).....	75
Figure 80: Vue intérieur de la chambre de stockage (source auteur).....	76
Figure 81: Chambre de stockage (source auteur).....	76
Figure 82: Vue sur la toiture de la chambre de stockage (source auteur) .....	76
Figure 83 plan de chambre du rdc échelle 1/50 eme (source :logiciel REVIT par auteur ).....	77
Figure 84 Schémas de la dispersion de la chaleur dans la chambre (source: auteur) .....	82
Figure 85 plan de la chambre de stockage échelle 1/50 éme (source : auteur).....	82
Figure 86 Schémas de la dispersion de la chaleur dans le local de stockage (source : auteur) .....	86
Figure 87 Informations relatives au projet (source: RETA) .....	91
Figure 88 Schémas en coupe représentant le sol, le plafond ainsi que la porte sélectionné pour notre étude .....	92
Figure 89 Schémas en plan des parois sélectionnées pour l'analyse (source : logiciel revit par auteur).....	92
Figure 90 Composants parois Sud-Est (source : RETA).....	93
Figure 91 Composants parois Nord-Ouest (source :RETA) .....	93

Figure 92 Composants parois Sud-Ouest (source : RETA) .....	94
Figure 93 Composition parois Nord-Est (source : RETA).....	94
Figure 94 Composants plancher (source : RETA) .....	94
Figure 95 Composants du plafond (source : RETA).....	95
Figure 96 Composition de la porte (source : RETA) .....	95
Figure 97 Composition de la porte ( source : RETA) .....	96
Figure 99 Synthèse de la conformité des enveloppes (source : RETA).....	96
Figure 98 Synthèse des échanges thermiques en hiver (source : RETA).....	96
Figure 100 Synthèse des échanges thermiques en été (source : RETA) .....	96
Figure 101 Besoin annuel de chauffage (source : RETA) .....	96
Figure 102 Besoin annuel de chauffage pour la modification 1 (source : RETA).....	97
Figure 103 Besoin annuel de chauffage pour la modification 2 (source : RETA).....	97
Figure 104 Schémas en coupe de la maison ( source : logiciel revit par auteur ).....	100
Figure 105 Façade principale Sud-Ouest (source : logiciel revit par auteur).....	100
Figure 106 Représentation 3d du cas d'étude (source : logiciel revit par auteur) .....	100
Figure 107 Première étape de l'analyse, définition des zones d'analyse en plus (source : logiciel revit par auteur) .....	101
Figure 108 Deuxième étape de l'analyse, précision des informations relatives aux pièces (source : logiciel revit par auteur) .....	101
Figure 109 Insertion des informations relatives à la chambre du RDC et le local de stockage (source : auteur).....	101
Figure 110 charges chauffage et refroidissement chambre RDC cas d'étude (source : logiciel REVIT).....	102
Figure 111 charges chauffage et refroidissement local de stockage cas d'étude (source : logiciel REVIT).....	102
Figure 112 charges chauffage et refroidissement chambre RDC maison modifiée (source : logiciel REVIT).....	102
Figure 113 charges chauffage et refroidissement le local de stockage de la maison modifiée (source : logiciel REVIT).....	102

### Liste des tableaux

Tableau 1 Normes du confort thermique en Algérie selon les zones climatiques (source : livre recommandations architecturales, résultats de calculs basés sur les données météo ONM (1974-1984) par N.Ould Henia) .....	14
Tableau 2 recommandations architecturales pour la zone climatique littoral. (Source : livre recommandations architecturale, N.OULD HENIA).....	22
Tableau 3: Construction du questionnaire de l'entretien sur le confort thermique de la maison vernaculaire kabyle .....	62
Tableau 4 Protocole de mesure (source : auteur) .....	70
Tableau 5 Mesures température et humidité de la chambre du RDC 27 décembre 2017 à 12h21(source : auteur).....	78
Tableau 6 Mesures température et humidité de la chambre du RDC 26 mars 18h58 (source : auteur).....	78

Tableau 7 Mesures température et humidité de la chambre du RDC 26 mars 10h55(source : auteur).....	80
Tableau 8 Mesures température et humidité de la chambre du RDC 26 mars 18h47 (source : auteur).....	80
Tableau 9 Mesures température et humidité du local de stockage 27 décembre 2017 à 12h30(source : auteur).....	83
Tableau 10 Mesures température et humidité du local de stockage 27 décembre 2017 à 12h30(source : auteur).....	83
Tableau 11 Mesures température et humidité du local de stockage 26 mars 2018 à 11h05(source : auteur).....	84
Tableau 12 Mesures température et humidité du local de stockage 26 mars 2018 à 19h (source : auteur).....	84
Tableau 13: Classement des trois cas de la maison en catégorie selon la conformité à la RT (source : auteur).....	97
Tableau 14 Récapitulatif des trois analyses thermiques par rapport au besoin en chauffage ( source : reta et auteur ) .....	97

### Liste des graphes

Graphe 1 graphe de la température et de l'humidité à T1 et T2 pour tous les points (source : auteur).....	79
Graphe 2 graphe de la température la nuit et le jour par rapport à la limite du confort de la zone H1b (source : auteur) .....	79
Graphe 3 graphe de l'humidité la nuit et le jour par rapport à la limite du confort de la zone H1b (source : auteur).....	79
Graphe 4 graphe de la température la nuit et le jour par rapport à la limite du confort de la zone H1b .....	81
Graphe 5 graphe de l'humidité la nuit et le jour par rapport à la limite du confort de la zone H1b (source : auteur).....	81
Graphe 6 graphe de la température la nuit et le jour par rapport à la limite du confort de la zone H1b (source : auteur) .....	83
Graphe 7 graphe de l'humidité la nuit et le jour par rapport à la limite du confort de la zone H1b du local de stockage (source : auteur) .....	84
Graphe 8 graphe de la température la nuit et le jour par rapport à la limite du confort de la zone H1b du local de stockage (source : auteur).....	85
Graphe 9 graphe de l'humidité la nuit et le jour par rapport à la limite du confort de la zone H1b du local de stockage (source : auteur) .....	85

## Introduction générale

## 1.1 Introduction

Les besoins de l'homme sur terre évoluent au fil des années au gré de la progression des sociétés. Cette évolution de besoins a, par la suite, un impact direct sur le secteur de l'habitat. L'habitat est donc en changement continu au fil des années en fonction des besoins de l'homme, Ces changements incitent à la consommation importante de l'énergie.

L'homme recherche constamment le confort thermique, il est donc face à une utilisation constante de la climatisation et du chauffage pour se procurer ce confort.

Le secteur du bâtiment représente plus de 40 % de la consommation d'énergie (APRUE 2008), Nous sommes donc confrontés, de nos jours, à des problèmes de ressources énergétiques, Notre rôle est, avant tout, de trouver le moyen de réduire notre consommation d'énergie et ceci à travers la construction d'un habitat qui s'inscrit dans la démarche du développement durable et répond à ses enjeux.

L'habitat durable consomme très peu d'énergie en s'inscrivant harmonieusement dans le site dans lequel il se construit. Il est construit de manière à respecter l'environnement en utilisant des matériaux qui ne rejettent pas de produits toxiques et aptes à être recyclés, C'est un habitat qui confère un confort thermique au sein des espaces, en été et en hiver, en utilisant très peu d'énergie.

Aujourd'hui, l'habitat bioclimatique est à l'image de l'habitat durable, il représente une solution contre l'architecture énergivore, un habitat qui prend en charge tous les éléments du site avant d'être construit pour produire une architecture qui consomme peu d'énergie et qui offre un confort thermique à toutes les saisons, un habitat qui use des éléments de la nature pour chauffer et ventiler les espaces intérieurs par le biais de stratégies et dispositifs bioclimatiques en été comme en hiver.

Cependant la solution contre l'habitat énergivore est très ancienne, l'habitat vernaculaire représente une richesse dans le secteur du bâtiment, L'homme ancestral a su construire, selon ses besoins, avec des techniques et des matériaux extraits de la nature, qui ont la capacité d'être recyclés et sont dotés d'une bonne inertie thermique ce qui confère à l'espace un confort thermique en utilisant très peu d'énergie, l'homme a construit en fonction du site dans lequel il s'est implanté en s'adaptant aux conditions dures du site et du climat, une harmonie parfaite entre habitat et nature, La pratique de cet habitat traditionnel a développé un ensemble de solutions conceptuelles qui lui permettent une basse consommation d'énergie.

L'architecture vernaculaire, qui représente un patrimoine architectural, se voit, malheureusement, en disparition au fil des années, elle est, peu à peu, désertée par ses habitants ou réhabilitée avec des matériaux et des techniques qui ne correspondent pas à celles utilisés auparavant. Une réhabilitation qui ne s'inscrit pas dans l'optique de la préservation de l'environnement, ainsi que de nouvelles constructions ne respectent pas l'environnement dans lequel elles se construisent. Celles-ci consomment beaucoup d'énergie en ventilation et en chauffage pour créer un confort thermique, des constructions qui représentent également à la structure urbaine de la région.

Notre but, à travers cette recherche, est donc :

- Redonner vie à ce patrimoine architectural délaissé
- Utiliser ses techniques et ses méthodes afin d'assurer un confort thermique au sein des espaces d'habitation avec très peu d'énergie.

- Construire, de manière, à respecter l'environnement tout en s'adaptant aux besoins de l'homme d'aujourd'hui.

## 1.2 Problématique

Devant le constat alarmant de la disparition du mode de construction de l'habitat traditionnel dans nos campagnes, et son remplacement par un mode de construction énergivore qui ne respecte pas l'environnement naturel, nous questionnons, dans cette recherche, les performances thermiques et énergétiques de l'architecture vernaculaire. Dans le cas précis de maisons traditionnelles des montagnes de la Kabylie, nous soulevons le questionnement suivant :

**« Quelles sont les performances thermiques de la maison vernaculaire kabyle comparées aux normes de confort algériennes et à ceux d'une maison bioclimatique ? »**

Nous questionnons ainsi les gains thermiques d'un cas d'étude précis d'une maison vernaculaire kabyle construite en pierre naturelle et toiture en tuile dans la commune d'Akbil dans le village d'Ait Djemaa en comparaison avec les normes du confort thermique en Algérie.

## 1.3 Hypothèses

Pour répondre à notre problématique, nous supposons les hypothèses suivantes :

- La maison vernaculaire kabyle est conçue selon les règles de la maison bioclimatique.
- La maison vernaculaire kabyle est un modèle de consommation énergétique et de confort thermique naturel grâce aux matériaux utilisés et aux techniques de réalisations ancestrales.

## 1.4 Objectif

Notre travail de recherche s'inscrira dans l'objectif de :

- La mise en valeur du patrimoine architecturale kabyle comme solution dans la préservation de l'environnement et du développement durable.
- La consommation rationnelle de l'énergie en Kabylie en construisant dans une optique de durabilité et en prenant en considération les techniques et méthodes ancestrales.
- L'apport de solutions architecturales à l'architecture vernaculaire kabyle pour lui conférer un meilleur confort thermique.
- L'initiation à l'utilisation de la compagne de mesure ainsi à l'outil de simulation thermique dynamique dans la recherche scientifique.

## 1.5 Méthodologie

Afin de répondre à notre problématique de recherche et ainsi de confirmer ou d'infirmer nos hypothèses, nous avons élaboré, une méthodologie qui intègre différentes méthodes

d'évaluation qui sont orientées vers les perceptions de confort de l'utilisateur ainsi que vers les caractéristiques thermiques et énergétiques de la maison.

Nous avons élaboré notre recherche suivant trois phases (figure 1):

### **1/Phase théorique**

Nous avons effectué en premier lieu une recherche théorique sur les différents thèmes qui englobent notre recherche. Nous avons, en premier lieu, fait des recherches sur le confort thermique, ses limites, ses normes, les méthodes de mesure, la réglementation thermique algérienne ainsi qu'à la conception bioclimatique.

Par la suite, il fallait s'imprégner du site où se trouve notre cas d'étude, nous avons donc fait une recherche thématique sur la Kabylie, les maisons vernaculaires kabyle, les traditions kabyles, ainsi qu'aux techniques de réalisation ancestrales.

### **2/Phase pratique**

Notre méthode d'évaluation combine deux approches pour évaluer le confort et l'efficacité énergétique de notre cas d'étude:

#### **Evaluation du confort par :**

1. L'enquête par questionnaire destinée à l'utilisateur / l'occupant (Élaboration d'une enquête par questionnaire dédié aux habitants de la maison vernaculaire choisie sur le confort hivernal durant cette saison).
2. La campagne de mesure du confort thermique pendant la saison d'hiver (Prendre des mesures in situ par le biais de l'appareil de mesure lutron-3004 pour comparer les résultats obtenus avec les normes de confort thermique de notre zone d'étude.)

#### **Evaluation de l'efficacité énergétique par simulation :**

1. L'évaluation de la conformité à la RT à l'aide de RETA (Faire une simulation thermique statique par le biais de l'application RETA afin de comparer la maison vernaculaire kabyle choisie avec la réglementation thermique algérienne.)
2. L'évaluation de l'efficacité énergétique par simulation avec Revit (Faire une simulation thermique dynamique des espaces choisis de la maison vernaculaire par le biais du logiciel Revit insight afin d'établir une analyse thermique et de proposer des solutions architecturales pour un meilleur confort thermique.)

### **3/Phase de traitement des résultats, discussions et recommandations**

Cette phase permet de discuter les différents résultats obtenus après analyse, de confirmer ou d'infirmer nos hypothèses et d'apporter des solutions architecturales.

Méthodologie de recherche

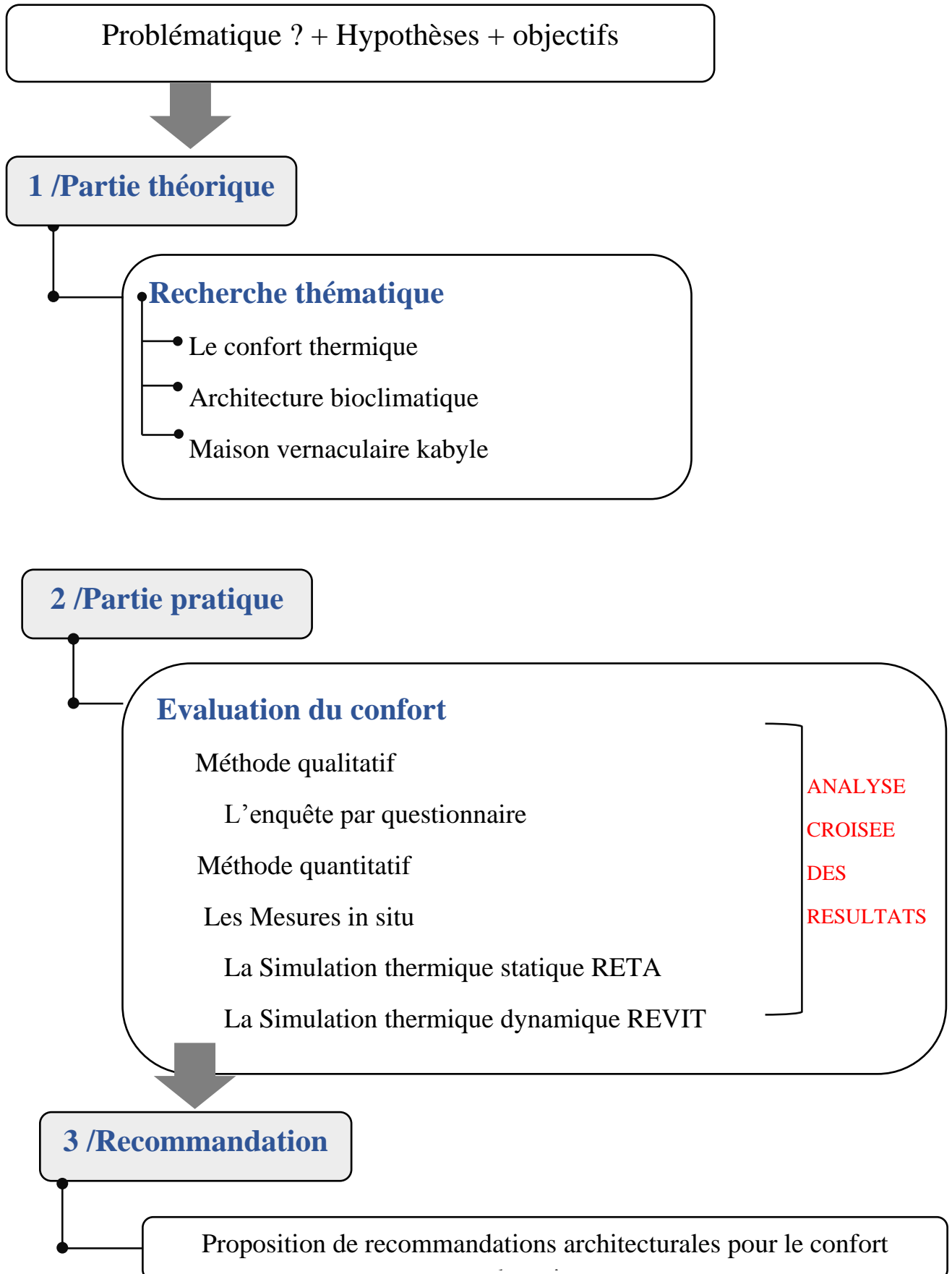


Figure 1 Schémas de la méthodologie de recherche (source : auteur)

## 1.6 Organisation du mémoire

Notre mémoire se structure en deux parties :

- La première partie, concerne la recherche théorique, celle-ci concerne un état de l'art du confort thermique ainsi que de la maison vernaculaire kabyle.
- La deuxième partie, concerne l'étude de nos cas « la maison vernaculaire kabyle à l'époque coloniale » ainsi que la discussion des résultats obtenus.

## Chapitre 1 : Le confort thermique

## 1.1 Introduction :

L'individu est constamment à la recherche d'un environnement adéquat pour son bien-être, que ce soit en milieu extérieur ou intérieur, l'architecte est responsable en grande partie du confort de l'individu et de son bien être dans son environnement intérieur et extérieur un confort qui se résume à la bonne gestion des espaces intérieurs ainsi qu'une température adéquate à l'individu , les deux éléments sont gérés grâce à la construction et ses procédés , la gestion des espaces se fait au préalable par l'architecte avant la construction ainsi que la température intérieur est géré à travers les matériaux utilisés , le procédé de construction , les orientations ainsi que les dispositifs bioclimatique.

De nos jours, l'architecture prend uniquement en considération le confort des espaces alors que le confort thermique est mis à l'écart, l'individu est donc face à la consommation importante d'énergie pour répondre à son bien être thermique.

Notre pays est riche en patrimoine architecturale qui part ses techniques de construction répond au besoin thermique sans faire appel à des techniques coûteuses ne respectant pas ainsi l'environnement , notre cas d'étude se concentre sur la maison vernaculaire kabyle et son confort thermique , L'architecture vernaculaire est prestigieuse par son respect de l'environnement, l'homme a su allier avec les éléments de la nature en adéquation avec ses croyances et son mode de vie afin de répondre à ses besoins quotidiens tout en respectant son environnement. Le climat et le site sont des éléments primordiaux dans la conception vernaculaire car l'homme choisit les techniques et les matériaux en fonction de l'impact de la température, des degrés d'humidité et de la vitesse des vents pour fournir un confort thermique permanent, ce confort est mesurable par l'homme en étant bien dans son corps mais aussi par un appareil de mesure de la température et de l'humidité qui nous donne des valeurs exactes pouvant être vérifié par la réglementation thermique .

Ce chapitre nous permettra de faire un tour sur le confort thermique, le comprendre et le décortiquer, entre normes du confort thermique , mesure d'évaluation du confort thermique ,la conception architecturale pour un confort naturel ainsi que la réglementation thermique algérienne pour appliquer tout cela à notre cas d'étude et vérifier si la maison vernaculaire kabyle que nous avons choisie est conforme aux règles de la conception bioclimatique et que celle-ci offre un confort thermique à l'utilisateur.

## 1.2 Définition du confort :

D'une manière globale, un confort est tout simplement la sensation de bien-être ressenti par un individu conférée par les éléments extérieurs qui l'entourent, c'est une sensation à origine physique, psychique et fonctionnelle, un composant important de la qualité de vie car en présence de confort il y a productivité et innovation.

Cependant, il y a deux confort au sein d'un espace, on distingue le confort qui concerne l'agencement des espaces et l'atmosphère qui s'y trouve et on retrouve aussi le confort thermique, notre recherche se base essentiellement sur le confort thermique, notre but est avant tout de combattre l'architecture énergivore de nos jours.

Ceci nous mène donc à expliquer qu'est-ce qu'un confort thermique ?

Définition du confort thermique :

Un confort thermique se définit comme étant la sensation de bien-être ressentie à l'égard de l'ambiance thermique du milieu dans lequel l'individu se trouve, que ce soit en hiver ou en été, trois conditions doivent être accomplies afin que l'individu ressente le confort :

- Le corps doit maintenir une température interne stable
- La production de sueur ne doit pas être trop Abondante et la température moyenne de la peau doit être confortable
- Aucune partie du corps ne doit être trop chaude ni trop froide (inconfort local).

Le confort thermique se caractérise par des transferts thermiques entre un corps et un autre , nous distinguons trois modes de transfert thermique , ces modes sont la convection présentant 50 % des pertes de chaleur du corps humain, le rayonnement présentant 35 % des échanges à la surface de la peau et à la conduction qui représentes moins d'un 1% de pertes , nous résumons ces transferts thermiques dans le schémas suivant :

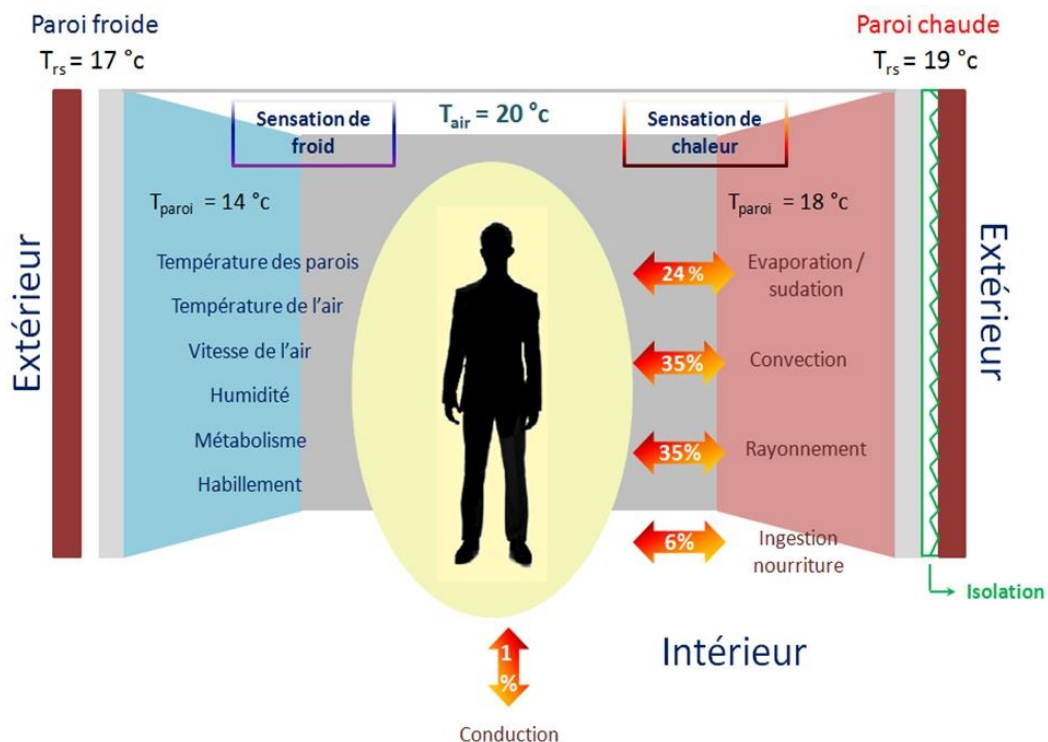


Figure 2 schémas des échanges thermiques entre l'homme et son environnement immédiat, (source : batitherm SA).

Ces échanges thermiques entre l'individu et son environnement extérieur dépendent de plusieurs paramètres qui sont :

Les paramètres qui concernent l'homme :

**1.** Le métabolisme :

Tout d'abord le paramètre concernant l'homme, le métabolisme qui est la production de chaleur interne du corps permettant de la maintenir à 36.7C° soit la température idéale pour le corps.

**2.** L'habillement :

L'habillement représente une résistance thermique dans les échanges de chaleurs entre la surface de la peau de l'homme et son environnement extérieur.

Cependant, le degré d'habillement joue un rôle important dans ces échanges, la résistance thermique change en fonction de l'augmentation ou de la diminution du degré d'habillement.

**1.2.1** Les paramètres qui concernent l'environnement extérieur :

1. La température de l'air : (TA)

La température de l'air est un paramètre important car celui-ci influe en grande partie sur le confort de l'individu, elle est mesurée à l'aide d'un thermomètre au bulbe protégé de tout rayonnement solaire et rayonnement des parois du local, le confort est entre 18C° et 25 C°.

2. La température des parois : (TP)

Elle se mesure à l'aide d'une sonde de contact ou à rayonnement infrarouge, celle-ci nous renseigne sur l'inertie thermique d'une paroi.

Pour une meilleure paroi, il convient de prendre un coefficient de conductibilité thermique équivalant ou inférieur à 1.2, et veiller à ce que la différence de température entre la paroi et l'air ambiant ne soit pas supérieure 5 C°

L'équation de la température des parois est  $T_{rs} = (T_a + T_p)/2$

Avec :

- $T_{rs}$  : température résultante
- $T_a$  : température de l'air
- $T_p$  : température des parois

**3.** L'humidité relative à l'air (HP)

Un pourcentage entre la quantité d'eau contenue dans l'air à la température  $T_a$  et la quantité maximale d'eau contenue à la même température.

Le confort est délimité entre 20 à 80 % d'humidité, au-dessus de 20 %, l'air devient trop sec, au Delas de 80 % l'air devient trop humide.

4. La vitesse de l'air :

La vitesse de l'air détermine les échanges de chaleur par convection et augmente l'évaporation à la surface de la peau.

Cette vitesse a un impact sur le confort quand elle est supérieure à 0.2m/S , à partir de cette vitesse, le courant d'air est ressenti , celui-ci peut être favorable au confort quand on est dans une ambiance chaude et humide .

L'ensemble des paramètres se résume donc sur le schéma suivant :



Figure 3 schémas des facteurs du confort thermique, (Source :labo-energetic)

Il y a un rapport constant entre l'individu et son environnement immédiat, l'homme influe sur l'environnement et l'environnement influe sur l'homme , des échanges permanents ce font entre ces deux éléments par le biais de différents paramètres , à travers les paramètres du confort nous sommes ressortis avec des limites de confort thermique qui sont d'une humidité de 20 à 80 % et d'une température entre 18 C° et 25 C° .

Après avoir présentés les différents échanges thermiques entre l'individu et son environnement, il est nécessaire d'expliquer qu'est-ce qu'un confort thermique et comment on peut le mesurer et en tirer tous les points qui touchent à celui-ci, afin de définir si notre cas d'étude est confortable thermiquement.

### 1.3 Les normes du confort thermique :

Afin qu'il y ait un confort assurée, des conditions d'un environnement thermique acceptable sont relatée dans la norme internationale ASHRAE et pour notre pays dans la norme algérienne du confort thermique.

#### 1.3.1 Norme Ashrae :

La norme Ashrae, pour l'American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, est une organisation internationale technique dans le domaine des génies

thermiques et climatiques, elle définit les conditions d'un environnement thermique acceptable dans la norme 55-1992 de son addenda 1995 de l'Ashrae, intitulée 'thermal environmental conditions for human occupancy'

Cette norme est établie pour mettre en place les conditions pour lesquelles 80% des personnes en bonne santé ou plus trouvent une ambiance confortable dans le milieu dans lequel elles se trouvent, car d'un individu à un autre, il y'a une différence de perception, ce qui fait que cette norme ne peut pas satisfaire la population à 100 %, cependant celle-ci englobe la majorité.

Ashrae a mis en place des recommandations relatives aux conditions environnementales pour un confort thermique, ces conditions se résument comme suit :

Les conditions environnementales pour un confort thermique :

L'ASHRAE spécifie les normes de confort du corps en termes de température opératoire. En tenant compte d'éléments primordiaux tel que la température de l'air ainsi que le rayonnement thermique et la vitesse de l'air qui vas jusqu'à 0.15-0.2 m/s.

Cependant, la température adéquate en été et en hiver est différente, car les degrés d'habillement change d'une saison à une autre, en hiver l'homme est habillé plus chaudement ce qui fait que le degré d'isolation thermique est plus élevé, pour répondre au confort, il faut une humidité relative de 50 % et une température de 23 à 26 °C en été, et 20 à 23,5 °C en hiver.

Les plages de températures opératoires et d'humidité acceptable dans le cas où une personne est habillée normalement sont représentées dans le graphe suivant :

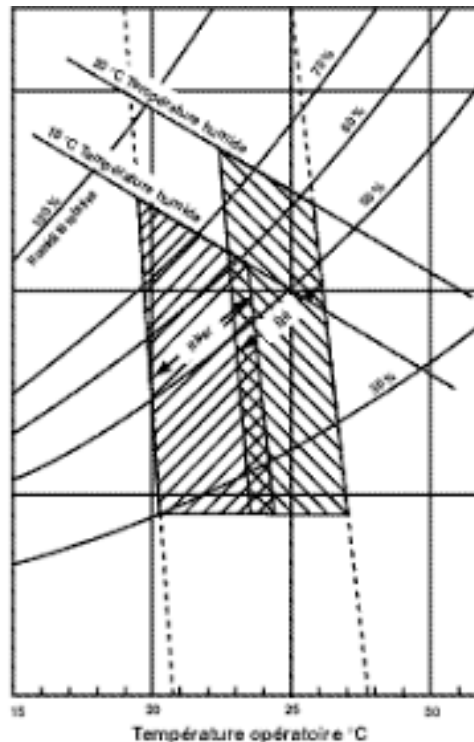


Figure 4 Schémas Plages de température opératoire et d'humidité acceptables pour des personnes portant des vêtements d'été ou d'hiver habituels et effectuant un travail léger et sédentaire.( source : Addendum to Thermal Environmental Conditions for Human Occupan )

### 1.3.2 Norme algérienne :

La norme algérienne pour qu'un confort thermique soit assuré, dépend de la zone climatique dans laquelle se trouve le bâtiment, nous présenterons en premier lieu les différentes zones climatiques en Algérie puis un tableau qui définit la limite du confort thermique de chaque zone en hiver et en été.

Les zones climatiques d'hiver :

En hiver, les zones climatiques sont classés en trois catégories soit :

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

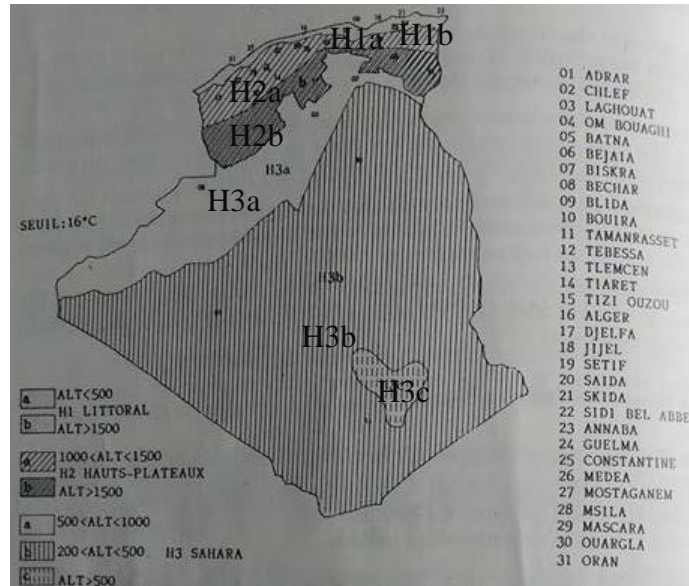


Figure 5 carte des zones climatiques en hiver (source : livre recommandations architecturales Edition enag).

Les zones climatiques d'été :

En été, les zones climatiques sont classés en cinq catégories soit :

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

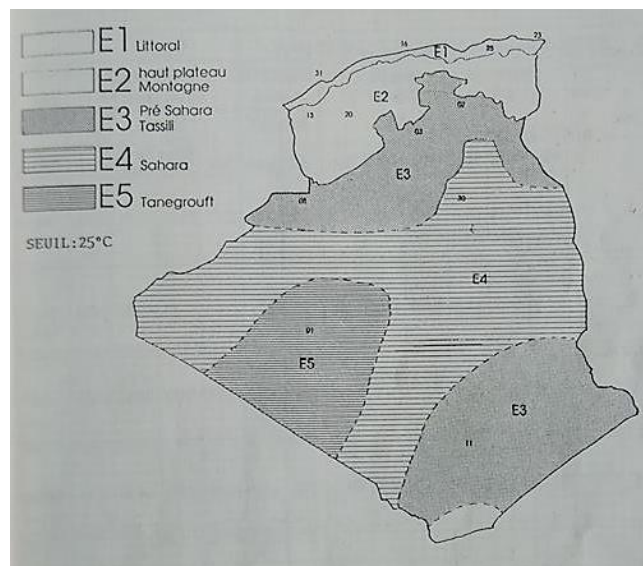


Figure 6 carte des zones climatiques en hiver (source : livre recommandations architecturale).

Tableau 1 Normes du confort thermique en Algérie selon les zones climatiques (source : livre recommandations architecturales, résultats de calculs basés sur les données météo ONM (1974-1984) par N.Ould Henia)

ZONE CLIMATIQUE		LIMITES DU CONFORT		ZONE CLIMATIQUE
		TEMPERATURE(C°)	HUMIDITE RELATIVE (%)	
HIVER				ETE
H1	H1a	21-25	22-70	E1
	H1b	20-24	20-70	
LITTORAL				LITTORAL
H2	H2a	21-26	21-69	E2
	H2b	20-25	23-75	
HAUTS-PLATEAUX				HAUTS-PLATEAUX
	H3a	22-27	19-65	E3
H3	H3b	23-27	19-60	E4
	H3c	23-28	20-62	E5
SAHARA				SAHARA

#### 1.4 Mesure du confort thermique :

Le confort thermique est la sensation de bien-être au sein d'un espace ressenti par l'individu, cette sensation se mesure de différentes manières :

##### 1.4.1 La sensation du confort thermique mesuré par l'individu :

Nous évaluons la sensation de bien-être ressenti par un individu à travers une enquête par questionnaire , en élaborant plusieurs questions pouvant être de type ouverte afin de cibler une réponse précise ou ouverte pour avoir plus de détail , le questionnaire nous permet de nous mettre dans la peau de l'individu en ciblant un objectif précis et en posant les bonnes questions nous ressortons avec l'avis de l'individu par rapport au confort thermique de l'espace .

##### 1.4.2 La sensation du confort thermique mesuré par des appareils de mesure :

Afin d'avoir des résultats précis et concret, différentes sondes de mesure du confort thermique sont mis à disposition, celle-ci nous donnent des valeurs chiffrés sur la température et l'humidité de l'espace, ces résultats nous



Figure 7 Lutron ht-3004(source :lutron )

permettent par la suite de comparer avec les normes du confort thermique de la zone dans laquelle se trouve le bâtiment et d'évaluer les degrés de son confort thermique.

Parmi les sondes de mesure du confort thermique qui nous renseigne sur la valeur de la température et de l'humidité nous avons l'appareil lutron ht-3004, celui-ci nous donne des valeurs de la température en degrés (C°) et en (F°) et des valeurs de l'humidité en (%).

L'utilisation de l'appareil se résume à maintenir la sonde debout au niveau de l'espace qu'on veut mesurer, un bouton nous permet de passer de la valeur de la température à l'humidité.

### 1.5 Une conception architecturale pour le confort naturel :

Lorsqu'on parle de confort thermique dans le bâtiment, on parle de conception bioclimatique car celle-ci est une architecture qui répond aux besoins de l'homme tout en respectant l'environnement dans lequel elle se trouve, une architecture qui offre un confort thermique naturel , une alliance entre construction et nature, elle tire les meilleures conditions du site que ce soit en période hivernale ou en été pour procurer un confort thermique à l'utilisateur.

Nous constatons que cette architecture trouve ses origines bien loin, l'architecture vernaculaire est une architecture bioclimatique l'homme alliait construction et nature par des techniques ancestrales et des matériaux naturels, cette architecture est une richesse locale qu'il faut préserver et développer par rapport aux conditions et exigences d'aujourd'hui.

Pour qu'une conception bioclimatique soit assurée, certains paramètres doivent être respectés, ces paramètres sont :

#### 1/L'implantation :

L'implantation est le premier paramètre à prendre en considération, avant toute construction il faut une bonne implantation du bâti, un respect de l'environnement sur lequel on s'implante avec une continuité du skyline environnant pour ne pas dénaturer le site, ainsi que la maîtrise de la course du soleil et la direction des vents dominants lors de l'implantation en fonction des ambiances et du confort thermique recherchés dans chaque espace intérieur de la construction.

#### 2/La densité urbaine :

Le tissu urbain joue un rôle important, sa structure joue un rôle important sur la modification de l'impact du climat sur la construction, un tissu dense est favorable pour le confort des habitants car celui-ci réduit les surfaces de contacts avec l'environnement extérieur.

Notre cas d'étude est localisé dans un village kabyle à Tizi-Ouzou, les villages kabyles sont caractérisés par la formation d'un tissu urbain dense celui-ci diminue donc les déperditions et améliore le confort thermique intérieur des espaces.

#### 3/le zonage climatique :

Les espaces les plus utilisés au sein d'un bâtiment nécessitent un confort thermique plus important que d'autre par leur utilisation, l'individu occupe principalement ces espaces et a besoin de confort, c'est ainsi que des dispositifs sont mis en place en fonction de la saison pour générer de la fraîcheur ou de la chaleur et éviter les surchauffes ainsi qu'une hiérarchie des espaces est établie en fonction de leurs utilisations (extérieur, zone tampon, intérieur) pour générer et augmenter le confort.

4/ la forme de l'enveloppe :

La forme de l'enveloppe joue un rôle primordial, autant la forme est compacte, autant les déperditions thermiques sont réduites car les surfaces en contact avec le milieu extérieur sont réduites, ce qui fait que le confort thermique intérieur est meilleur, la compacité dépend de trois éléments qui sont, la forme la taille et le mode de contact.

La compacité est le rapport entre le volume et la surface de déperdition qui correspond à l'enveloppe extérieure du bâtiment.

Le graphe suivant présente différentes compacités qui dépendent de la forme de l'enveloppe de la taille et du contact des parois extérieures :

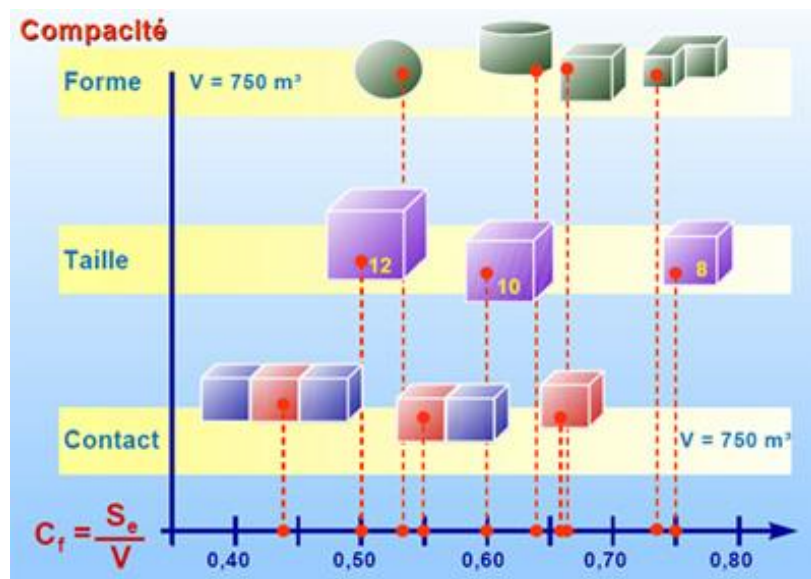


Figure 8 Graphe de la compacité, (source : asder, partageons l'énergie)

## 5/ l'orientation :

La course du soleil varie entre l'été et hiver, en hiver le soleil est au plus bas, et en été le soleil est au plus haut, une bonne conception bioclimatique doit avoir une bonne orientation de manière à capter le soleil en hiver pour se réchauffer et s'en protéger en été.

L'orientation des espaces joue également un rôle dans la circulation des vents, elle influe sur la ventilation naturelle des espaces intérieurs

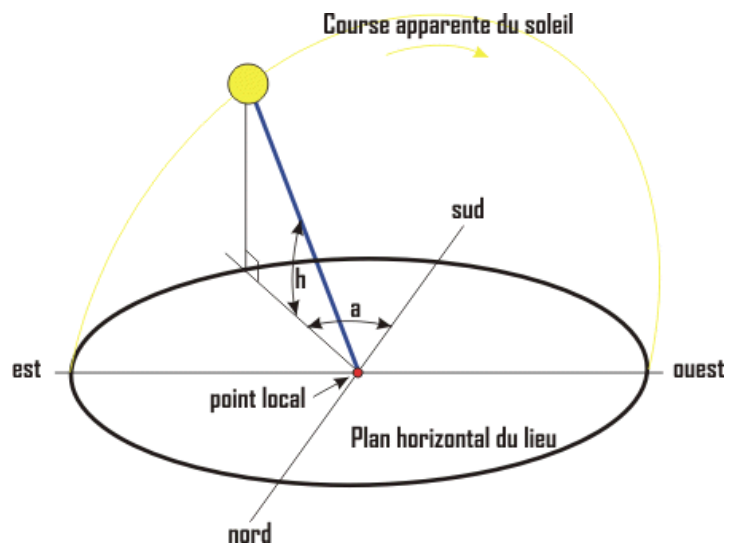


Figure 9 course du soleil, (source :herve.silve.pagesperso-orange)

L'Algérie est un pays bien ensoleillé, la meilleure orientation est celle du sud, celle-ci nous permet de capter le soleil d'hiver pour se réchauffer et de s'en protéger en été par le biais de dispositifs architecturaux.

Le soleil a deux coordonnées, l'azimut (l'angle horizontal formé par un plan vertical passant par le soleil et le plan méridien du point d'observation), la hauteur (l'angle que fait la direction du soleil avec le plan de l'horizon) leurs changements influe sur l'impact du soleil sur les espaces intérieur.

## 6/exposition des façades :

Les façades exposées à l'environnement extérieur sont confrontées à l'impact du soleil et des vents, les ouvertures impliquent un échange de chaleur et des déperditions thermiques.

L'élément le plus exposé à la chaleur est la toiture, celle-ci représente la cinquième façade, elle capte le soleil toute la journée car elle est confrontés à toutes les directions, elle doit être protégée de manière à éviter les surchauffes.

## 7/ Les matériaux :

Les matériaux jouent un rôle important dans l'échange thermique entre l'intérieur et l'extérieur, ils représentent la peau de la construction, il faut donc faire un choix judicieux des matériaux de manière à capter la chaleur en hiver et procurer de la fraîcheur en été pour procurer un confort thermique à l'intérieur des espaces tout au long de l'année.

En été, plus la couleur des parois extérieurs est claire plus il y a réduction de la température intérieure et une protection contre les surchauffes

A titre d'exemple, nous avons le cas de la maison vernaculaire kabyle, le matériau pierre qui représente la couverture de la construction a un apport important, c'est un accumulateur

d'énergie à forte inertie, il emmagasine la chaleur pour la restituer dans les moments de fraîcheur (saison hivernale).

- Nous pourrions donc définir si notre cas d'étude est conforme aux règles de conception bioclimatique en comparant avec les paramètres que nous avons cités, à travers ceci nous pourrions déduire si celui-ci assure un confort thermique au sein des espaces intérieurs.

### Stratégies d'une conception bioclimatique

La conception bioclimatique assure un confort thermique tout au long de l'année par le biais de stratégies passives, avec une utilisation ingénieuse des éléments de l'environnement. Ces stratégies se font dans les moments chauds (en été) et dans les moments froids (l'hiver)

#### 1/Stratégie d'hiver :

En hiver, il faut se protéger des grands froids, et ceci en captant la chaleur du rayonnement solaire, la stocker dans les matériaux à forte inertie thermique comme le matériau pierre dans les murs des maisons vernaculaires kabyle, la conserver et la distribuer dans l'habitat tout en maîtrisant le degré de température intérieure.

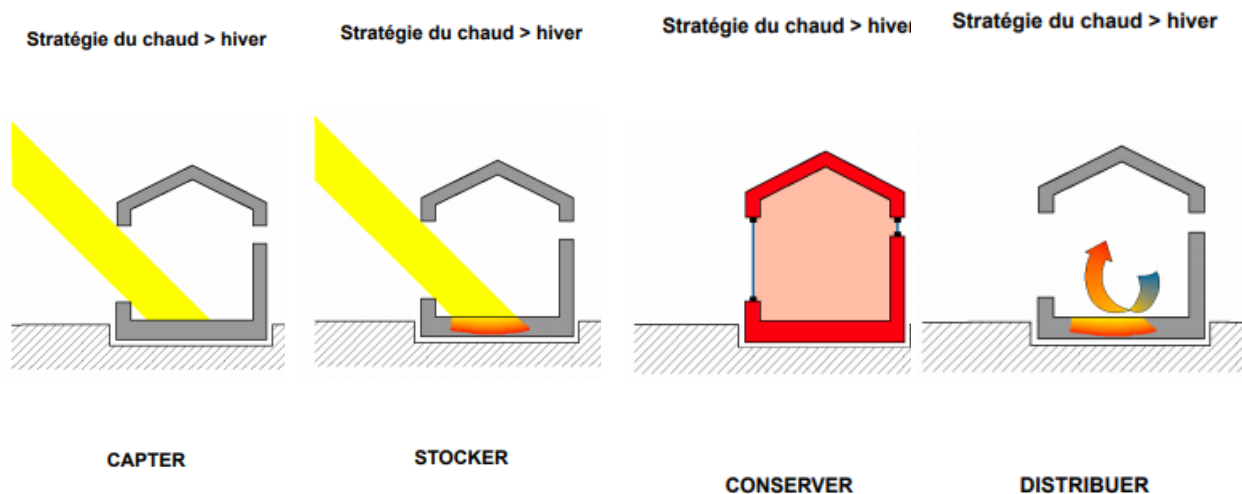


Figure 10 Stratégies du chaud (période hivernale), (source :grenoble.archi)

#### 2/Stratégies d'été :

En été, il faut générer une atmosphère agréable en créant une ventilation naturelle, se protéger du rayonnement solaire et des apports de chaleur, minimiser les apports internes, dissiper toute la chaleur qui est en excès et refroidir les espaces d'une manière naturelle grâce aux éléments de la nature.

Afin d'assurer un confort thermique dans les espaces intérieurs d'une construction sans faire appel à des outils coûteux et éviter que la maison soit énergivore il faut répondre aux stratégies d'une conception bioclimatique, soit, appliquer les stratégies d'été et les stratégies d'hiver.

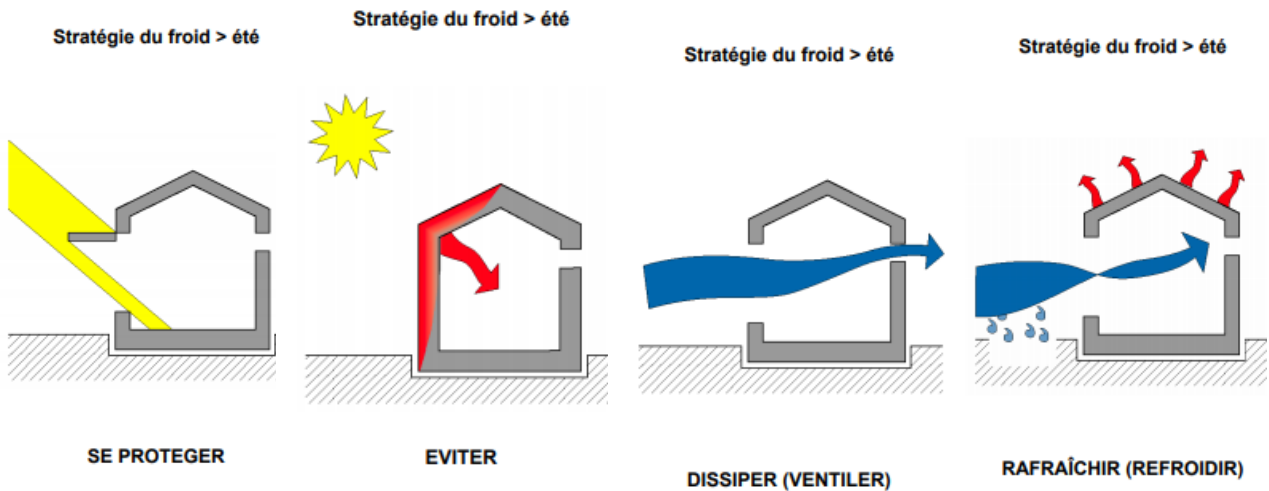


Figure 11 Stratégies du froid (période d'été), (source : grenoble.archi)

Nous résumons les principes de base d'une conception bioclimatique sur les schémas suivant :

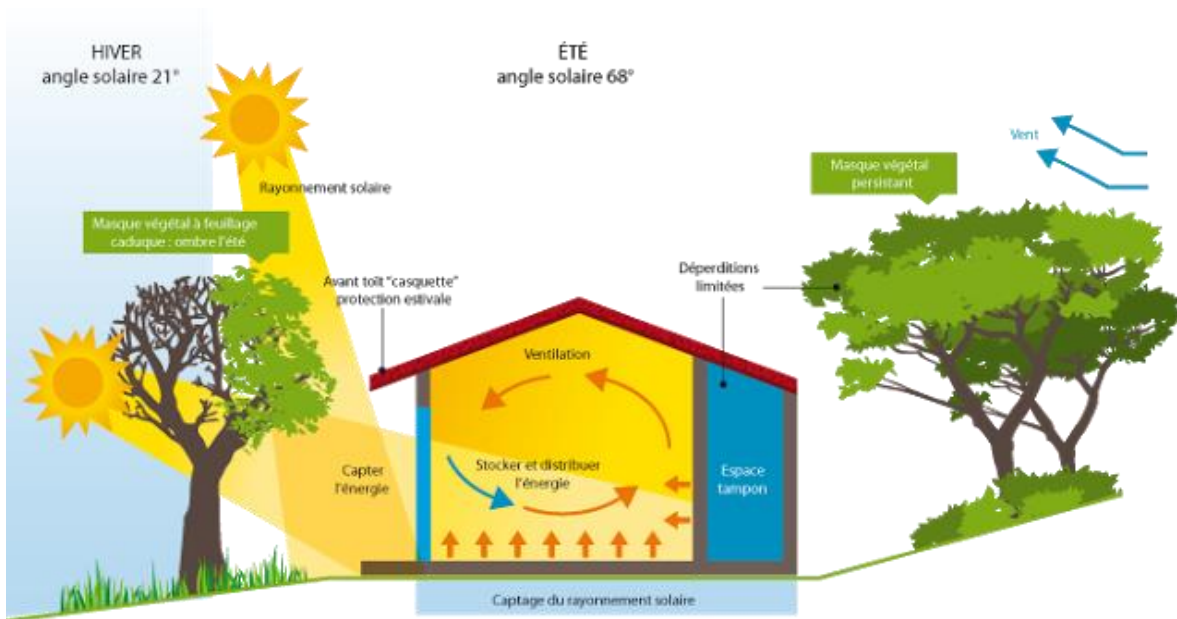


Figure 12 Schémas principe d'une architecture bioclimatique en été et en hiver, (source : asder, partageons l'énergie).

### Les Dispositifs bioclimatiques :

Afin d'atteindre un confort optimale au sein de la construction, l'architecture bioclimatique se base sur le diagramme de givoni<sup>1</sup>, celui-ci nous donne une analyse climatique qui permet de cibler la zone de confort et les zones dans lesquels il faut faire appel à des dispositifs qui

<sup>1</sup> Givoni : Le diagramme psychométrique de givoni nous permet de déterminer la zone de confort, soit la période de l'année où l'on a besoin ni de climatiser ni de réchauffer l'espace intérieur pour répondre aux besoins thermiques de l'homme.

facilitent l'apport de chaleur en hiver et la fraîcheur en été, dans notre recherche nous nous sommes focalisés sur les dispositifs qui facilitent l'apport de chaleur en hiver, car notre étude s'est faite au mois d'hiver, parmi ces dispositifs nous avons :

A/ mur à forte inertie thermique :

Un mur à forte inertie à la capacité à stocker de la chaleur et à la restituer graduellement, Cette caractéristique est très importante pour garantir un bon confort notamment en été, c'est-à-dire pour éviter les surchauffe, autant un matériau est lourd et rigide autant son inertie thermique est grande, à titre d'exemple nous avons le mur en pierre qu'on utilise dans la construction des maisons vernaculaires kabyle.

B/toiture végétale :

La toiture végétalisée permet de réguler la température intérieur du bâtiment, en cas de forte chaleur elle réduit naturellement la température, il fait moins chaud en été et moins froid en hiver, elle améliore les caractéristiques thermiques du bâtiment ainsi que les caractéristiques acoustiques.

A/serre bioclimatique :

Dans le secteur du bâtiment, La serre est un dispositif, qui vise à réchauffer en période hivernale, les rayons solaires entrent en journée, ils sont piégés et stockés dans les éléments massifs tels que la dalle, les murs puis restitués la nuit, alors qu'en été la serre doit être ouverte de manière à éviter la surchauffe et générer une circulation d'air.

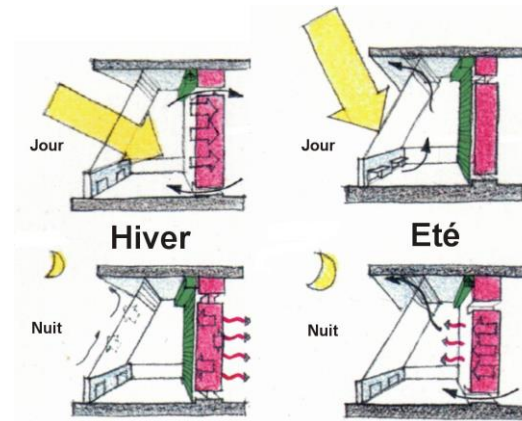


Figure 13 Principe d'une serre en hiver et en été (source : COBSe).

B/Panneaux solaires thermique:

Le panneau solaire thermique à la capacité de capter les rayons du soleil pour réchauffer un fluide caloporteur placé sous les panneaux, celui-ci rejoint ensuite le ballon de stockage dans lequel il réchauffe l'eau qu'on utilise pour nos besoins quotidiens au sein de la maison, et réchauffe également le logement.

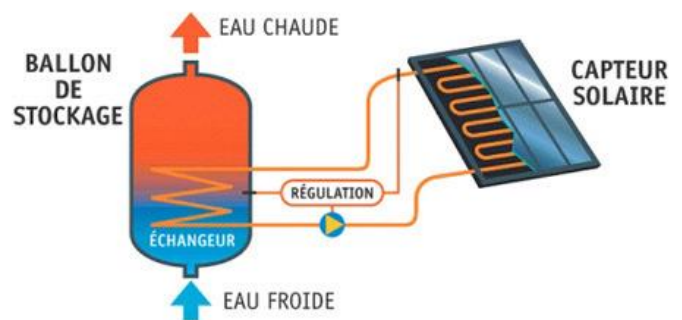


Figure 14 Panneau solaire thermique (source : ooreka).

Les matériaux naturels :

Parmi les éléments d'une conception architecturale pour un confort naturel, nous avons la construction par le biais de matériaux extraits de la nature, des matériaux à la fois naturels pouvant ainsi être recyclés mais aussi des matériaux qui offrent un confort thermique grâce à leur inertie thermique, des matériaux qui renforcent l'isolation de l'enveloppe du bâtiment, parmi ces matériaux nous avons :

La pierre :

La pierre est utilisée pour les murs, un matériau naturel et local, c'est un matériau solide et lourd, les murs restent alors stables.

Ce matériau assure le confort thermique car c'est un accumulateur d'énergie à forte inertie thermique, il emmagasine la chaleur pour la restituer dans les moments de froid.

Sa résistance est longue dans le temps et a l'avantage d'être réutilisée comme il peut retourner dans la nature sans causer d'inconvénient à l'environnement.

Il assure donc le confort à l'utilisateur et respecte l'environnement.

Le bois :

Le bois est un matériau utilisé pour la superstructure, les poutres, les piliers, la charpente et les portes et ouvertures.

C'est un matériau isolant qui possède d'incroyables pouvoirs de régulation hygrométrique il évite ainsi les risques de condensations et de ponts thermiques.

Il a aussi la capacité de neutraliser les toxines et les mauvaises odeurs, facile à transporter et à transformer sans produire aucun déchet capable de nuire à la nature.

La terre :

La terre est un matériau utilisé dans la liaison des pierres composant les murs de la maison, il est aussi utilisé pour enduire et revêtir les murs et le sol.

Ce matériau est souvent amélioré pour obtenir une composition optimale à l'aide de sable, de gravier de paille ou de bois morcelé quand celui-ci est trop gras, plus un liant pour l'aider à durcir, dans le cas où il est maigre et fructoseux, on doit lui ajouter une quantité d'argile.

Les murs épais en terre ont l'avantage d'accumuler de la fraîcheur dans les périodes de grandes chaleurs et de se transformer en accumulateur de chaleur dans les périodes les plus froides ce qui génère un confort à l'habitation en été comme en hiver.

La paille :

La paille est mélangée au matériau de terre afin de préparer l'enduit pour les murs et sols de la maison, cette combinaison fait d'elle un enduit d'une très bonne isolation phonique.

C'est un matériau économique, durable et biodégradable.

Les recommandations architecturales pour les zones climatiques littorales Algérie (zone de notre cas d'étude) :

Chaque zone climatique a ses propres recommandations selon la saison, soit selon l'hiver et selon l'été, nous classons donc ces recommandations dans le tableau suivant pour la zone de notre cas d'étude qui est une zone littoral:

Tableau 2 recommandations architecturales pour la zone climatique littoral. (Source : livre recommandations architecturale, N.OULD HENIA).

ZONE CLIMATIQUE : LITTORAL		
RECOMMANDATIONS	H1 PERIODE D'HIVER (5 mois)	E1 PERIODE D'ETE (3mois)
<b>1-ORIENTATION</b>  <b>2- ESPACEMENT ENTRE BATIMENTS</b>  <b>3-VENTILATION OU AERATION D'ETE</b>  <b>4-OUVERTURES, FENETRES</b>  <b>5-MURS ET PLANCHERS</b>  <b>6-TOITURE</b>  <b>7-ISOLATION THERMIQUE</b>  <b>8-PROTECTION</b>  <b>9-ESPACES</b>	<b>1-</b> Sud souhaitée ou proche du sud (ouest à proscrire).  <b>2-</b> Espacement favorisant circulation vents mais avec protection vents froids  <b>3-</b> /  <b>4-</b> Sur surface totale ouvertures prévues affecter pour captage soleil hiver surface vitrage sud égale à 0.2 par m <sup>2</sup> planché.  <b>5-</b> Massifs-inertie à rechercher, mus en béton, pierre, toub, parpaing plein.  <b>6-</b> Légère et bien isolée.  <b>7-</b> Isolation toiture.  <b>8-</b> d'hiver des vents dominants froids du nord nord -ouest, des précipitations et	<b>1-</b> Nord et sud. Est à éviter (ouest à proscrire).  <b>2-</b> Espacements favorisant circulation vents frais mais avec protection vents chauds  <b>3-</b> Ventilation nocturne- prévoir moustiquaires pour garantir la ventilation, cuisines ventilées.  <b>4-</b> Moyennes 25% 0 40ù de la surface des murs.  <b>5-</b> Massifs-inertie à rechercher et de couleurs claires à l'extérieur.  <b>6-</b> De couleur claire et isolée.  <b>7-</b> Isolation toiture.  <b>8-</b> D'été-brise-soleil fenêtres sud, S-E et S-O, N-O et N-E.  <b>9-</b> Espaces extérieurs ombragés (pergolas, végétation...)  <b>10-</b> Végétation à feuilles caduques (vignes, figuiers ...). Ombrage fenêtre et murs ensoleillés.  <b>11-</b> /  <b>12-</b> inutile.

EXTERIEURS	condensations.	
10-VEGETATION	9- A prévoir côté sud est à sud-ouest.	
11-CHAUFFAGE PASSIF	10-Pare-vent végétation à feuilles persistantes.	
12-CLIMATISATION	11- Chauffage passif par vitrage sud ou serre véranda – Appoint la nuit ou jours de nuages.	
	12-/	

### Confort naturel et réglementation en Algérie :

La Règlementation thermique en Algérie :

Dans toute construction de nos jours , les gains thermiques sont un paramètres très important dans le choix des bâtiments afin qu'il y ait un confort thermique au sein de l'habitation sans faire appel à des méthodes coûteuses , ce qui fait qu'en Algérie il y a une réglementation sur l'isolation et le confort thermique celle-ci a été faite dans le but de réduire la consommation de chauffage et de climatisation , cette réglementation s'inspire en grande partie de la réglementation française avec des méthodes de calcul plus simples , cette réglementation algérienne est basée sur deux documents techniques réglementaires (DTR), soit un DTR propre à la période hivernale, et un DTR propre à l'été.

Le DTR s'appuie sur une exigence réglementaire qui consiste à limiter toutes déperditions calorifiques des logements avec un seuil à ne pas dépasser, nommé déperditions de référence.

- Le DTR spécifique à la période hivernale (DTR C3-2) : stipule que toutes déperditions calorifiques par transmission à travers les parois calculées pour la période d'hiver doivent être inférieurs ou égale à la valeur de référence soit :  $DT \leq 1.05 D_{réf}$ .
- Le DTR spécifique à la période d'été (DTR C3-4) : stipule que les apports de chaleurs à travers les parois opaques et vitrées calculés à 15 h du mois de juillet étant le mois le plus chaud de l'année doivent être inférieurs ou égale à une limite appelée « Apport de Référence » soit :  $APO (15 h) + AV (15 h) \leq 1.05 A_{réf}$

La réglementation thermique algérienne a pris naissance en 1997, cependant celle-ci n'a pas connu une sévérité pour ce qui est de son application, une bonne partie des constructions n'appliquent pas tout à fait cette réglementation, afin de faciliter tout cela, le CDER a mis en

place un logiciel appelé RETA. Celui-ci permet de vérifier si le bâtiment est conforme à la réglementation thermique et ceci à travers plusieurs critères

### 1.6 Application RETA :

RETA est un logiciel qui est présenté comme étant un outil d'aide pour les intervenants dans le domaine de la construction celle-ci vérifie la conformité du bâtiment selon la réglementation thermique algérienne soit (DTR C3-2 et DTR C3-4), elle est présentée sous forme d'interface graphique accessible par le biais du site web (<http://reta.cder.dz>)



A travers l'interface que présente le logiciel RETA,

Figure 15 Interface logiciel RETA (source : CDER).

l'utilisateur décrit les différents composants d'un bâtiment par la suite le logiciel effectue les calculs thermiques nécessaires afin de vérifier la conformité du projet, elle sert à éviter à l'utilisateur un calcul fastidieux pour gagner du temps et éviter toutes erreurs de calculs.

A travers RETA le projet de construction doit être détaillé, tout d'abord l'emplacement du projet et sa localisation ensuite toutes les dimensions qui concerne le volume thermique puis la surface la composition ainsi que l'usage des parois et en dernier la conformité avec le DTR C3-2 et le DTR C3-4.

RETA passe par deux étapes importantes pour l'élaboration d'un projet soit la phase de l'introduction des données et la phase de calcul et récupération des résultats.

Le schéma suivant montre la structure des étapes de calcul du logiciel RETA :

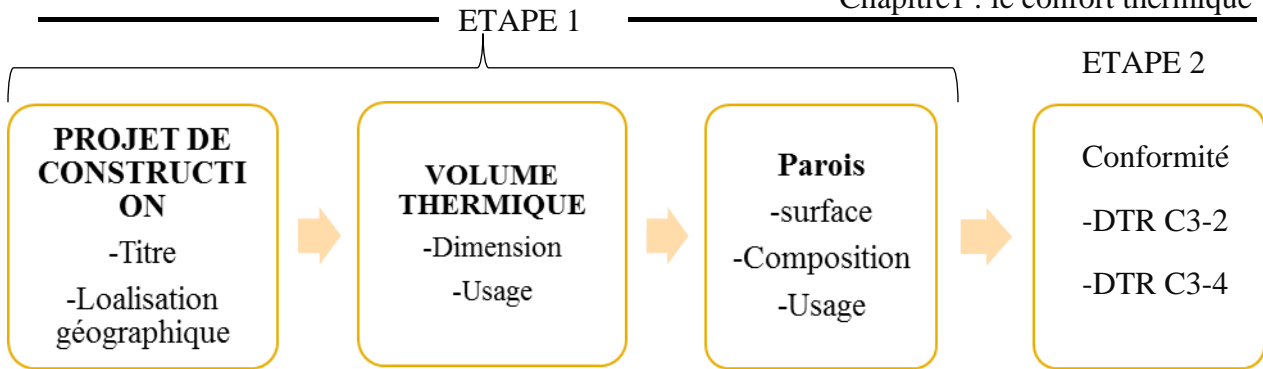


Figure 16 Structure des étapes de calcul de RETA (source : auteur).

## 1.7 Conclusion :

Le confort est un élément primordiale au bien-être de l'utilisateur, celui-ci est exprimé par le confort matériel (l'agencement des espaces, le mobilier ...) et le confort thermique qui est de la sensation de satisfaction vis-à-vis des changements de température et humidité.

Les conditions d'un environnement thermique acceptable sont définies dans la norme internationale de l'American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers (ASHRAE) intitulée Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, cette norme permet de définir les conditions dans lesquelles 80 % ou plus des personnes en bonne santé trouveront une ambiance confortable

L'architecture bioclimatique est une architecture qui assure un confort à toutes les saisons par le biais de dispositifs et de techniques de construction.

En Algérie, une réglementation thermique dite RT a été établie depuis 1997 afin que toutes les constructions nouvelles soient conformes aux règles de construction, cette réglementation vérifie la conformité des bâtiments par le biais du logiciel RETA, néanmoins cette réglementation ne prend pas en charge notre patrimoine architectural, elle se charge uniquement des constructions futures alors que l'Algérie est dotée d'une richesse architecturale qu'il faut exploiter.

Cependant, le confort au sein des habitations revient de loin, notre patrimoine à une grande richesse, l'architecture vernaculaire est une liaison entre la construction et l'environnement, l'homme ancestral a su répondre à ses besoins quotidiens en assurant un confort en hiver comme en été tout en respectant l'environnement immédiat avec l'utilisation de matériaux à forte inertie thermique et recyclable.

Pour ce fait, cette richesse doit être revalorisée et prise en charge pour une amélioration en fonction des modes de vies d'aujourd'hui, car elle représente un savoir-faire et une prouesse à l'atteinte du confort au sein de la construction.

A travers ce chapitre nous nous sommes donc initiés au sujet du confort thermique avec toutes les techniques et stratégies pour avoir un confort thermique au sein de nos habitations sans

faire appel à des techniques de chauffage et de climatisation coûteuses , nous pouvons donc vérifier si notre cas d'étude est conforme aux règles de la conception bioclimatique, aux normes du confort thermique en Algérie et à la réglementation thermique algérienne et dire si celui-ci répond aux besoins du confort thermique naturellement .

## Chapitre 2 : la maison vernaculaire kabyle

## 2.1 Introduction

La Kabylie, connue par sa localisation aux hauteurs des montagnes sur lesquelles sont agrippées une multiplicité de maisons formant un collier de perles, ces maisons sont agrippées de manière à épouser totalement le site en étant perpendiculaires aux courbes de niveaux afin de créer des villages tournant le dos à l'extérieur et faisant de cet ensemble une enceinte sans ouverture donnant ainsi sur des ruelles étroites.

Les villages kabyles abritent une multiplicité de maisons dont lesquels habitent une population de culture berbère, cette population a construit ses maisons en fonction de leurs culture et la mémoire collective de la société ainsi qu'à la nature du lieu, la topographie et le climat qui s'y trouve, une jonction parfaite entre respect de l'environnement et adaptation à la société qui s'y trouve.

La maison vernaculaire représente une prouesse technologique, celle-ci allie entre respect de l'environnement et confort de l'homme, elle répondait à une logique d'intégration spatiale et fonctionnelle, nos ancêtres ont su équilibrer entre leurs besoins quotidiens, la forme du terrain, les matériaux locaux mais aussi le confort thermique tout au long de l'année , une richesse indéniable à l'égard des potentialités qu'elle offre , une architecture qui est maintenant pratiquement délaissée ou mal entretenue car l'architecture moderne a pris le dessus sur celle-ci ,une architecture qui a d'une part étouffée l'environnement immédiat dans lequel elle s'implante et d'une autre part elle est considérée comme étant une architecture énérgivore .

Nous nous sommes donc intéressés à cette richesse architecturale qui est celle de la maison vernaculaire kabyle afin de la revaloriser mais aussi de bénéficier de ses atouts pour améliorer l'architecture d'aujourd'hui.

## 2.2 Implantation et intégration au site de la maison traditionnelle kabyle

Les maisons traditionnelles font partie de villages généralement construits sur les crêtes , les versants des montagnes ou sur les plateaux , les maisons se sont construites au fils des années et ont formées des villages , ces maisons sont accolées les unes aux autres donnant sur une cour commune d'une même famille , l'ensemble des maisons d'une même famille sont appelées el hara , leurs occupants possèdent généralement le même nom patronymique , ces maisons sont construites en fonction du climat de la région , de la topographique , de la nature du sol ainsi que de la culture local des habitants .

Les habitants qui occupaient ces maisons survenaient à leurs besoins avec des techniques ancestrales entre culture de la terre et élevage des animaux, ainsi que l'échange de savoir-faire entre les habitants entre poterie, tissage, bijouterie et autres.

Les éléments qui composent le village kabyle :

Emile Masqueray<sup>2</sup> relève deux types de développement des villages, un type dont les villages sont allongés, et un second dont les villages sont circulaires , pour ce qui est des villages allongés ils se développent de manière linéaire longeant les versants des montagnes , et pour les villages circulaires , ils se développent de manière concentrique sur les sommets des montagnes ou sur les plateaux ...

La similitude entre les deux types de villages, linéaire et radioconcentrique est dans la compacité de leurs maisons ainsi qu'aux différents éléments qui les composent, cependant, ces types de tracés sont aujourd'hui difficiles à retrouver, car avec le temps de nouvelles constructions se sont installées et ont envahies le patrimoine algérien.

Le village kabyle se définit par rapports aux différents éléments qui le composent, nous distinguons parmi ces éléments :

### 2.2.1 Les ruelles appelées AZNIK

Les ruelles sont des éléments majeurs dans la structure du village kabyles, des éléments que tout le monde emprunte pour accéder aux différentes maisons des villages, elles sont parallèles aux courbes de niveaux et étroite de manière à garder l'intimité, les ruelles changent de direction selon la forme du village afin de desservir toutes les maisons.



Figure 17 Ruelle du village de djaafra wilaya de bordj bou arredji (source :auteur)



Figure 18 ruelle du village d'Ait djemaa (source : auteur).

<sup>2</sup> Emile Masqueray : Archéologue, historien, linguiste, il a été le promoteur des études sur les sociétés du Maghreb, et le 1<sup>er</sup>organisateur de l'enseignement supérieur en Algérie, le développement des villages a été tiré du mémoire de Alili Sonia «guide technique pour une opération de réhabilitation du patrimoine architectural villageois de Kabylie

### 2.2.2 Les impasses

A la différence des ruelles, les impasses se terminent en cul de sac, elles mènent vers les maisons d'un même groupement. Les étrangers ne les empruntent pas.

### 2.2.3 Tajmaat

Tajmaat est l'espace de transition entre l'extérieur et l'intérieur du village, se situant généralement au commencement du village, c'est un lieu où se réunissent les hommes du village pour résoudre les problèmes des habitants mais il fait aussi office d'espace de détente pour les hommes.



Figure 19 Tajmaat du village d'Ait djemaa (source :auteur)

### 2.2.4 L'hara

El hara , est l'élément privé des villageois , il est composé de Amrah ( la cour ) et axxam ( la maison ) formant ainsi une organisation bipolaire , le nombre d'axxam dépend de la composition de la famille , la parcelle se densifie selon le nombre d'axxam , les dimensions et les formes donc Del hara dépendent soit du nombre d'occupants appartenant à une même famille soit à la superficie du terrain .



Figure 20 El hara du village de djaafra wilaya de bordj bou arredji (source : auteur).

Amrah est considéré comme étant un espace polyvalent car celui-ci peut avoir plusieurs fonctions, de base il est considéré comme étant une cour, cette cour est utilisée à la fois comme un espace de circulation car elle connecte les différents axxam, elle est également considérée comme étant un lieu de rencontre ou se déroulent les activités quotidiennes de la famille, cet espace est circonscrit par les parois des axxams et des hwari.

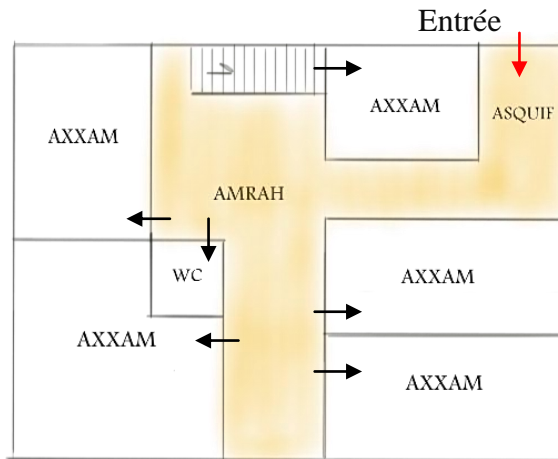


Figure 21 Schémas de l'organisation d'el hara (source : auteur).

### 2.3 Organisation spatiale de la maison traditionnelle Kabyle

La maison vernaculaire kabyle appelé Axxam se développait au fur et à mesure que la famille s'agrandissait, le nombre d'axxam dépendait du nombre de familles.

Chaque membre de la famille avait un rôle précis dans la construction de la maison kabyle, entre les hommes qui bâtissaient, les femmes qui transportaient les pierres, l'argile, la chaux, les roseaux, les tuiles ainsi que l'eau et le transport des matériaux qui se faisaient grâce aux ânes.



Figure 22 Maison vernaculaire kabyle dans le village de boumessoud dans la wilaya de Michelet ( Source : auteur )

L'ensemble des axxam représentaient des maisons accolées les unes aux autres formant ainsi un tout homogène, leurs emplacements sur un site montagneux faisait que chacune surplombait l'autre, ces habitations accolées les unes aux autres sont décrite par P. Bourdieu comme étant des « habitations se regroupant en villages, tournant le dos à l'extérieur, formant une sorte d'enceinte sans ouverture, aisées à défendre, et ouvrant sur des ruelles étroites et raboteuses », des maisons de dimensions



Figure 23 Maison vernaculaire kabyle dans le village de boumessoud dans la wilaya de Michelet (Source : auteur).

très réduite à plan rectangulaire inscrite dans un esprit d'infinité avec des ouvertures très réduites .

L'architecture des maisons vernaculaires kabyles avaient une connexion parfaite avec l'environnement sur lequel elle s'inscrivait d'une part par sa forme et son gabarit et d'une autre part grâce aux matériaux qu'elle utilisait, des matériaux extraits de la nature et de l'environnement immédiat tel que la pierre et le pisé. Sa forme ainsi que les matériaux qu'elle utilise lui confèrent un confort dans les périodes les plus froides ainsi que les plus chaudes.

### 2.3.1 L'entrée de la maison kabyle

On accède à la maison kabyle à travers un espace de transition entre l'espace privé et l'espace public, celui-ci est appelé asqif.

Asqif représente *tajmaat* à petite échelle, c'est un lieu d'attente et de rencontre, il est composé de part et d'autres de banquettes pour permettre aux visiteurs de s'y installer. Certaines



Figure 24 Entrée de la maison kabyle du village d'Ait djemaa (source : auteur)

maisons se composent d'espaces en chicane ou de porches d'entrée à la place d'asqif.

### 2.3.2 Le seuil ( amnar) et la porte d'entrée ( tabbur bbwakham)

Le seuil de la maison est l'élément intermédiaire entre l'intérieur et l'extérieur de la maison il marque l'entrée d'axxam il est représenté par une dalle de schiste d'une certaine hauteur pour stopper l'eau de pluie mais aussi comme vantaux de la porte.

La porte d'entrée de la maison kabyle est à deux vantaux, en bois, d'une grande épaisseur contre les intempéries.

### 2.3.3 Distribution spatiale de l'Axxam

La maison vernaculaire kabyle dite axxam se compose tout d'abord d'un seuil à l'entrée appelé Amnar considéré comme étant un espace de transition entre l'intérieur et l'extérieur, à ce seuil est accolé un espace en forme de demi-cercle représentant une évacuation pour y laver la vaisselle mais elle permettait également aux habitants de faire leurs toilettes en hiver.

Puis cette maison à l'intérieur se divise en trois parties, chacune de ses parties représente une fonction particulière, en premier lieu nous avons taqaat qui représente la partie la plus grande de la maison elle occupe les deux tiers de celle-ci, la deuxième et troisième qui représentent chacune les un tiers sont appelés addaynin et taaricht.

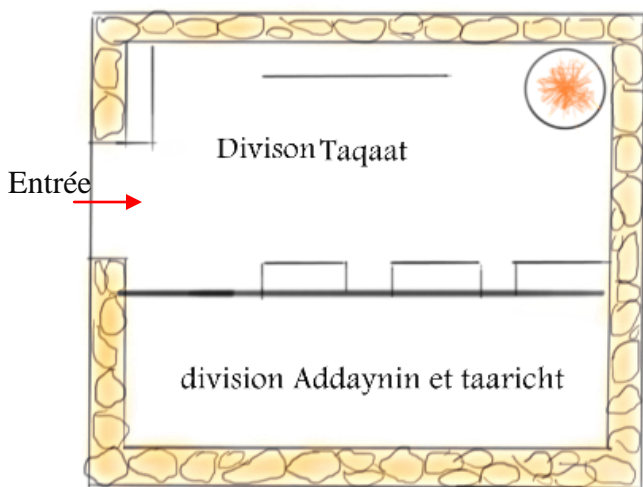


Figure 26 Maison vernaculaire kabyle dans le village de boumessoud dans la wilaya de Michelet. (Source : auteur).

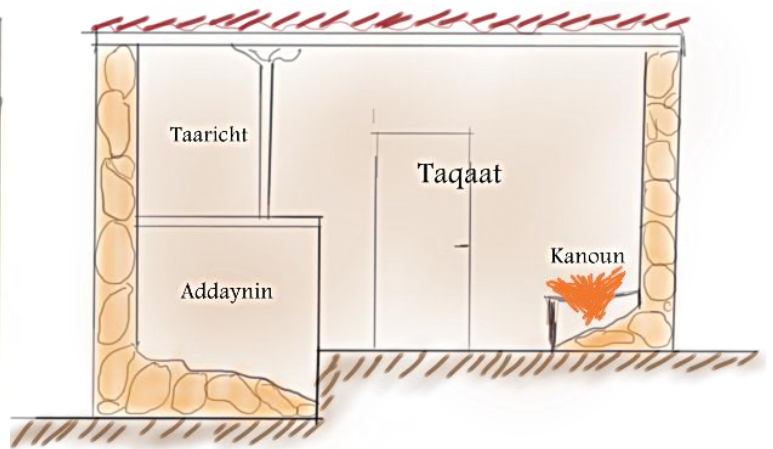


Figure 25 Schémas de la coupe d'axxam avec sa subdivision. (Source : auteur)

### 2.3.4 Taqaat ou aguns ou tigherghert

Taqaat représente l'espace le plus important de la maison, c'est l'espace de vie de celle-ci, il représente deux tiers de la maison, il se trouve à l'entrée de la maison constitué de foyer creusé dans le sol de terre battue pour cuisiner, dépourvu d'ouverture et de cheminée, le sol est recouvert d'un enduit de graviers de chaux que les femmes polissent avec un galet, taqaat sert d'espace de préparation des repas, de travail mais il est aussi considéré comme étant un dortoir.



Figure 27 Amnar de la maison vernaculaire kabyle du chanteur chrif khedam dans le village de boumessaoud (Source : auteur).

### 2.3.5 Le foyer (el kanoun)

Le foyer est un élément important dans la maison kabyle car d'une part il sert de lieu de cuisine pour les femmes mais il est aussi considéré d'une autre part comme le lieu principal pour se réchauffer, celui-ci est matérialisé par un creusement au sol au centre de talât, généralement chaque maison contient un seul foyer qui assure les deux fonctions, mais dans certaines maisons il y'a deux foyer et chaque foyer s'occupe d'une tâche particulière.

### 2.3.6 Adaynin

Adaynin est un espace situé en contrebas du premier niveau qui est takaat , pavé de grosses dalles , cet espace est réservé aux animaux ( vaches , chèvres , moutons ) ou alors pour entreposer le bois de chauffage ou le fumier . Il est constitué de trous dans le mur pigeon de l'étable pour évacuer le fumier vers l'extérieur.

Cet espace est utilisé essentiellement pour réchauffer la maison grâce à la chaleur dégagée par les animaux.



Figure 29 Addaynin de la maison vernaculaire kabyle du chanteur chrif khedam dans le village de boumessaoud (Source : auteur).



Figure 28 Addaynin de la maison du chanteur chrif khedam dans le village de boumessaoud vue à partir de tigergert (Source : auteur).

### 2.3.7 Taaricht

Taaricht est une pièce qui se trouve au-dessus de adaynin , elle sert d'abri pour les jeunes mariées ou les enfants quand la famille est nombreuse et à l'étroit .C'est l'unique pièce de la maison qui



Figure 30 Taaricht de la maison vernaculaire kabyle du chanteur chrif khedam dans le village de boumessaoud (Source : auteur).

possède des fenêtres de petites dimensions.

### 2.3.8 Thagorfet

Thagorfet est un espace qui se trouve au-dessus de taxxamt, on y accède à partir d'un escalier par l'extérieur, il est considéré comme étant un espace pour dormir ou comme étant un espace où l'on range les provisions.



Figure 32 Taghrouft de la maison vernaculaire kabyle d'Ait djemaa, (source : auteur)



Figure 31 Taghrouft de la maison vernaculaire kabyle d'Ait djemaa, (source : auteur)

### 2.3.9 Les escaliers

On retrouve les escaliers dans les maisons kabyles qui sont en R+1, ces escaliers sont, en grande partie, soit droits, soit perpendiculaires ou parallèles à la maison, en pierres avec une seule volée, ces escaliers aboutissent soit sur une coursive, soit sur une pièce de la maison.

Certaines maisons subissent des ajouts au fil des années avec l'agrandissement de la famille, nous pouvons donc retrouver des escaliers en acier où des échelles qui aboutissent au niveau supérieur.

### 2.3.10 Les niches et les akoufi

Afin de conférer un confort à la maison kabyle, l'homme a créé dans les murs des niches de petites dimensions aux environs de 40 cm de largeur et de longueur, d'une part pour stocker les ustensiles et



Figure 33 Niches la maison du chanteur chrif khedam village boumessoud, (source : auteur)

d'exposer des décorations et d'une autre part pour éclairer la maison par le biais de bougies.

Alors que les ikufan sont de grands récipients de terre crue qui servent à entreposer les réserves alimentaires d'origine végétales.

### 2.3.11 Les ouvertures dans la maison vernaculaire kabyle

#### 2.3.11.1 Les fenêtres

Les maisons vernaculaires kabyles ont été conçues dans un esprit d'intimité mais aussi de confort, celles-ci sont compactes avec des fenêtres généralement rectangulaires étroites ou pratiquement inexistantes afin de conférer un confort thermique et garder l'intimité de la famille kabyle. Elles sont placées généralement sur une seule façade de la maison, soit la façade qui donne vers amrah ou bien la façade qui



Figure 34 Fenêtre de la maison du chanteur chrif khedam village boumessoud, (source : auteur)

donne vers le jardin de la maison afin que celle-ci ne donne pas vers la rue extérieure, elle est généralement placée à 2m30 du sol.

#### 2.3.11.2 Les portes

Les portes dans les maisons kabyles sont pratiquement toutes semblables, de forme rectangulaire en bois, constituées d'un linteau et de jambages qui forment le cadre de celle-ci.

Les maisons kabyles sont connues pour recevoir très peu d'ouverture à cause de l'intimité qui veut être respectée, la porte est considérée comme l'élément principal de la circulation de l'air et de l'éclairage car elle représente la plus grande ouverture dans la maison.



Figure 35 Porte d'une maison kabyle dans le village de de djaafra wilaya de bordj bou arredji , (source : auteur)

## 2.4 Système constructif de la maison kabyle

L'architecture vernaculaire est une prouesse, elle est la résultante d'une conception ingénieuse faite par l'homme ancestrale.

L'homme a su allier construction et nature, il a intégré l'architecture à l'environnement auquel il s'est implanté par un nombre de savoir-faire par des techniques de constructions et des matériaux locaux.

Ces matériaux ont des performances thermiques qui assurent le confort en hiver et en été et ne produisent pas de déchets.

Le confort thermique dans l'architecture vernaculaire kabyle est assuré par les matériaux utilisés, la construction de la maison vernaculaire kabyle comme toutes les maisons commence par les fondations afin d'accrocher la maison au sol jusqu'à la toiture, les étapes de constructions de la maison vernaculaire kabyle sont :

### 2.4.1 Les fondations

Lors de la construction de la maison les fondations sont très peu profonde elles ne dépassent pas les 1.2m, dans le cas où le sol est de nature rocheuse les fondations sont inexistantes

### 2.4.2 Les éléments porteurs

#### 2.4.2.1 Les murs

Le mur est considéré comme étant l'élément le plus important dans la maison kabyle, c'est l'élément principale de la stabilité de celle-ci, un élément durable conduisant les charges et surcharges des planchers et de la toiture jusqu'au bon sol à travers les fondations, ses couleurs, sa rugosité et sa masse lui confèrent une esthétique et un caché propre à la maison kabyle , de plus il a le rôle de protéger les occupants contre toutes agressions extérieures grâce aux matériaux utilisés mais aussi à sa largeur .

Les murs sont de nature en pierre et d'une épaisseur de 65 cm, cette épaisseur ainsi que la nature du matériau fait que la maison reste protégée du froid en hiver et de la chaleur en été, la pierre a la capacité d'être un matériau considéré comme étant un accumulateur d'énergie à forte inertie thermique, il emmagasine la chaleur pour la restituer dans les moments de froid.



Figure 36 maison avec mur en pierre, village Boumessoud, (source : auteur).

Pour ce qui est de la construction des murs nous distinguons quatre procédés de construction :

- A) Procédé 1 : Mur en pierres sèches, les pierres sont posées l'une sur l'autre sans utilisation de mortier.
- B) Procédé 2 : Mur en pierres, les pierres sont liées les unes aux autres par le biais d'un mortier d'argile, ce procédé est appelé aloudh , tikhmirt , abegheli.
- C) Procédé 3 : Mur en pisé, dans le cas où il n'y a pas de pierre à disposition, l'homme utilise la terre comme matériaux de construction ce qui forme la maison en pisé.

#### 2.4.2.2 Les poutres et les piliers

Les poutres utilisées dans les constructions des maisons kabyles sont des troncs de frêne grossièrement équarris à la hache, l'utilisation d'un frêne revient à sa résistance et sa robustesse.

La maison est soutenue par trois à cinq poutres longitudinales et celles-ci reposent sur les murs pignons, le poids de la toiture repose essentiellement sur la poutre principale de la maison, tandis que la soupente appelée takanna repose sur trois à quatre poutres de frêne.

L'acheminement des charges se fait de haut en bas, les poutres reposent sur les piliers qui reposent à leurs tours sur adekkwane, ils peuvent également reposer sur le sol dans lequel ils sont enfouis ils traversent donc takanna et addaynin .

les piliers sont de longs troncs d'arbre divisé en deux parties en haut afin d'accueillir à ce niveau les poutres.

#### 2.4.3 Les planchers

Dans la maison kabyle nous avons trois espaces donc trois planchers :

- A) Sol 1 :L'espace principale de la maison tigersert reçoit un sol constitué de gravier et de mortier à base d'argile auquel est additionnée de la paille hachée et de la bouse de vache, dans certains cas le mortier de terre battue est mélangé à de la chaux ou de la tuile broyée.
- B) Sol 2 : le sol de la soupente takanna est un plancher en bois enduit d'un mortier de terre.
- C) Sol 3 : le sol réservé au bétail addaynin est constitué de grosses dalles uniquement.

##### 2.4.3.1 Les revêtements

Les revêtements de mur sont la tâche de la femme kabyle, nous distinguons le revêtement de mur qui à base de terre rouge tikhmirt mélangé à la bouse de vache mais aussi le revêtement d'enduit à base d'argile blanche tumlilt diluée dans de l'eau, celui-ci donne un aspect neuf aux murs, aux ikuffan mais aussi aux piliers et banquettes.

Pour ce qui est des ornements à base de forme géométriques, celles-ci sont faite avec de l'argile de couleur.

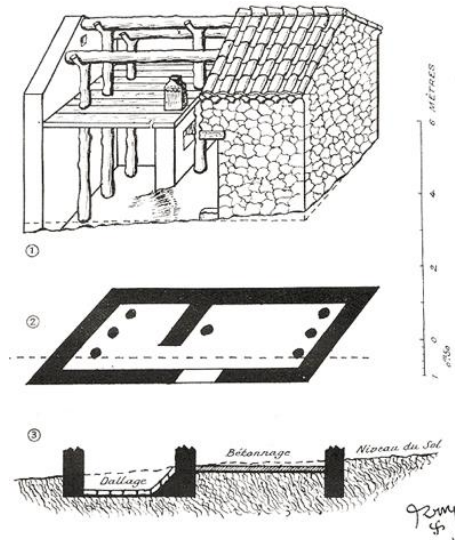


Figure 37 Schémas système de poutres et piliers.(Source: reservall)

#### 2.4.4 Le toit ( sqef )

Nous distinguons deux types de toit dans la région de la kabyle, il y'a le toit à deux versants en tuile et le toit en terrasse.

La région de la Kabylie est connue pour les étés chauds et les hivers très froids et neigeux, c'est pour ce fait que le toit à deux versants en tuile est le plus répandu, car en hiver, il achemine et soutient les tempêtes de neiges et, en été il diminue la quantité de chaleur tout au long de la journée.

##### 2.4.4.1.1 La toiture en tuile

La toiture à deux versants repose sur trois poutres, ces poutres sont la poutre maitresse asselas alemmas et les poutres latérales issulas iderfiyen, toutes ces poutres reposent à leurs tours sur les murs pignons qui sont soutenus par trois piliers dont le pilier central tiguejdit.

On place les chevrons sur les trois poutres, puis vient se poser les roseaux igunam , on étale par la suite une couche de mortier de terre sur laquelle on dispose les tuiles de forme rondes dans deux sens différents afin que l'eau de ruissellement puisse s'écouler.



Figure 38 toitures en tuile du village de djaafra wilaya de bordj bou arredji .(source : auteur )

A l'intersection des deux versants de la toiture vient se poser les tuiles faitières, alors que sur les chevrons on dispose soit des roseaux ou des éclats de bois tiqecrin sur lequel on rajoute le mortier d'argile pour poser les tuiles, afin que l'eau de pluie s'écoule à une certaine distance des murs celles-ci débordent légèrement du toit.

En vue des tempêtes de neige et des vents forts, la toiture risque d'être emportée, on dispose donc des pierres pour maintenir celle-ci.

##### 2.4.4.1.2 La toiture terrasse

La toiture terrasse repose également sur des poutres en bois, des poutres disposées dans le sens de la longueur qui reposent par la suite sur des piliers tiguejda.

En premier lieu, on dispose les linteaux de bois dans le sens transversal et on ajuste des branches de bois entre les espaces les séparant, par la suite on recouvre toute la surface de plaques de liège, on étale une couche de petites pierres qui sera par la suite recouverte d'un mortier de terre bien tassé. Au final, on dispose une bordure de pierres plates afin d'empêcher l'écoulement de l'eau le long des murs.

## 2.5 Les nouvelles constructions dans le village kabyle

Au fil du temps, les maisons kabyles ont subi des modifications et des démolitions, ceci est due d'une part à la colonisation, l'avènement de l'industrialisation mais aussi aux nouveaux besoins de l'homme.

Des modifications anarchique et qui ne s'adaptent pas à l'environnement immédiat, tout le caché architectural que détient la Kabylie se dégrade peu à peu, déjà par l'utilisation de matériaux moderne ne respectant pas l'environnement et ne sont pas en harmonie avec le bâti immédiat, d'une autre part par l'utilisation de sources énergivore pour se réchauffer en hiver et se rafraîchir en été, cette consommation est due aux matériaux utilisés, des matériaux qui absorbe l'humidité et la chaleur.

L'homme d'aujourd'hui a agrandi les maisons traditionnelles kabyles afin que les espaces deviennent plus spéciaux mais n'a pas su adapter ces changements à l'environnement immédiat et a démoli toute cette authenticité que détient la Kabylie.

La maison vernaculaire kabyle est donc passée par trois grandes étapes de modifications au fils des années, nous distinguons donc :

### 2.5.1 La maison vernaculaire kabyle authentique

La maison vernaculaire kabyle authentique est celle que l'homme kabyle ancestrale a construit dès la création des premiers villages kabyles, elle est caractérisée par :

- Elle épouse parfaitement le site car celle-ci est faite déjà en fonction de la topographique du lieu, elle donne l'aspect d'être née de son site
- Elle est de forme compacte avec très peu d'ouvertures dans l'objectif de créer un confort thermique naturel à l'intérieur des espaces mais aussi pour garder l'intimité
- Une orientation stratégique de la maison de manière à capter la chaleur et la restituer dans les moments les plus froids.
- l'utilisation de matériaux extrait de la nature et qui ont la capacité d'être recyclée et qui jouent un rôle dans le confort thermique de la maison (pierre, bois, terre ...)
- L'organisation spatiale des espaces intérieurs en trois subdivisions ( taqaat , addaynin , taaricht)
- L'utilisation de sources naturelles pour réchauffer la maison ( el kanoun )

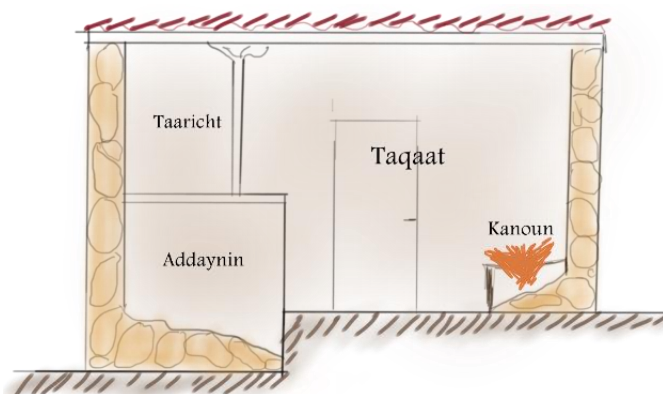


Figure 39 Schémas d'une coupe de la division spatiale d'axaam de la maison vernaculaire kabyle authentique (source : auteur)



Figure 40 Ensembles de maisons vernaculaires kabyles du village de djaafra wilaya de bordj bou arredji utilisant des matériaux locaux (source : auteur)

### 2.5.2 La maison vernaculaire kabyle durant la colonisation

Pendant la colonisation française la maison vernaculaire kabyle a subi plusieurs modifications, déjà par rapport aux matériaux utilisés, mais aussi par rapport à l'organisation spatiale de celle-ci.

La maison a subi des extensions et des modifications en fonction des espaces, les axxam qui avaient une division en trois espaces distincts n'avaient plus cette particularité, chaque axxam avaient donc une seule fonction, l'ensemble Del hara était donc devenu une maison avec plusieurs pièces de vie.

La maison traditionnelle a également subi des extensions d'espaces avec des rajouts de pièces de vie selon les besoins.

L'une des principales modifications de la technique de construction et des matériaux est celles de la construction des planchers, à cette période les planchers étaient fait en voutain de briques pleines, béton maigre, mortier de pose du carrelage, carrelage, entretoises boulonnés ou tirants.

Notre cas d'étude fait partie de cette catégorie de maisons vernaculaire kabyle.



Figure 41 Schémas d'une coupe de la maison vernaculaire kabyle durant la colonisation (source : auteur)

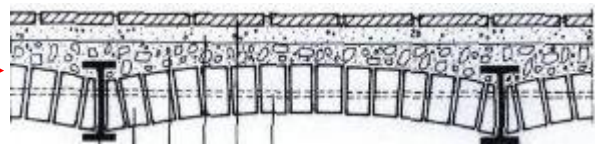


Figure 42 Schémas de composition du plancher en voutain de briques pleines,



Figure 43 Photo du plancher en voutain de briques pleines du premier niveau de notre cas d'étude (source : auteur).

### 2.5.3 La maison vernaculaire kabyle post coloniale

Après l'indépendance la maison vernaculaire kabyle a perdu son cachet architectural qu'elle avait, celle-ci n'était plus construite de la même manière :

- La construction des maisons n'épousait plus le site car celles-ci ne respectaient pas les courbes de niveaux du site.
- Les matériaux de construction utilisés ne sont pas efficaces thermiquement, c'est pour cela que les maisons ont besoin d'être chauffées et ventilées pendant les périodes de froid et de chaleur, ceci consomme énormément d'énergie et fait que la maison est devenue énergivore.
- Une nouvelle organisation spatiale des espaces intérieurs (une cuisine, un salon, des sanitaires et salle de bain ainsi que les chambres) le tout dans un volume entier, le concept d'amrah n'existait plus, les espaces étaient connectés grâce à des couloirs à l'intérieur d'un volume.
- Chaque pièce de la maison était dotée d'une grande fenêtre ce qui augmente les déperditions thermiques.
- Les maisons ne sont pas accolées les unes aux autres, cette organisation fait qu'il n'y a plus d'urbanisme compacte et favorise les déperditions thermiques.



Figure 44 image des nouvelles constructions en Kabylie en brique et vitrage simple avec toiture plate village ait Djemaa (source : auteur )

## 2.6 La maison kabyle dans la recherche scientifique

La Kabylie étant une source riche en information et en évolution, différentes recherches ont été menées sur le sujet de la maison vernaculaire kabyle, chaque recherche a été portée sur un objectif précis afin d'apporter des améliorations, d'enrichir le secteur de l'habitat et de comprendre les différentes techniques ancestrales, nous citons deux de ces recherches afin d'avoir un aperçu sur les différents sujets qui ont été étudiés sur la maison vernaculaire kabyle, nous citons donc :

- 1- **Les ambiances de la maison kabyle traditionnelle, les révélations des textes et des formes** par Zeidmal Nadia ép. Remas, une recherche allant du village kabyle à la maison vernaculaire kabyle, cette recherche a traité sur les ambiances intérieures de la maison kabyle en se focalisant sur le critère visuel, cette recherche a apporté des informations sur certains aspects sensoriels et certaines ambiances jadis caractérisant ces lieux .
- 2- **Savoir-faire vernaculaire de l'architecture kabyle** par Aliane Ouahiba et SALHI Mohamed Brahim, dans lequel une description complète de la maison vernaculaire kabyle a été établie afin de comprendre le savoir-faire de nos ancêtres.

## 2.7 Conclusion

La maison traditionnelle kabyle est en elle-même une richesse, une richesse par son adaptation au site dans lequel elle s'implante, par son intégration au climat rude montagnard et par l'utilisation de matériaux locaux recyclables, une maison offrant un confort thermique tout au long de l'année et une adaptation parfaite à la topographie de la Kabylie.

La maison vernaculaire kabyle authentique est implantée perpendiculairement aux courbes de niveau l'ensemble des maisons des villages sont accolés les unes aux autres avec très peu d'ouverture pour leurs intimités, créant ainsi un ensemble compact afin de diminuer les déperditions thermiques et d'offrir un meilleur confort aux habitants .L'organisation spatiale de la maison dite el hara est un ensemble de petites maisons appelées axxam , les axxames sont constitués de trois parties distinctes , chaque partie a une fonction précise .

La maison vernaculaire kabyle authentique se caractérise également par sa technique de construction ainsi qu'aux matériaux que celle-ci utilise, des matériaux dont l'inertie thermique est bonne tel que la pierre qui est utilisée dans les murs de celle-ci, elle emmagasine la chaleur et la restitue dans le moment le plus froid, une maison faite avec des matériaux naturels et des techniques ancestrales offrant un confort thermique naturel en diminuant la consommation énergétique.

Nous sommes face à un habitat qui ne consomme quasiment pas d'énergie, en hiver l'homme se réchauffe avec du bois et du feu et en été la toiture et le mur en pierre font qu'il y a une fraîcheur naturelle à l'intérieur de la maison.

Néanmoins, de nos jours, l'homme a besoin de plus d'espace pour vivre, recherche le confort spatial, ceci fait que la maison traditionnelle kabyle a subi des changements pour répondre aux besoins humains d'aujourd'hui, mais ces changements représentent une menace à la

richesse de la Kabylie, car d'une part elle ne respecte pas l'harmonie de l'ensemble du village et d'autre part elle utilise des matériaux énergivores ce qui supprime la particularité d'une maison à faible inertie thermique.

Nous sommes donc dans le besoin de remédier à tout ça, en alliant confort actuel de l'homme tout en gardant le cachet de la maison vernaculaire kabyle, lui redonner vie en s'adaptant aux changements d'aujourd'hui.

## Chapitre 3      Présentation du cas d'étude

### 3.1 Introduction

Notre recherche s'est portée sur la capacité du confort dans la maison vernaculaire kabyle, nous nous sommes focalisés, sur cet aspect car de nos jours l'architecture consomme beaucoup d'énergie pour produire un confort thermique adéquat à l'individu. Les techniques ancestrales ont été perdues, la manière de construire a totalement changé ainsi que notre patrimoine architectural a été abandonné. Chaque type de construction appartient à une région spécifique de l'Algérie, par rapport à plusieurs caractéristiques tel que le climat, la topographie du lieu, la culture des habitants ainsi que leur mode de vie et leurs besoins. Chaque patrimoine reflète l'identité de notre pays.

Nous nous sommes focalisés sur la région de la Kabylie car celle-ci se trouve dans un climat montagneux se caractérisant par des hivers très froid, ainsi qu'une topographie très rude. Cette recherche nous permettra d'une part, de connaître la culture des habitants et leur mode de vie ainsi que leur technique de construction, et d'autre part, elle permettra de connaître le niveau de confort thermique de la maison vernaculaire kabyle.

Notre recherche, se veut une contribution dans l'étude et la connaissance des techniques et méthodes de conception environnementales qui ont été perdu au fil du temps Nous espérons encourager les architectes à construire des maisons bioclimatiques et à respecter l'environnement tout en luttant contre l'architecture énergivore et en produisant ainsi une architecture qui répond aux besoins de l'homme tout en respectant son environnement.

### 3.2 Implantation et intégration au site de notre cas d'étude

#### 3.2.1 Situation du village et de la maison :

Le village de notre maison « cas d'étude » fait partie de la wilaya de Tizi-Ouzou, commune de Michelet et Daïra d'Ait Mislain. Le village se nomme Ait djamaa, celui-ci est agrippé sur une montagne de 813m d'altitude. Il est constitué de plusieurs maisons traditionnelles implantées perpendiculairement aux courbes de niveau du site et accolées les unes aux autres formant ainsi un village. L'ensemble des habitants du village ont un même ancêtre, et partagent le même patronyme.

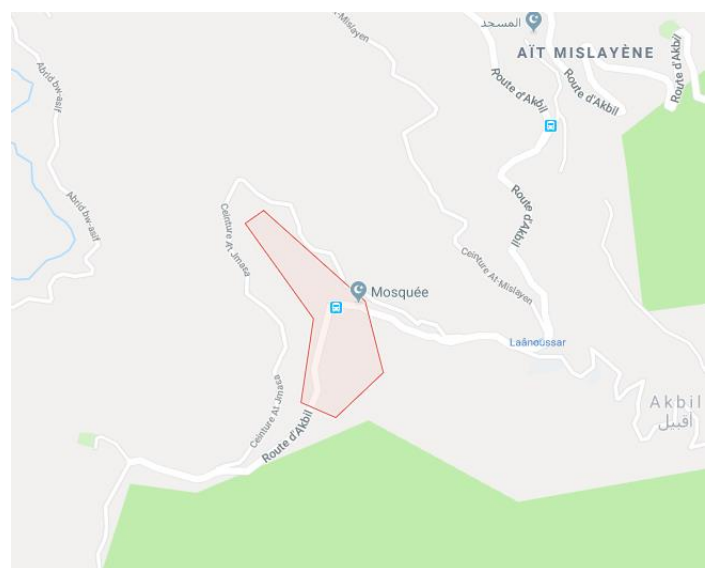


Figure 45: situation géographique du village ait djamaa, position GPS (source : maps)



Figure 46 photo du village ait djemaa agrippée sur la montagne en forme de collier de perle, avec des maisons perpendiculaires aux courbes de niveaux ( source : web)

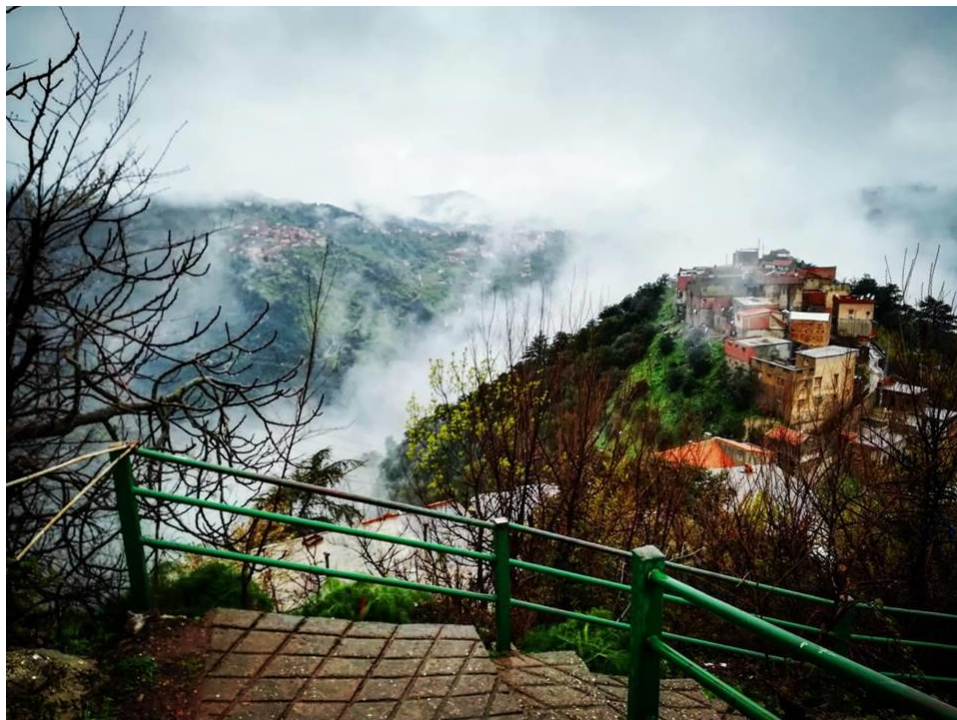


Figure 47 photo du village ait djemaa agrippée sur la montagne en forme de collier de perle (source : auteur)

### 3.2.2 village d'Ait djemaa

Tous les villages kabyles agrippés aux montagnes ont pratiquement la même constitution. La Kabylie a son propre caché architecturale et urbain. Le village est constitué principalement de maisons à toiture en tuile généralement ou plate pour certains village. Il est doté d'un espace ou se rassemble les hommes du village tajmaat. Il est constitué de ruelles étroites réservées à la circulation. L'ensemble de ces maisons est agrippée à une montagne, le tout est construit de manière à épouser le site et l'environnement et ne faire qu'un avec le tout.

Le village Ait djemaa est constitué de :

### 3.2.2.1 Tajmaat

Tajmaat représente le lieu de rencontre des hommes du village, c'est dans tajmaat que se prennent les décisions du village, il représente aussi un lieu de détente pour les hommes. Dans notre cas, tajmaat du village d'Ait djemaa se trouve à l'entrée du village. Celui-ci est conçu en forme de maisonnette ouverte constitué d'une pièce entourée de murs rigides en pierre de 65 cm d'épaisseur, avec une petite fenêtre et une grande ouverture pour l'accès. Tajmaat est recouverte d'une toiture en tuile à double pans.

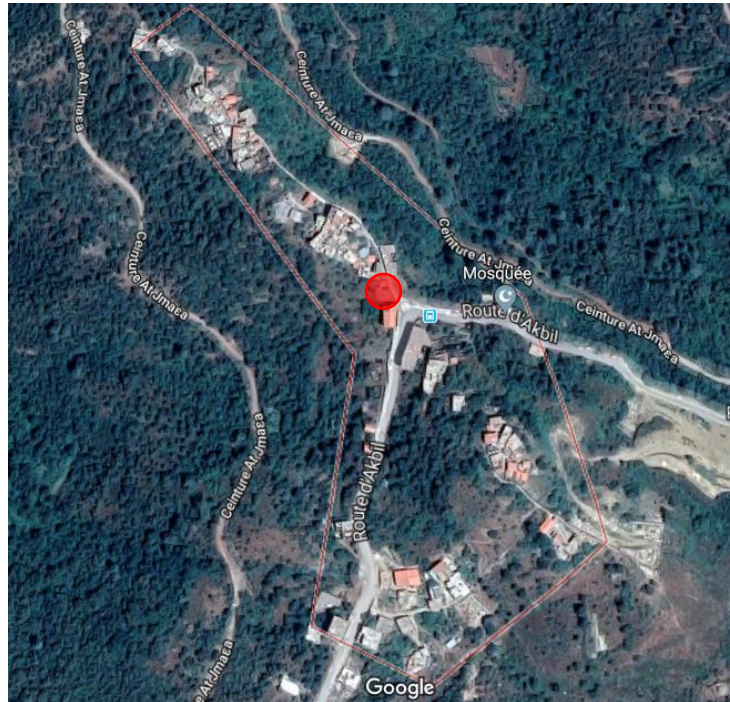


Figure 48 position de tajmaat dans le village : (source : Google maps)



Figure 49 photo de tajmaat du village d'Ait djemaa, (source : auteur).

### 3.2.2.2 Les ruelles : aznik

Les ruelles sont les éléments qui structurent le village kabyle. Elles organisent le village et le desservent. Les ruelles sont de forme sinueuse et changent à chaque fois de directions en étant parallèles aux courbes de niveaux. C'est à partir de celles –ci que se forment les maisons de part et d'autre constituant ainsi un village. (Source : structure du village d'étude)

Elles sont construites à base de petites pierres posées de façon à avoir des interstices de terre afin de faciliter l'écoulement des eaux et éviter les inondations.

Dans notre cas, le village de ait djemaa est constituée d'une seule ruelle principale, celle-ci débute à l'entrée du village et se termine à la dernière maison du village, Elle dessert pratiquement toutes les maisons, le reste des maisons est desservie par la suite par des ruelles secondaire ou des impasses.



Figure 50: Photo satellite, schémas de la ruelle principale en rouge, schémas des ruelles secondaires en bleu, (source : Google maps et auteur).



Figure 51: Photo représentant la ruelle principale du village d'Ait djemaa, (source : auteur)

### 3.3 Organisation spatiale de la maison traditionnelle Kabyle (cas d'étude)

#### 3.3.1 Présentation et situation du cas d'étude

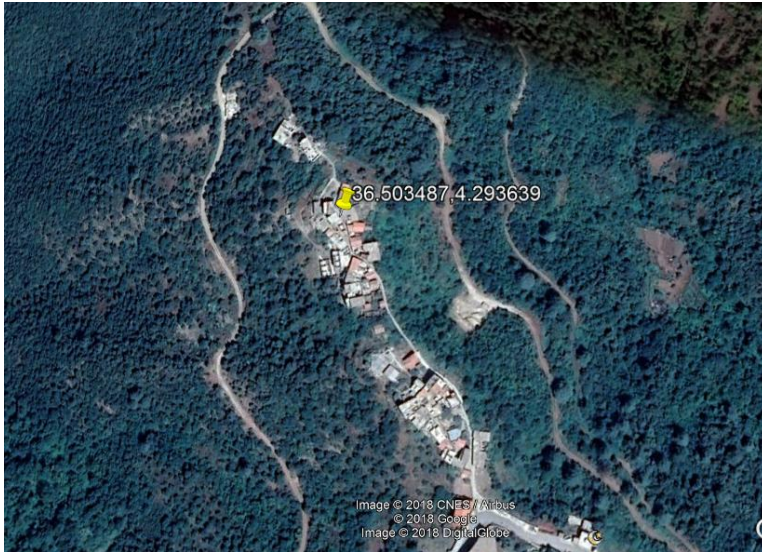


Figure 52: Position géographique du cas d'étude, (source : Google earth)

Notre cas d'étude, se trouve dans le village d'Ait djemaa. La maison dans son état actuel date des années 1940, mais tout porte à croire que c'est la maison traditionnelle d'époque qui a subi de multiples modifications par le passé. La maison fait donc parti de la deuxième catégorie des maisons vernaculaire kabyle comme cité dans le chapitre précédent qui traite des modifications qu'ont subis les maisons vernaculaire kabyle.

Notre cas d'étude appartient à un groupe de maisons appartenant à une même famille, accolées et connectées à travers une cour au milieu, formant ainsi une enceinte, le tout représente une « hara ».

Notons que notre cas d'étude constitue un symbole historique car la maison servait de refuge aux martyres tel qu'au général Amirouche durant la révolution de 1954 pour l'indépendance.

#### 3.3.2 Distribution spatiale d'el hara (cas d'étude) :

El hara choisit a subi des modifications aux fils des années. Auparavant celle-ci était constituée de petites maisonnettes accolées et abritant des membres de la même famille. Chaque maisonnette répondait au besoin d'une petite famille. Avec l'exode rural, cette maison a été désertée et n'abrite, actuellement, qu'un seul membre de la famille. De nos jours, l'ensemble des maisonnettes ne fait qu'un et certains espaces ont changé de fonction afin de répondre aux besoins quotidiens.

El hara est constituée principalement d'amrah et de plusieurs axxam, dans notre situation, la maison a été modifiée, ce qui fait que celle-ci est composée actuellement d'espaces reliés par une cour qui est amrah, cette organisation se présente selon les niveaux comme suit :

##### 3.3.2.1 Espaces du Rez-de chaussé :

Le rez-de chaussée est composé d'amrah (cour) qui connecte plusieurs axxam (appelés, aujourd'hui, chambre), un placard et sanitaires et salle de bain ainsi qu'un jardin derrière la maison, la distribution des espaces est schématisée comme suit :

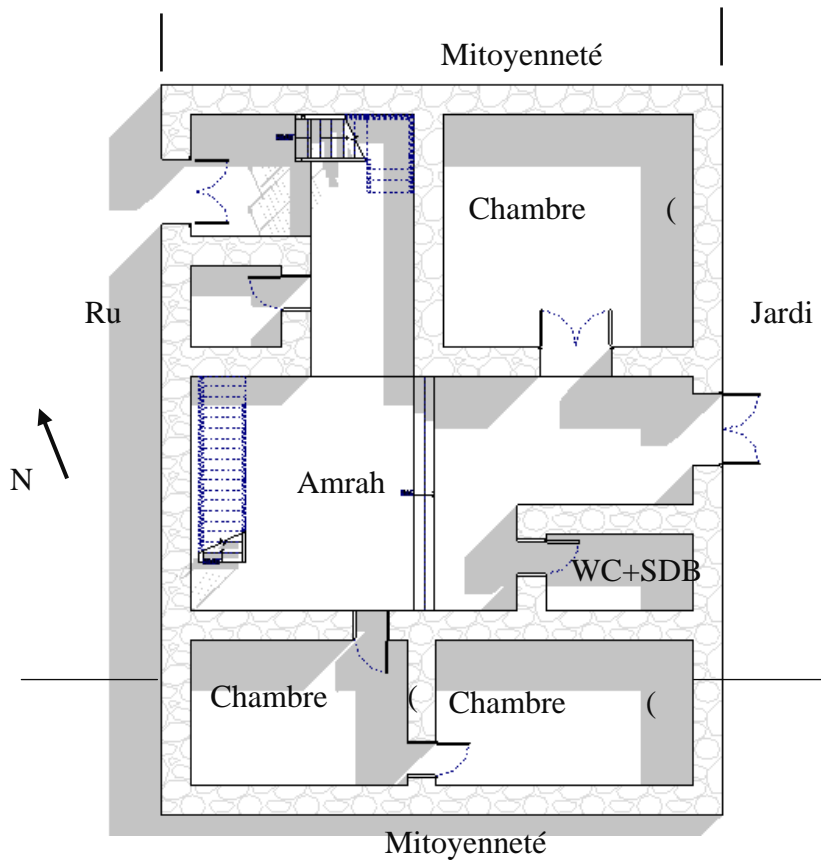


Figure 53: Plan schématique montrant l'organisation spatiale de la maison au REZ DE CHAUSSEE (source : auteur)

### 3.3.2.2 Axxam (devenue chambre actuellement)

Dans notre cas d'étude, l'axxam était divisée en trois parties distinctes. Chaque axxam était réservée à une famille et le tout était réuni grâce à lamrah. L'axxam était composé d'un premier espace réservé à la cuisine et à la détente appelé taqaat. Un deuxième espace, en contre bas de taqaat, réservé aux bêtes, appelé adaynin et un troisième espace pour dormir, celui-ci est situé au-dessus d'adaynin.

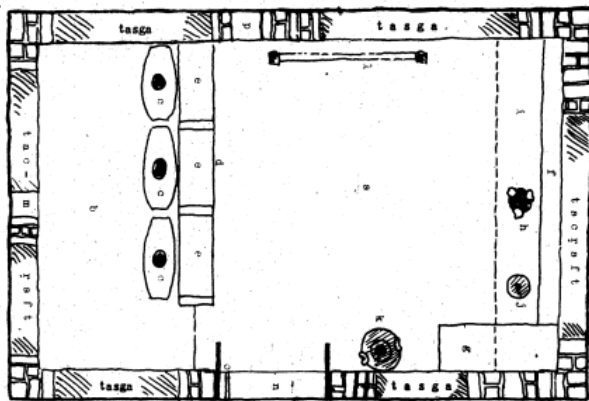


Figure 55 Plan de la maison kabyle, ( source :H. Genevois1962)

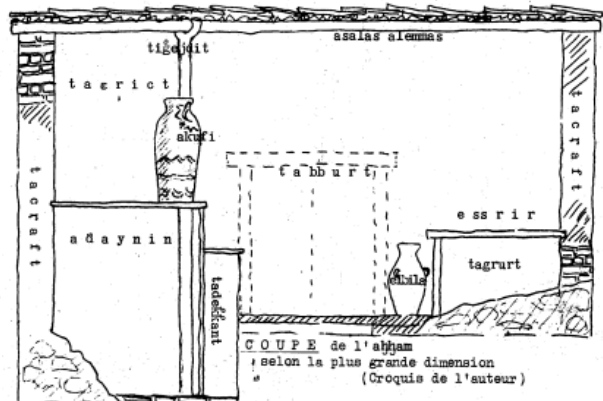


Figure 54 Coupe de la maison kabyle traditionnelle, (source : H. Genevois, 1962)

Cependant notre cas d'étude a été modifié au fil des années et axxam n'avait plus la même distribution, ni la même fonction. De nos jours axxam est devenue uniquement une pièce pour dormir la nuit et se réchauffer. Il est composé de kanoun, d'une cheminée qui n'est plus utilisée de nos jours ainsi que des lits pour dormir. Un espace gardant la même couverture mais avec une fonction différente répondant aux besoins actuels.



Figure 56: Photo Del kanoun de la chambre du RDC (source : auteur)

### 3.3.2.3 Amrah (cour)

L'amrah de notre cas d'étude n'a pas changé de fonction au fil des années, celui-ci a gardé son identité ainsi que sa fonction. Il se présente sous forme de cour qui regroupe l'ensemble des axxam d'une même famille ; il est réservé à la détente ainsi qu'au regroupement familial



Figure 57: Amrah de notre cas d'étude (source : auteur)

### 3.3.3 Espaces du premier niveau

Le premier niveau est composé uniquement d'une chambre, d'une cuisine ainsi qu'une pièce réservée aux provisions de toute l'année. La chambre et la cuisine qui était auparavant des hara ont subi des modifications de revêtement de sol et de fonction, alors que la pièce réservée aux provisions est restée authentique depuis sa construction à nos jours.

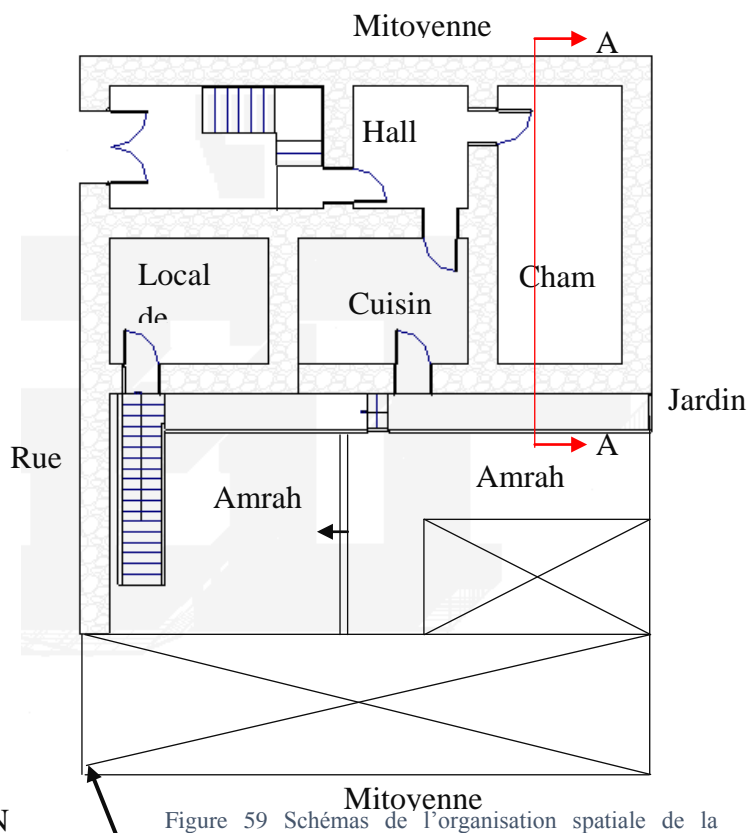


Figure 59 Schémas de l'organisation spatiale de la maison au premier niveau (source : auteur)

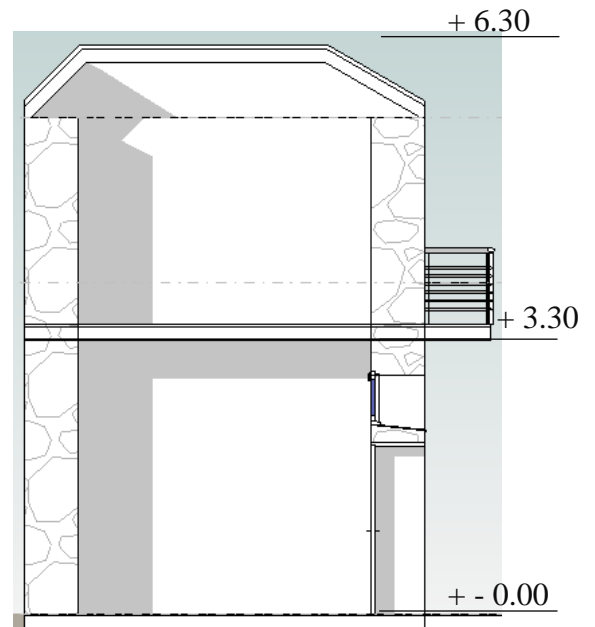


Figure 58 Schémas de la coupe AA (source : logiciel revit par auteur)

#### Pièce réservée au stockage des provisions

La maison détient une pièce au premier niveau réservée aux provisions de l'année. Celle-ci n'a subi aucune modification dans le temps. On y accède soit par l'Amrah à travers des escaliers, soit par la coursiive, cette pièce est entourée de murs en pierre et recouverte d'une double toiture en tuile, voir figure 60



Figure 60: photo de la pièce réservée au stockage des provisions, (source : auteur)

### 3.4 Système constructif de notre cas d'étude

Les maisons vernaculaires kabyles ont un rapport direct avec la nature, les habitants construisent selon le lieu où ils s'implantent en utilisant des matériaux provenant de la nature et capable d'être réutilisés même après démolition de celle-ci. Ces matériaux naturels possèdent des caractéristiques physiques qui leur permettent d'assurer un confort thermique.

L'homme s'est intégré à son site et à son bâti selon les besoins d'antan. Cette architecture reflète le respect de l'homme à son environnement, un savoir-faire qui représente la maîtrise de la construction bioclimatique.

Notre cas d'étude a été modifié au fil des années, nous observons donc différents matériaux et techniques de construction dans cette maison. En premier lieu, nous présenterons tous les matériaux existant ainsi que leurs avantages, par la suite nous expliquerons les techniques de construction de chaque élément architecturale de notre cas d'étude afin d'en tirer tous les avantages de ce type d'architecture.

#### 3.4.1 Les matériaux utilisés (cas d'étude)

##### 3.4.1.1 La pierre

La pierre est le matériau le plus utilisé dans la construction de cette maison, tous les murs sont faits à base de celle-ci, un matériau naturel et recyclable, lourd, solide et résistant au feu, il a la capacité d'être un accumulateur d'énergie à forte inertie thermique. Il emmagasine la chaleur pour la restitué dans les moments les plus froid il procure donc un confort thermique naturel en période hivernale. Cette capacité permet à la maison de diminuer les coups de consommation énergétique et respecte l'environnement. Sa lourdeur et sa robustesse fait que la maison est durable dans le temps. La pierre est choisie d'une carrière limitrophe au site c'est une pierre de type calcaire facile à tailler.



Figure 61: photo d'un des murs en pierre de la maison, (source : auteur)

### 3.4.1.2 Le bois

Dans notre cas d'étude, le bois est utilisé pour la charpente ainsi que pour les portes, le bois a l'avantage d'être léger et facile à transporter, il est isolant et est doté de pouvoir de régulation hygrométrique qui évite ainsi les risques de condensations et de ponts thermique, dans notre cas le bois a été utilisé sans ajouts, il a donc la capacité de neutraliser les toxines ainsi que les mauvaises odeurs .

De par la construction de la maison, le bois est également utilisé par l'homme pour se réchauffer en période de froid par le biais du kanoun, celui-ci ne produit pas de déchet et diminue les coups de consommation d'électricité

La jonction entre le bois comme élément naturel pour se réchauffer et les murs en pierre est parfaite, d'une part les deux matériaux sont naturels ils ne produisent pas de déchet et sont recyclable, d'une autre part la chaleur dégagée par le kanoun est emmagasinée dans la pierre ce qui permet à la maison de rester chaude ainsi les deux matériaux donnent à la maison vernaculaire kabyle la capacité de subvenir à ses besoins sans être énergivores, voir *Figure 63*.



Figure 62: Photo représentant la Charpente en bois dans la pièce des provisions, (source : auteur)

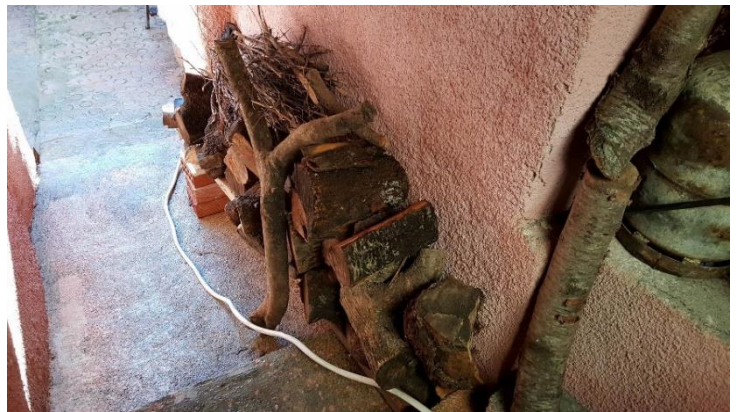


Figure 63: : Photo qui représente le Bois pour l'utilisation du kanoun afin de se réchauffer en hiver (source : auteur)

### 3.4.1.3 Le roseau

Les toitures à double pente en tuile sont recouvertes à l'intérieur de roseau, celui-ci à la capacité d'être naturel et très isolant il garde la fraîcheur en été et la chaleur en hiver à l'intérieur de la maison il a également des avantages écologiques, il est considéré comme étant un matériau



Figure 64: : Photo représentant les roseaux de la toiture dans la pièce des provisions, (source : auteur)

imputrescible totalement biodégradable, voir *Figure 64*.

#### 3.4.1.4 La terre

La terre, parmi les matériaux les plus utilisés, naturel et écologique, elle permet la liaison des pierres dans la construction des murs de la maison. Elle sert également de revêtement de murs et de sol, et présente l'avantage d'être un accumulateur de fraîcheur dans les périodes de fortes chaleurs et un accumulateur de chaleur dans les périodes les plus froides.

### 3.4.2 Techniques de construction

#### 3.4.2.1 Murs

Tous les murs de la maison, sont construit à base de pierre de taille d'équarrie, liées entre elles avec un mortier d'argile, d'une épaisseur de de 65 cm, des murs robustes et épais afin de se protéger du froid en hiver et de la chaleur en été. La pierre est de type calcaire extraite de carrières limitrophes avec une dureté de 6 à 7 (Corpus, A2).

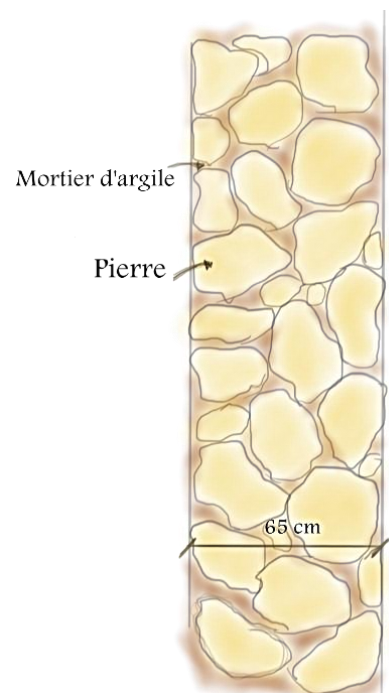


Figure 65: Schémas de composition des murs de la maison, (source : auteur)

#### 3.4.2.2 Planchers

Notre cas d'étude fait partie de la deuxième catégorie des maisons vernaculaire kabyles, soit les maisons vernaculaires qui ont subi des modifications lors de la colonisation. Dans ce cas, les planchers sont fabriqués voutain de briques pleines. Ces planchers sont constitués de solive métallique (10cm de hauteur), briques pleines,



Figure 66: Photo du plancher en voutain de briques pleines du premier niveau de notre cas d'étude (source : auteur).

béton maigre, mortier de pose du carrelage, carrelage, entretoises boulonnés ou tirants, voir Figure 66,.

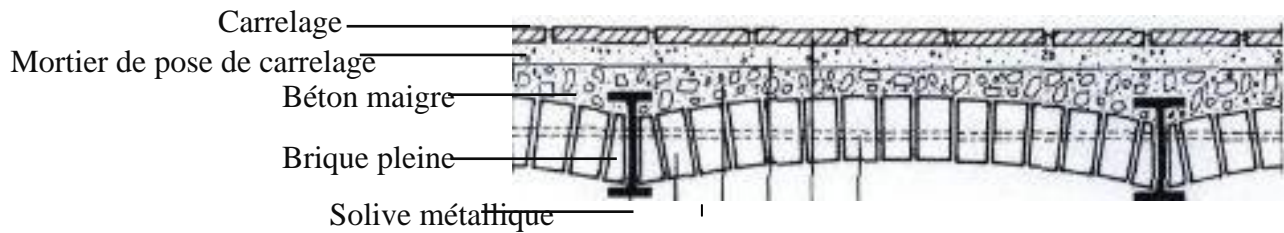


Figure 67: Schémas de composition du plancher en voutain de briques pleines, (source : web)

### 3.4.3 Toiture

La maison que nous avons étudiée est dotée d'une double toiture en tuile, protégée à l'intérieur par des roseaux et soutenue par une charpente en bois. L'avantage que présente la toiture à double pente est celle de protéger la maison de la neige en évitant les infiltrations d'eau et en créant un chemin à celle-ci pour être évacuée, elle a aussi la capacité de garder l'espace intérieur frais en été car elle n'emmagasine pas la chaleur extérieure.



Figure 68: : Photo de la toiture à double pente en tuile de notre cas d'étude, (source : auteur)

### 3.5 Conclusion

La maison vernaculaire kabyle que nous avons choisie est un cas d'étude qui nous a intéressé car il présente les caractéristiques de base d'une maison vernaculaire kabyle mais avec des modifications. La maison est implantée dans un site abrupt avec un climat rude, elle fait face aux changements climatiques tout au long de l'année en utilisant uniquement des sources de chaleurs naturelles. A travers notre recherche, nous allons évaluer le confort thermique que procure cette maison sans faire appel à des sources d'énergie fossiles et coûteuses.

A travers les chapitres suivants, nous analyserons en détail cette maison, entre mesures, questionnaires, simulations afin d'en ressortir avec des résultats concrets sur le confort thermique que peut offrir celle-ci mais aussi pour vérifier son efficacité énergétique en comparaison avec une maison bioclimatique.

## Chapitre 4      Evaluation du confort de la maison kabyle

## 4.1 Introduction

Nous abordons l'évaluation du confort de la maison kabyle dans le but d'une part, de valoriser notre patrimoine et nos techniques de réalisation ancestrales, et d'autre part de « provoquer » un changement de mode de construction d'aujourd'hui qui ne respecte plus l'atmosphère dans lequel il s'est construit.

Dans ce chapitre, nous avons évalué le confort de la maison vernaculaire kabyle modifiée avec différentes techniques. Dans un premier lieu nous rappelons chaque méthode d'évaluation avec ses outils et par la suite nous parlerons du but recherché à travers celles-ci afin de confirmer ou d'infirmer nos hypothèses.

## 4.2 Méthodes d'évaluation du confort thermique

Notre méthode d'évaluation du confort combine deux approches qui sont : approche qualitative axée sur l'utilisateur par l'enquête (questionnaire) et une approche quantitative axée sur les performances de la maison qui inclue la campagne de mesure in situ et la simulation thermique statistique et dynamique.

L'évaluation utilise ainsi les outils suivants :

1. L'enquête par questionnaire destinée à l'utilisateur / l'occupant
2. La campagne de mesure du confort thermique pendant la saison d'hiver
3. L'évaluation de la conformité à la RT à l'aide de RETA
4. L'évaluation du confort thermique par simulation avec Revit

Dans ce chapitre, nous présentons l'évaluation du confort à l'aide des deux premiers outils questionnaire et campagne de mesure in situ.

## 4.3 Evaluation du confort thermique par questionnaire

La méthode d'évaluation qualitative dans notre cas vise à évaluer le degré de satisfaction de l'utilisateur envers le confort thermique de sa maison. Pour cela nous avons utilisé comme outil le questionnaire.

Selon De Singly<sup>3</sup> il y a deux types d'enquêtes : l'enquête par entretien et l'enquête par questionnaire. Dans notre cas, nous avons élaboré un questionnaire que nous avons soumis à l'utilisateur en mode entretien, c'est-à-dire que nous avons soumis l'utilisateur à un ensemble de questions devant répondre à notre objectif de recherche.

### 4.3.1 L'entretien par questionnaire

En premier lieu, il était nécessaire de se mettre à la place des personnes qui vivent dans la maison vernaculaire kabyle pour comprendre leur perception du confort ressenti face aux

---

<sup>3</sup> François De Singly : Professeur à l'université de Paris V, directeur du centre de sociologie de la famille, auteur du livre « L'enquête et ses méthodes : le questionnaire »

changements de température au long de l'année. Pour cela nous avons donc procédé tout d'abord à l'entretien par questionnaire.

Le questionnaire est une technique de mesure qualitative qui étudie les faits psychologiques pour récolter des informations sur un phénomène donné. Cette méthode est utilisée dans le but de cerner des objectifs précis à travers des questions ciblées pour collecter des informations exactes.

Dans notre cas, comme seule une personne occupe la maison actuellement, nous avons conduit un entretien avec elle. Nous comprenons que le questionnaire est constitué de questions à remplir par les sujets sondés seul sans présence du chercheur. C'est pour cela que nous avons préparé une série de questions que nous appelons questionnaire et que nous avons soumis à l'usager de la maison lors d'un entretien.

Cette méthode combinée de l'entretien par questionnaire, paraît être le meilleur moyen pour recueillir les niveaux de confort de l'habitant, afin de confirmer ou d'infirmer nos hypothèses sur le confort de cette maison, objet de notre recherche.

### 4.3.2 Objectif du questionnaire :

Notre recherche traite principalement sur le confort thermique dans la maison vernaculaire kabyle, un confort qui concerne principalement l'usager de cette maison. Compte tenu, qu'une maison thermiquement confortable est une maison qui satisfait ses usagers par son confort adéquat et continu dans tous les espaces, durant le jour et la nuit ainsi que pour les différentes saisons.

Ainsi, l'objectif de notre enquête par questionnaire était de trouver des réponses à notre problématique, d'évaluer le degré de satisfaction de l'habitant vis-à-vis du confort et la vérification des constats soulevés dans notre hypothèse, mais aussi l'obtention de réponses plus profonde sur nos connaissances concernant le confort thermique dans les maisons vernaculaire kabyle.

### 4.3.3 Construction du questionnaire

Nous avons décomposé l'objectif principal en quatre objectifs secondaires. De chaque objectif, nous avons tiré un indicateur, puis un variable objet de la question.

1. **Le confort** : Notre premier objectif était d'obtenir des informations concernant le confort thermique de la maison ressentit par l'occupant en fonction d'un indicateur et selon des objets précis de satisfaction tel que le niveau de confort thermique, l'emplacement ou les degrés d'habillement, et ce afin de cibler chaque question et d'avoir des réponses concrète.
2. **L'efficacité énergétique** : Notre deuxième objectif était de s'informer sur l'efficacité énergétique de la maison, le besoin de chauffer et le cout économique pour obtenir des réponses par rapport à la consommation énergétique.

3. **Nécessité d'une réhabilitation** : Notre troisième objectif était de savoir si cette maison était confortable et fonctionnelle ou bien devait-elle subir des modifications. Nous avons ciblé dans cette partie les matériaux de construction de la maison pour en connaître leur impact sur le confort.
  
4. **Valeur affective de la demeure** : Enfin, notre dernier objectif était de connaître la valeur affective de cette maison pour l'occupant.

Les questions ont été élaborées selon ces quatre objectifs en fonction d'indicateurs précis afin de cibler chaque aspect du confort thermique et d'en ressortir avec des réponses précises.

Afin de répondre à ces objectifs, nous avons fait un choix entre les questions fermées et les questions ouvertes. Pour notre cas d'étude, nous avons combiné entre les questions fermées, autrement dit les questions qui nécessitaient uniquement une réponse par un oui ou un non et les questions ouvertes et à choix multiples où l'habitant est encouragé à répondre avec ses propres mots et ses propres idées. Cette technique des questions ouvertes était la plus recommandée pour notre entretien car grâce à celle-ci nous avons eu des réponses propres à l'habitant de la maison et nous avons eu plus de détail sur celle-ci.

Tableau 3: Construction du questionnaire de l'entretien sur le confort thermique de la maison vernaculaire kabyle

Objectifs	Indicateur	Objet de la question (variable)	Questions
Connaitre la maison et ses occupants	Information sur la maison et l'occupant	Date de construction Date d'habitation / Statut de l'occupant	<p>1. Depuis quand vivez-vous dans cette maison ?.....</p> <p>2. Etes-vous :</p> <p>– locataire <input type="checkbox"/></p> <p>– propriétaire <input type="checkbox"/></p> <p>3. Indiquez le nombre des personnes habitants cette maison :</p> <p>Adultes .....</p> <p>Enfants .....</p> <p>4. Connaissez-vous la date de construction de cette maison ?</p>
Le confort thermique de la maison selon l'occupant	Niveau de confort thermique dans la maison	Le degré de satisfaction du confort thermique de la maison vernaculaire	<p>5. En hiver, êtes-vous satisfait du confort thermique dans votre maison ? Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/></p> <p>6. Comment évaluez-vous le confort thermique de votre maison ?</p> <p>.....</p> <p>7. Avez-vous vécu dans une maison « moderne » ?</p> <p>Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/></p> <p>8. Si oui, comparé à une maison moderne, trouvez-vous que la maison traditionnelle en hiver est</p> <p>Plus froide <input type="checkbox"/></p> <p>Plus chaude <input type="checkbox"/></p>
		Confort thermique par zone	<p>9. Indiquez, sur le plan, la zone la plus confortable de votre maison ?</p> <p>10. Quelle est la zone la plus chaude de votre</p>

			<p>maison ?</p> <p>11. Quelle est la zone la plus froide de votre maison ?</p>
		Degrés d'habillement	<p>12. Durant la période froide hivernale, sans l'utilisation de chauffage, comment évaluez-vous votre degré d'habillement ?</p> <p>1 légèrement habillé <input type="checkbox"/></p> <p>2 bien habillé <input type="checkbox"/></p> <p>3 habillé chaudement <input type="checkbox"/></p>
L'efficacité énergétique de la maison selon l'occupant	Besoin de chauffage	Les mois chauffés	<p>13. Pendant l'hiver avez-vous besoin d'allumer le chauffage ?</p> <p>oui <input type="checkbox"/> non <input type="checkbox"/></p> <p>14. Si oui, pour quels mois de l'année ? J/F/M/A/M/J/J/A/S/O/N/D</p>
	Coût économique	Le cout de chauffage de la maison	<p>15. Indiquer le trimestre de l'année pour lequel la facture Sonelgaz est la plus élevée.</p> <p>1<sup>er</sup> trimestre <input type="checkbox"/></p> <p>2<sup>ème</sup> trimestre <input type="checkbox"/></p> <p>3<sup>ème</sup> trimestre <input type="checkbox"/></p> <p>16. Pour ce trimestre et comparé à une maison « moderne /en béton », pensez-vous que la facture Sonelgaz de votre maison est</p> <p>plus élevée <input type="checkbox"/></p> <p>moins élevée <input type="checkbox"/></p>
Réhabilitation thermique nécessaire selon l'occupant	Travaux de réhabilitation	Types de travaux d'isolation thermique	<p>17. Votre maison a-t-elle subit des travaux : Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/></p> <p>Si oui lesquels :</p> <p>Aménagement intérieur <input type="checkbox"/></p> <p>Isolation des murs <input type="checkbox"/></p> <p>Isolation du toit <input type="checkbox"/></p> <p>Etanchéité du toit <input type="checkbox"/></p>

			<p>Autre..... <input type="checkbox"/></p> <p>18. A votre avis, quels travaux seraient nécessaires pour améliorer le confort thermique de votre maison ? Isolation des murs</p> <p>Isolation du toit <input type="checkbox"/></p> <p>Etanchéité du toit <input type="checkbox"/></p> <p>Double vitrage <input type="checkbox"/></p> <p>Autre.....</p>
<p>La valeur de la maison traditionnelle pour ses occupants</p>	<p>La valeur subjective de la maison</p>	<p>Valeur du patrimoine et du confort</p>	<p>19. Que représente votre maison pour vous :</p> <p>Un patrimoine confortable qu'il faut préserver</p> <p>Un patrimoine non confortable qu'il faut réhabiliter <input type="checkbox"/></p> <p>Une vieille maison non confortable qu'il faut démolir <input type="checkbox"/></p> <p>Autre..... <input type="checkbox"/></p> <p>20. Préférez-vous habiter dans une maison moderne au lieu de cette maison traditionnelle ? Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/></p> <p>21. Si oui, pourquoi ?</p> <p>Pas assez spacieuse <input type="checkbox"/></p> <p>Trop humide <input type="checkbox"/></p> <p>Pas assez confortable en hiver <input type="checkbox"/></p> <p>Pas assez confortable en été <input type="checkbox"/></p> <p>22. Si non, citez le principal attrait de votre maison traditionnelle</p> <p>Confortable en hiver <input type="checkbox"/></p> <p>Confortable en été <input type="checkbox"/></p> <p>Economique (ne consomme pas assez d'énergie) <input type="checkbox"/></p> <p>Autre..... <input type="checkbox"/></p>

#### 4.3.4 Réalisation de l'enquête par questionnaire

Dans notre cas, notre entretien a été conduit avec l'unique habitant de la maison étudiée qui est une personne de sexe féminin âgée de 60 ans.

La dame a directement accepté de nous accueillir au sein de sa maison et de répondre aux différentes questions, L'enquête par questionnaire s'est faite dans les espaces, objet de notre évaluation choisies, afin qu'elle puisse nous expliquer en parallèle de ces réponses aux questions.

Nous avons été muni du questionnaire avec un bloc note pour noter toute information supplémentaire, la dame été également muni d'un questionnaire similaire et un traducteur été présent à ses côtés car la dame ne parlait que kabyle et le questionnaire été en français, le traducteur faisait l'interlocuteur entre nous et la dame.

La dame a répondu à toutes les questions et nous expliquait chaque chose en le démontrant dans la maison. Il n'y a pas eu de questions supplémentaires car le questionnaire a été réfléchi de manière à ce que les questions soient faites chacune dans un but précis et selon un ordre précis pour arriver à une réponse concrète à la fin. Les questions ont touché tous les points qui étaient en relation avec le confort thermique de la maison vernaculaire kabyle.

#### 4.4 Résultats du questionnaire

Le questionnaire, outil d'analyse qualitative, nous a permis de faire ressortir des résultats concernant l'appréciation des personnes qui habitent la maison vernaculaire notre cas d'étude.

La maison est habitée actuellement par une femme uniquement, plusieurs axxam devenue une seule maison, nous avons donc posé des questions à cette femme selon des objectifs précis, ces objectifs se résument au confort thermique de la maison selon l'occupant, L'efficacité énergétique de la maison selon l'occupant, la réhabilitation thermique nécessaire selon l'occupant et enfin La valeur de la maison traditionnelle pour ses occupants, les réponses étaient comme suit :

Le confort thermique de la maison selon l'occupant

1. Depuis quand vivez-vous dans cette maison ?

J'habite dans cette maison depuis 40 ans.

2. Etes-vous locataire ou propriétaire ?

Mon mari fait partie des propriétaires de cette maison.

3. Indiquez le nombre de personnes habitants cette maison : Adultes / Enfants

Pour le moment j'habite seule,

4. Connaissez- vous la date de construction de cette maison ?

Oui, cette maison date de l'année 1940.

5. En hiver, êtes-vous satisfait du confort thermique dans votre maison ? Oui / non

Oui, en hiver je suis satisfaite du confort thermique de la maison.

6. Comment évaluez-vous le confort thermique de votre maison ?

En présence de kanoun, le confort thermique de la maison est très bien.

L'efficacité énergétique de la maison selon l'occupant

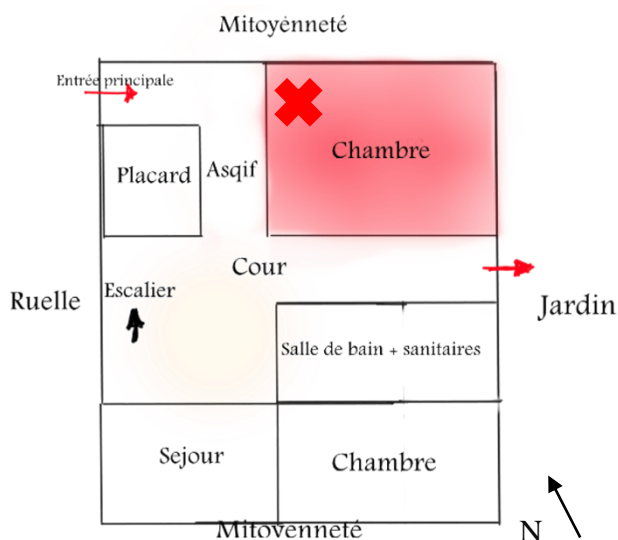
7. Avez-vous vécu dans une maison « moderne » ? Oui /Non

Non, je n'ai jamais vécu dans une maison moderne.

8. Si oui, comparé à une maison moderne, trouvez-vous que la maison traditionnelle en hiver est : plus froide / plus chaude

X

9. Indiquez sur le plan la zone la plus confortable de votre maison ?



10. Quelle est la zone la plus chaude de votre maison ?

La chambre du RDC est la zone la plus chaude de la maison.

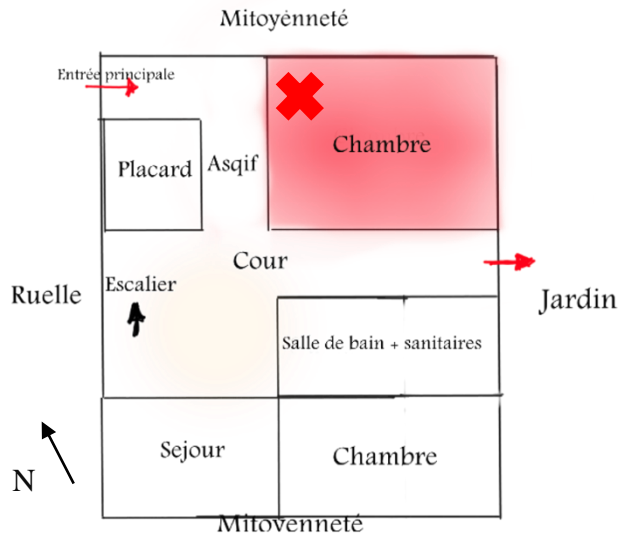


Figure 70 Schémas en plan de l'emplacement de la chambre du RDC (source : auteur)

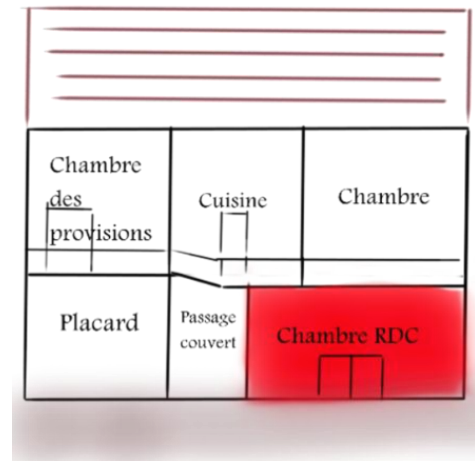


Figure 69 Schémas en façade de l'emplacement de la chambre du RDC (source : auteur)

11. Quelle est la zone la plus froide de votre maison ?

La chambre du 1<sup>er</sup> étage réservée aux provisions.

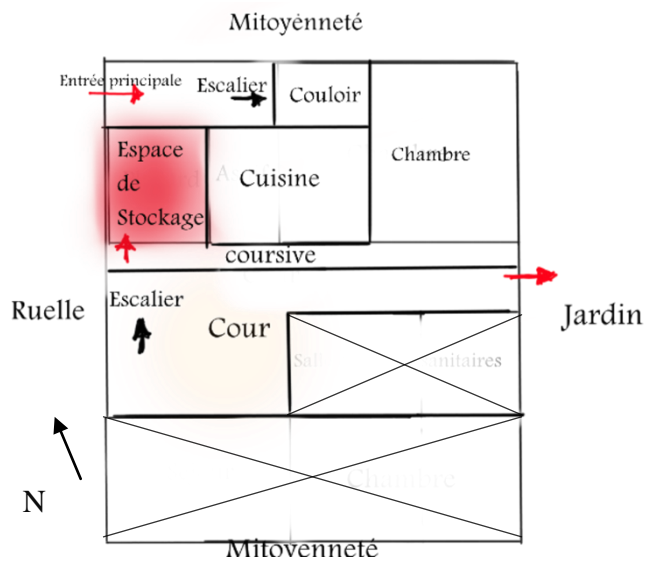


Figure 72 Schémas en plan de l'emplacement de lu local de stockage (source : auteur)

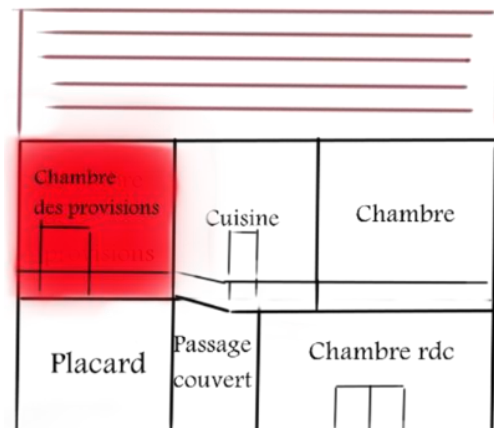


Figure 71 Schémas en façade de l'emplacement de lu local de stockage (source : auteur)

12. Durant la période froide hivernale, sans l'utilisation de chauffage, comment évaluez-vous votre degré d'habillement ?

Sans kanoun, on s'habille chaudement à l'intérieur de la maison.

13. Pendant l'hiver avez-vous besoin d'allumer le chauffage ? Oui / non

Oui, durant la période hivernale, j'ai besoin d'allumer le kanoun.

14. Si oui, pour quels mois de l'année ? J/F/M/A/M/J/J/A/S/O/N/D

Novembre, décembre, janvier, février, mars.

15. Indiquer le trimestre de l'année pour lequel la facture gaz / électricité est la plus élevée.  
1/2/3

Il n'y a pas de mois où j'utilise plus d'électricité, car en hiver je chauffe grâce à l'utilisation d'un Kanoun avec du bois donc il n'y a pas de consommation d'énergie plus élevée, la consommation d'électricité est identique à tous les mois elle revient à 2000 DA.

16. Pour ce trimestre et comparé à une maison « moderne /en béton », pensez-vous que la facture Sonelgaz de votre maison est plus élevée ou moins élevée ?

Je n'ai jamais vécu dans une maison moderne, cependant je suppose que la facture d'électricité de ma maison est moins élevée que la maison moderne, car nos pratiques minimisent au maximum l'utilisation d'électricité, alors que la maison moderne utilise beaucoup d'électricité pour chauffer et ventiler.

17. Votre maison a-t-elle subi des travaux : oui/ non, si oui lesquels : précisez Aménagement intérieur, Isolation des murs, Isolation du toit, Etanchéité du toit ou autres.

Oui, notre maison a subi, par le passé, des travaux d'aménagement intérieur.

18. A votre avis, quels travaux seraient nécessaires pour améliorer le confort thermique de votre maison ?

Isolation des murs

Isolation du toit

Etanchéité du toit

Double vitrage

Autre.....

La maison n'a pas besoin de travaux pour améliorer le confort thermique, car celle-ci est faite à base de matériaux offrant un confort thermique sans utilisation de techniques de chauffage coûteuses.

19. Que représente votre maison pour vous :

Un patrimoine confortable qu'il faut préserver

Un patrimoine non confortable qu'il faut réhabiliter

Une vieille maison non confortable qu'il faut démolir

Autre .....

La maison représente un patrimoine non confortable d'un point de vue dimension (celle-ci n'est pas assez spacieuse) et aménagement des espaces. C'est un patrimoine qu'il faut réhabiliter, ceci est dû au manque de moyens financiers.

20. Préférez-vous habiter dans une maison moderne au lieu de cette maison traditionnelle ?  
Oui / non

Oui, je préfère habiter dans une maison moderne.

21. Si oui Pourquoi

Pas assez spacieuse

Trop humide

Pas assez confortable en hiver

Pas assez confortable en été

Réponse : Je préfère habiter dans une maison moderne car ma maison n'est pas assez spacieuse pour bien vivre.

22. Si non Citez le principal attrait de votre maison traditionnelle

Confortable en hiver

Confortable en été

Economique (ne consomme pas assez d'énergie)

Autre.....

Bien que la réponse était oui à la question précédente, l'occupant a précisé que : le principal attrait de ma maison traditionnelle c'est qu'elle ne consomme pas beaucoup d'énergie en été comme en hiver.

#### 4.5 Discussion des résultats du questionnaire

L'espace le plus confortable de la maison est la chambre, en hiver lorsque celle-ci est chauffée au poêle à bois (kanoun). L'espace le plus froid et moins confortable est l'espace de stockage situé à l'étage. La chambre est chauffée durant les saisons d'automne et d'hiver, de novembre à mars. Sans la chaleur du poêle, l'occupant dit avoir besoin de s'habiller chaudement dans les autres espaces de la maison durant ces saisons. L'occupant pense que sa maison est assez bien isolée thermiquement et ne nécessite pas de réhabilitation. Elle n'estime que le seul attrait de sa maison et qu'elle ne consomme pas d'énergie pour le chauffage ou la climatisation comparée à une maison moderne, même si l'occupant dit ne pas avoir déjà vécu

dans une maison « moderne ». Toutefois, Bien qu'elle apprécie le confort de sa maison, elle souhaite habiter dans une maison moderne pour des raisons liées plus à la qualité et dimension de l'espace qu'au confort thermique.


#### 4.6 Evaluation du confort par campagne de mesure

La campagne de mesure sert à évaluer le confort thermique de la maison. Elle consiste à prendre, à l'aide d'appareils de mesure thermique, des mesures in situ de la température et de l'humidité. Notre objectif est de vérifier si notre cas d'étude est confortable et ne nécessite pas de chauffage en hiver ni de climatisation en été. Cette vérification se fait par la comparaison des résultats de la mesure avec les normes de confort thermique en Algérie pour les régions. Notre zone d'étude est classé zone H1b littoral avec une altitude >1500, les limites de confort pour cette zone en hiver température entre 20 e24°C et humidité relative entre 20% et 70%.

Les mesures ont été faites sur deux espaces de la maison. Une chambre située au RDC qui a été modifiée par le passé, et un deuxième espace situé au premier niveau et recouvert d'une double toiture en tuile. Il est utilisé comme un espace de stockage des approvisionnements.

##### 4.6.1 Protocole de mesure

Tableau 4 Protocole de mesure (source : auteur)

<p>-Outil de mesure</p>	<p>appareil de mesure de la température en C° et en F° et humidité en %</p> <p>marque : lutron ht-3004</p>  <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Humidité - capteur capacitif de film de précision.</li> <li>2. Température - capteur de température de thermocouple de type K, réponse rapide;</li> <li>3. Humidité: 10% - 95% RH</li> <li>4. Température: 0 °C à 60 °C</li> </ol>
-------------------------	---

Qu'allons-nous mesurer	La température et l'humidité d'une maison vernaculaire kabyle à différents points de la maison, ceci nous permettra de localiser la zone thermique la plus confortable d'une part mais aussi de vérifier la conformité de l'espace par rapport aux normes de confort thermique de la zone d'étude.
Déroulement des prises de mesure	<ul style="list-style-type: none"> <li>-En 1<sup>er</sup> lieu sélectionner les points de la maison sur lesquels se feront les mesures</li> <li>-Commencer par le 1<sup>er</sup> point en tenant l'appareil dans la main tout en le gardant debout, mesurer l'humidité puis la température, répéter la même opération avec les autres points choisis et enregistrer les résultats.</li> <li>- refaire l'opération à différentes heures de la journée (à l'aube, la matinée, à midi, l'après-midi, le soir)</li> <li>- tracer un diagramme de l'évolution de l'humidité et de la température.</li> </ul>
Saison	hiver
Date	29 décembre 2017 26 Mars 2018
Intervalle de temps	Mesures prise à 12h21 et à 18h58 Mesures prise à 10h55 et à 18h47

#### 4.6.2 Campagne de mesure chambre du RDC

La chambre du RDC est un espace qui est actuellement le lieu de vie principale de la maison, Celui-ci est accolé à une autre maison, il est constitué de murs en pierre d'une largeur de 65 cm, et d'un plancher à voutain, constitué uniquement de deux ouvertures, une fenêtre de petite dimension et une porte d'entrée.

La pièce du RDC contient 3 façades aveugles et une façade avec une porte d'entrée et une petite fenêtre, cette pièce donne directement vers la cour de la maison soit amrah, la façade Sud-Est est aveugle et donne vers le jardin de la maison, la façade Nord-Est est aveugle et

accollée aux voisins , la façade Nord-Ouest est également aveugle et donne vers asquif et la façade principale qui est au Sud-Ouest et qui présente deux ouvertures soit la porte et la fenêtre donne vers la cour dite amrah .

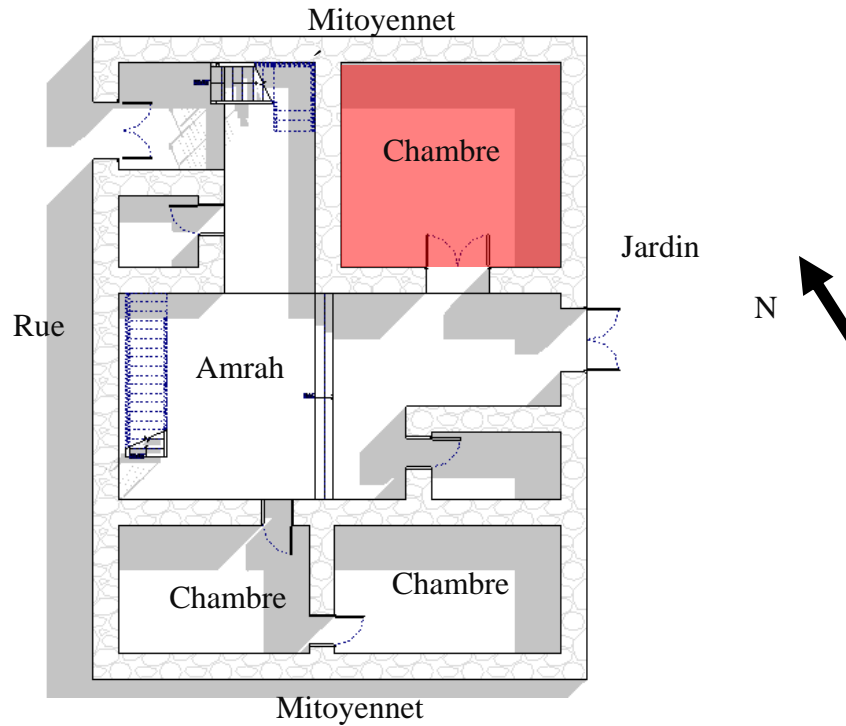


Figure 73 : Schémas du RDC de la maison précisant l'emplacement de la chambre mesurée par l'appareil lutron (source : auteur)

### Chambre du rdc

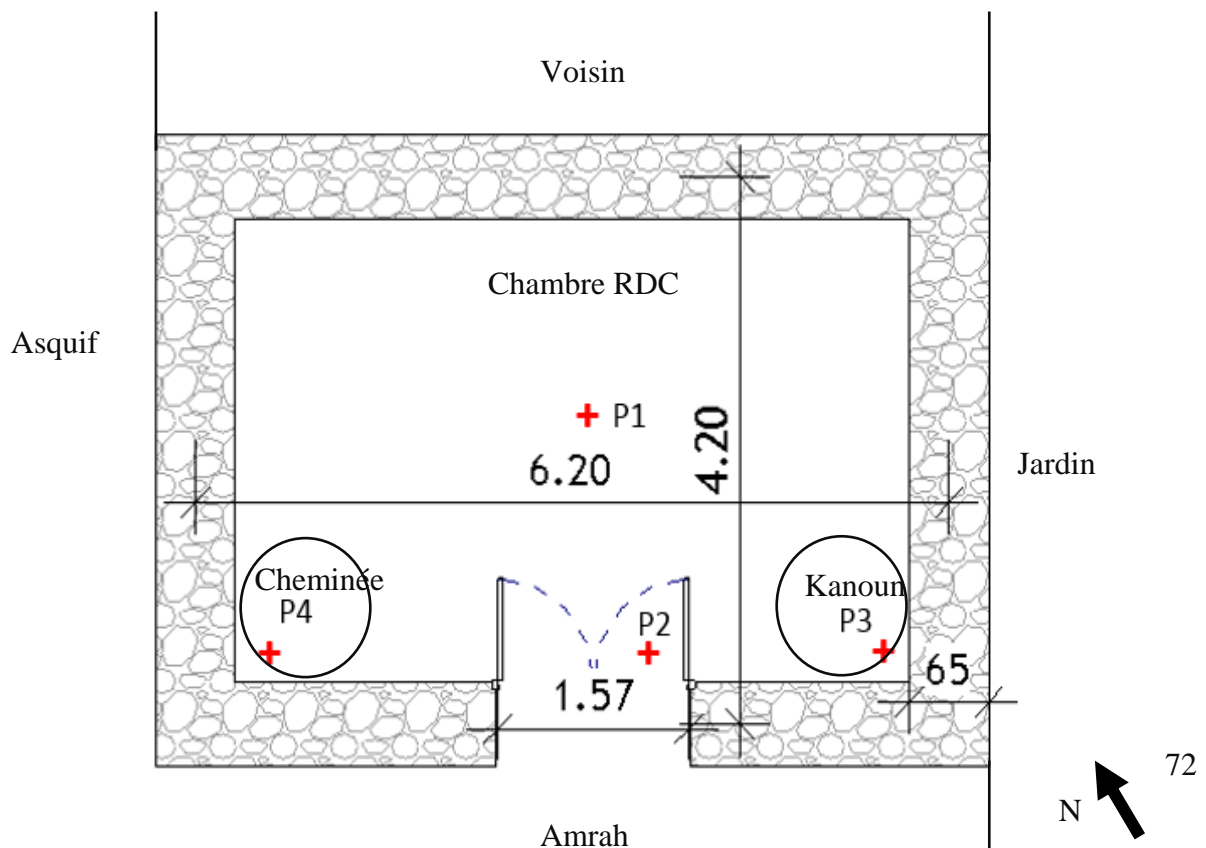


Figure 74: plan de chambre du RDC avec Le logiciel Autodesk revit, échelle 1/50 EME (source :auteur)

Pour ce qui est de la chambre du RDC, nous avons placé nos points de mesures comme suit :

1. Le P1 est placé au centre de la chambre, donc la partie la plus utilisée dans cet espace, ce point nous informera sur la température et l'humidité relative que peut avoir cette pièce.
2. Le P2 a été placé à côté de la porte d'entrée, donc le point le plus proche de l'extérieur, soit la source la plus froide.
3. Le P3 a été placé à l'emplacement du kanoun actuel, afin de voir la capacité de celui-ci dans le réchauffement de cette pièce.
4. Le P4 a été placé à l'ancien endroit de la cheminée.

L'ensemble des mesures ont été prises à des points différents afin de voir si cet espace offre un confort thermique à l'utilisateur.

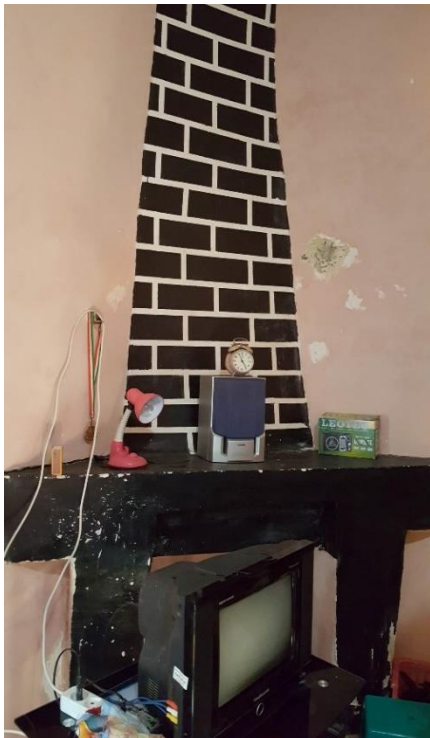


Figure 77: Figure : Cheminée de la chambre, (source auteur)



Figure 76: el kanoun (poêle à bois) de la chambre, (source auteur)



Figure 75: espace pour dormir (source auteur)

La maison contient au premier niveau une pièce de stockage des provisions de toute l'année, cette pièce n'a pas subi de modifications au fil des années , elle est constituée d'un mur en pierre épais de 65 cm ,et d'une double toiture en tuile ,revêtue à l'intérieur de rondins de bois et des roseaux , elle contient uniquement une porte comme ouverture , cette pièce en différence de la chambre , n'est pas une pièce de vie , elle est réservée uniquement au stockage des réserves , ce qui fait que celle-ci n'est pas chauffée en hiver avec le kanoun.

#### 4.6.3 Campagne de mesure du confort du local de stockage

Le local de stockage contient également trois façades aveugles et une façade avec une porte, les trois façades aveugles sont orientées, Sud-est accolée à la cuisine, Nord-Ouest donne vers la rue, Nord-est donne vers asquif, la façade principale qui possède une ouverture est orientée Sud-ouest.

On accède à cette chambre à partir d'amrah par des escaliers.

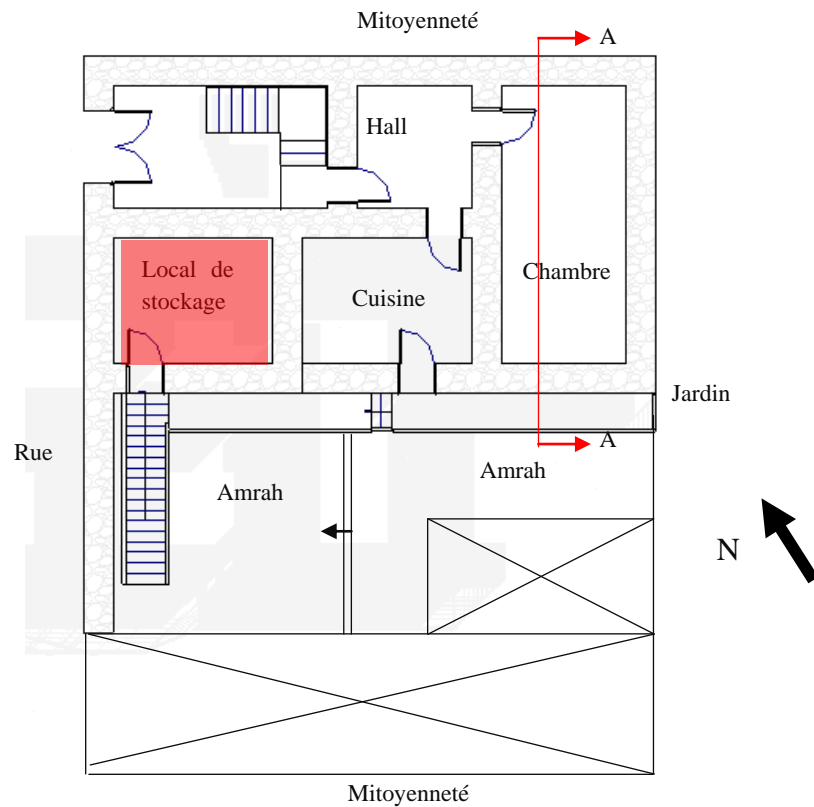


Figure 78: Schémas du 1er étage de la maison précisant l'emplacement de l'espace de stockage mesurée par l'appareil lutron (source :auteur )

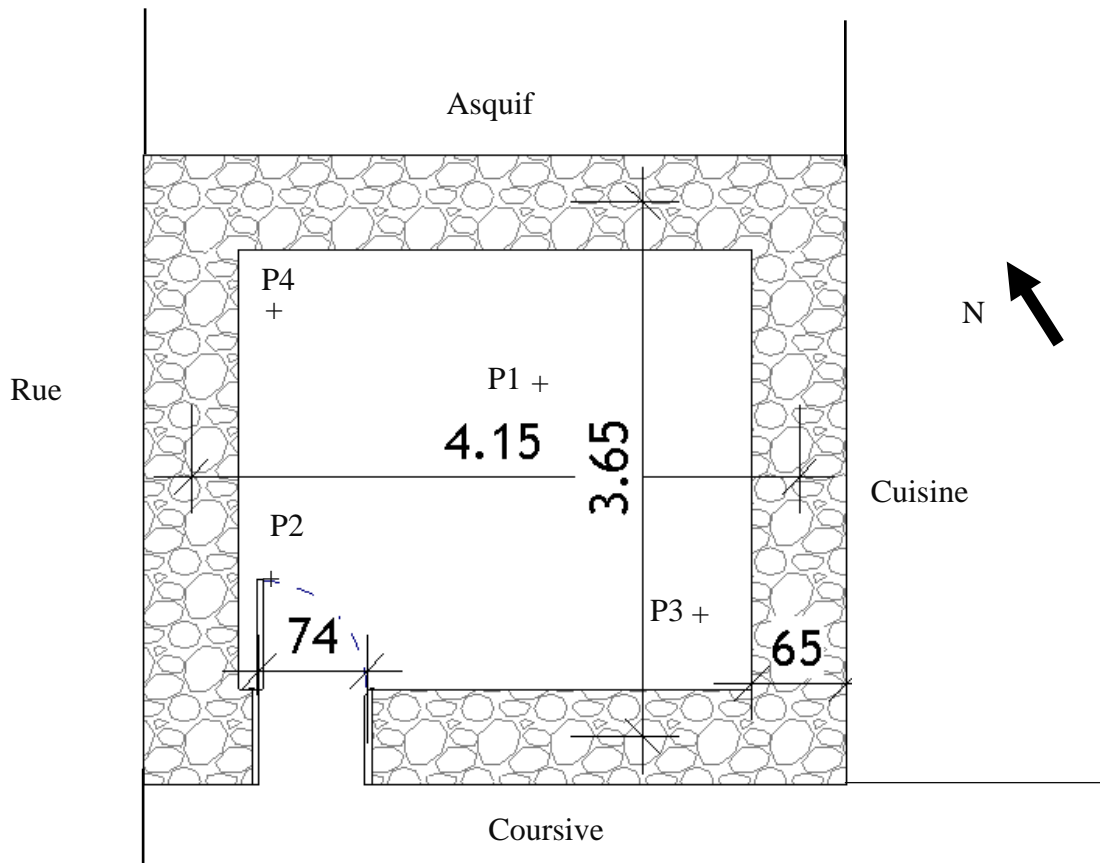


Figure 79: Plan de la chambre de stockage avec Le logiciel Autodesk revit, échelle (source : auteur)

La campagne de mesure pour la chambre de stockage a été faite de la même manière, les points de mesures ont été choisis de manière stratégique soit :

1. Le point P1 est placé au centre de la chambre, cette mesure nous indiquera sur la température et l'humidité relative de la chambre
2. Le point P2 a été placé à côté de la porte en contact direct avec l'extérieur, soit le point le plus froid.
3. Les points P3 et P4 ont été placé aux deux coins extrêmes de la chambre.

Nous comparerons, par la suite, les différentes mesures et nous déduirons si cet espace offre un confort thermique à l'habitant par rapport aux normes de confort thermique en Algérie plus précisément dans la zone H1b littoral.



Figure 80: Vue intérieure de la chambre de stockage (source auteur)



Figure 81: Chambre de stockage (source auteur)



Figure 82: Vue sur la toiture de la chambre de stockage (source auteur)

#### 4.6.4 La campagne de mesure

La campagne de mesure fait partie des outils les plus importants de notre recherche. Elle a pour objectif de nous donner des informations objectives et précises sur la qualité thermique de la maison, et ce grâce aux mesures in situ de la température et de l'humidité, entre les espaces intérieurs et extérieurs, et en présence ou absence de chauffage. Nous ferons par la suite un croisement entre les résultats du questionnaire et la campagne de mesure afin de confirmer ou infirmer nos hypothèses.

Nous présentons donc les résultats de notre mesure dans chaque pièce et à différentes heures de la journée :

#### 4.6.5 La chambre du RDC (chambre à coucher) :

Nous avons pris des mesures à différentes heures de la journée, ceci a été choisi selon le changement de température extérieur, et à différents points de la pièce par rapport à l'emplacement du kanoun et à la porte d'entrée, donc par rapport au rapprochement ou l'éloignement de la source la plus chaude (le kanoun) et la source la plus proche de l'extérieur (la porte) , le point P4 a été placé au coin gauche de la chambre car à cet endroit il y'a l'emplacement de la cheminée qui était fonctionnelle auparavant .

Nous avons donc inscrit les résultats dans un tableau, présentant les heures de mesure et l'emplacement des points.

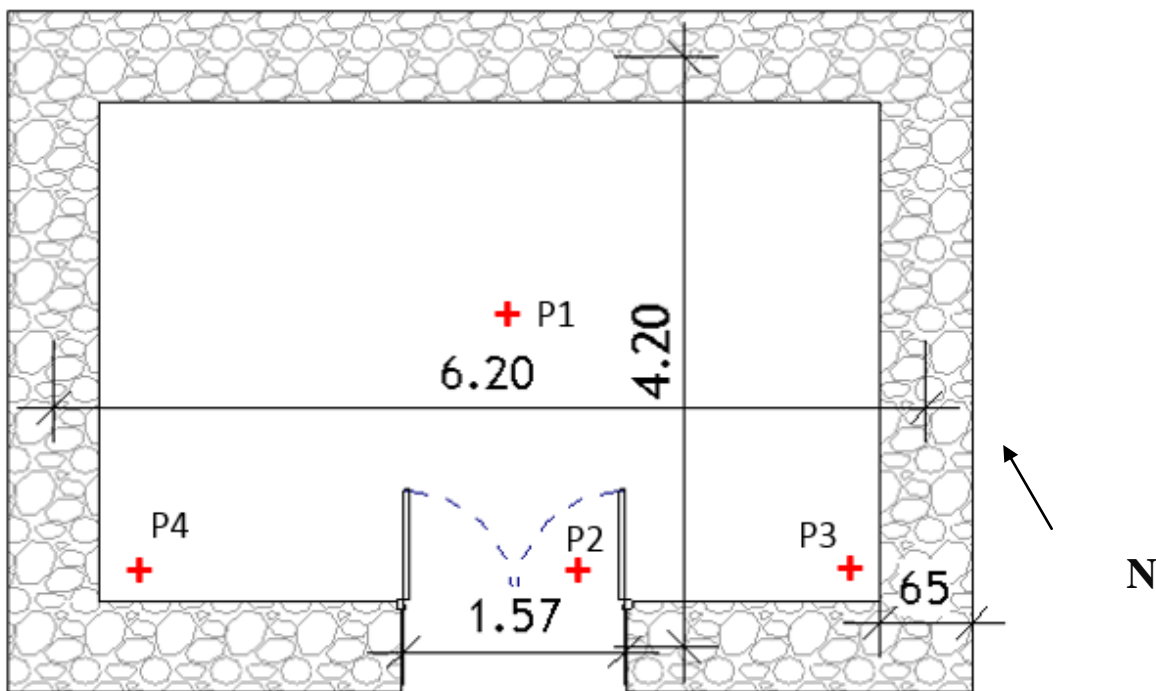


Figure 83 plan de chambre du rdc échelle 1/50 eme (source :logiciel REVIT par auteur )

**Campagne de mesure de la chambre mois de décembre 2017**

Les premières mesures ont été prises le 27 décembre 2017, les mesures ont été inscrites dans un tableau comme suit :

1. La première mesure de la journée a été prise à **T1 : 12h21**, la chambre n'était pas chauffée, la porte de la chambre était ouverte, et la température extérieure était de 15,6 C° avec une humidité de 51.6 %, Le ciel était clair et le temps été ensoleillé, la lumière du soleil entrainait à l'intérieur des espaces.

Tableau 5 Mesures température et humidité de la chambre du RDC 27 décembre 2017 à 12h21(source : auteur)

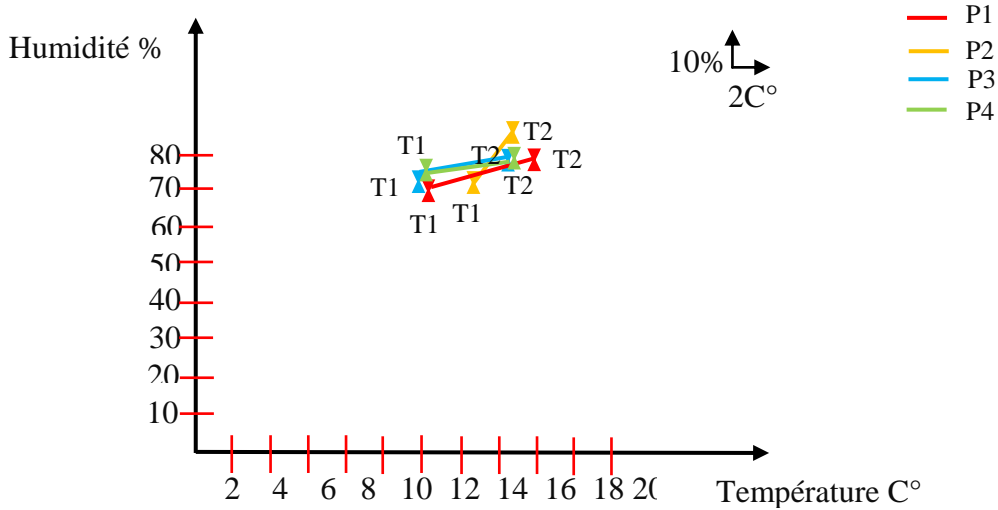
Points	P1	P2	P3	P4	Extérieur	Limite de confort zone H1b
Température (C°)	17.5	14.3	15	15	15,6	20-24
Humidité %	52.8	52.5	52.7	52.8	51.6	20-70

La deuxième mesure de la journée a été prise à **T2 : 18h58** la chambre était chauffée avec une Température extérieur de 11,7 C°, et une humidité 56,6 %, à cette heure-ci il faisait nuit, le ciel été dégagé.

Tableau 6 Mesures température et humidité de la chambre du RDC 26 mars 18h58 (source : auteur)

Points	P1	P2	P3	P4	Extérieur	Limite de confort zone H1b
Température (C°)	19.5	19.2	20.2	19.3	11,17	20-24
Humidité %	67.2	57,5	57,5	58	56,6	20-70

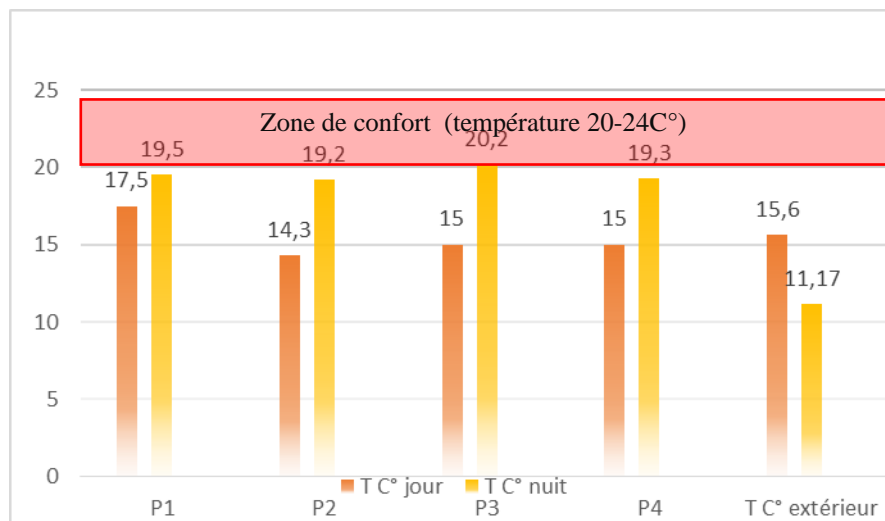
Nous sommes donc ressortis avec le graphe suivant de la température et de l'humidité à T1 et T2 de la journée pour chaque point :



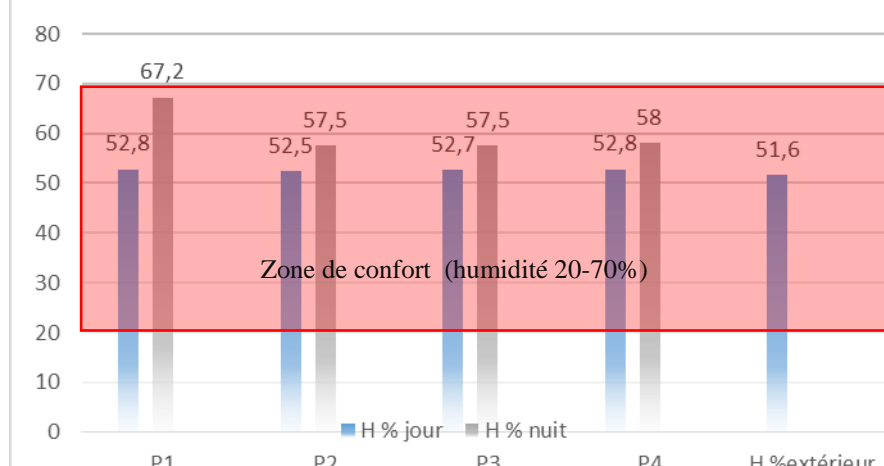
Graph 1 graphe de la température et de l'humidité à T1 et T2 pour tous les points (source : auteur)

A Travers le graphe de la température et de l'humidité T1 et T2, pour tous les points, nous arrivons à lire que la différence de température entre le jour et la nuit des espaces intérieurs est de 6 C° et d'une humidité de 4%.

Puis nous avons comparé les résultats avec la limite du confort de la zone H1b pour la température et pour l'humidité dans les graphes suivants :



Graph 2 graphe de la température la nuit et le jour par rapport à la limite du confort de la zone H1b (source : auteur)



Graph 3 graphe de l'humidité la nuit et le jour par rapport à la limite du confort de la zone H1b (source : auteur)

Nous remarquons à travers le graphe, que la température varie entre 14.3 C° et 20.2 C° et l'humidité entre 52.5 et 67.2 % entre le jour et la nuit, la température atteint le confort le soir en présence du kanoun , et l'humidité est dans la limite du confort à tous les points, toute la journée soit entre 20% et 70 %.

#### 4.6.6 Campagne de mesure de la chambre mois de Mars 2017

Les deuxièmes mesures ont été prises le 26 mars 2018 et les mesures ont été inscrites dans un tableau comme suit :

1. La première mesure de la journée a été prise à 10h55, la chambre était non chauffée le jour même (celle-ci été chauffée la veille) avec une température extérieur de 3.9 C° et une humidité de 55 %, le ciel était clair et ensoleillé

Tableau 7 Mesures température et humidité de la chambre du RDC 26 mars 10h55(source : auteur)

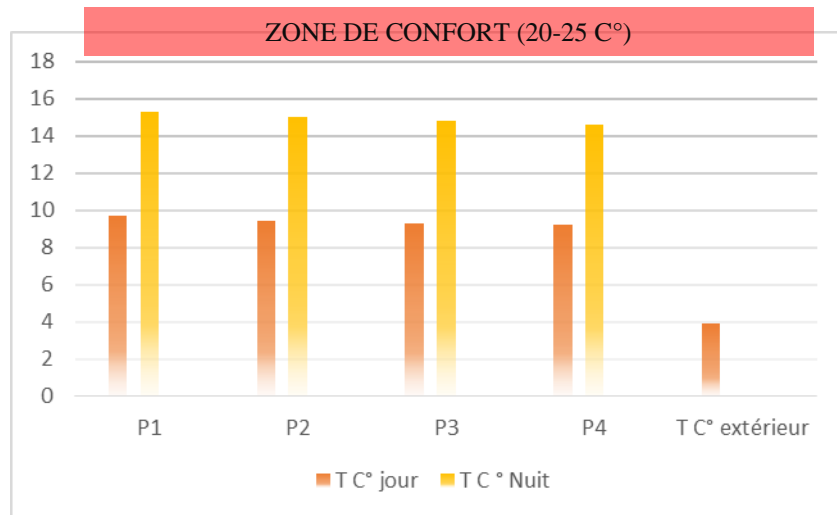
Points	P1	P2	P3	P4	Extérieur	Limite de confort zone H1b
Température (C°)	9,7	9,4	9,3	9,2	3.9	20-24
Humidité %	56	56.7	56.2	56.5	55	20-70

2. La deuxième mesure de la journée a été prise à 18h47, le kanoun venait à peine d'être allumé 45 min avant les mesures, lors de la mesure, la porte était fermée, avec une Température extérieur de 6,5 C° avec une humidité de 56 %

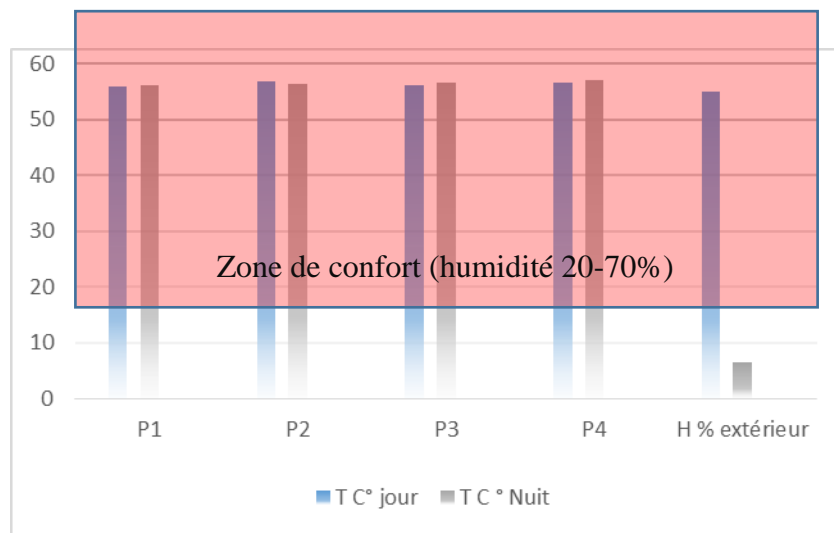
Tableau 8 Mesures température et humidité de la chambre du RDC 26 mars 18h47 (source : auteur)

Points	P1	P2	P3	P4	Extérieur	Limite de confort zone H1b
Température (C°)	15.3	15	14.8	14.6	6.5	20-24
Humidité %	56.1	56.3	56.5	57	56	20-70

Puis nous avons comparé les résultats avec la limite du confort de la zone H1b pour la température et pour l'humidité dans les graphes suivants :



Graph 4 graphe de la température la nuit et le jour par rapport à la limite du confort de la zone H1b (source : auteur)



Graph 5 graphe de l'humidité la nuit et le jour par rapport à la limite du confort de la zone H1b (source : auteur)

Nous remarquons à travers le graphe, que la température varie entre 9.2 C° et 15.3 C° et l'humidité entre 55 et 57 % entre le jour et la nuit, Le kanoun venait à peine d'être allumé (45min avant prise de mesure ) la température n'avait pas encore atteint le confort thermique , et la différence de température à ce moment entre l'intérieur et l'extérieur été de 9C° alors que le kanoun venait à peine d'être allumé ( 45min ) ce qui prouve que lorsque le kanoun est allumé pendant plus de 45 min l'espace intérieur atteint le confort thermique .

Tandis que le taux d'humidité reste dans les normes et atteint le confort thermique.

Après avoir fait les deux mesures en décembre et en mai nous ressortons avec les schémas qui représente la dispersion de la chaleur dans la chambre (l'espace le plus foncé est le plus chaud)

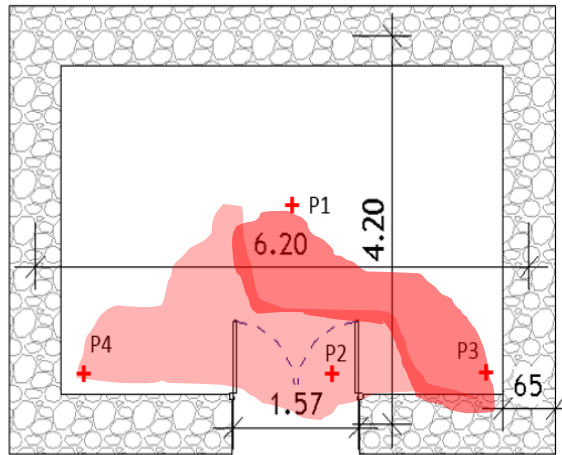


Figure 84 Schémas de la dispersion de la chaleur dans la chambre (source: auteur)

### Le local de stockage des provisions, du 1<sup>er</sup> niveau

Les mesures ont été prises de la même manière que la chambre du RDC, nous avons mesuré la température et l'humidité de la chambre des provisions à différentes heures de la journée et à différents points de la chambre, les résultats ont été par la suite inscrit dans un tableau et ont été représentés par un graphe.

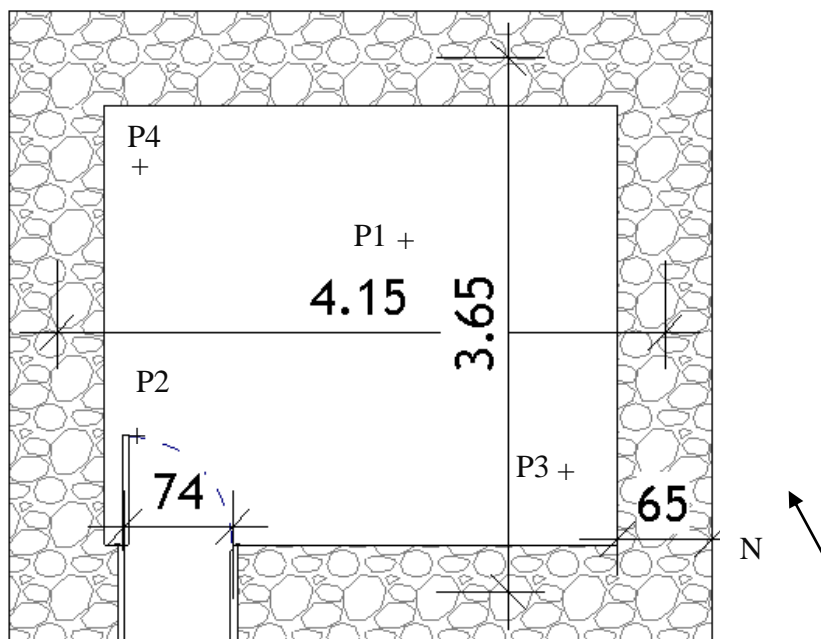


Figure 85 plan de la chambre de stockage échelle 1/50 ème (source : auteur)

Les premières mesures ont été prises le 27 décembre 2017, les mesures ont été inscrites dans un tableau comme suit :

1. La première mesure a été prise à T1 : **12h30**, la chambre n'était pas chauffée et la température extérieure été de 15,6 C° avec une humidité de 50%, le ciel été dégagé et ensoleillé.

Tableau 9 Mesures température et humidité du local de stockage 27 décembre 2017 à 12h30(source : auteur)

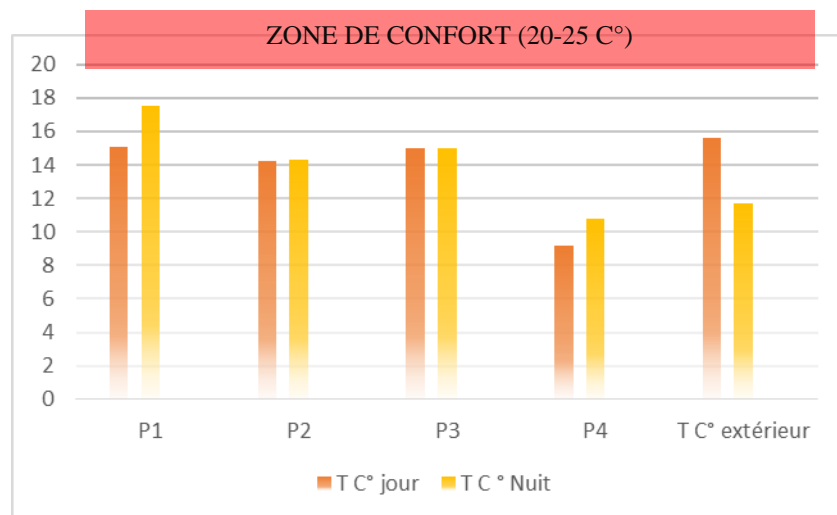
Points	P1	P2	P3	P4	Extérieur	Limite de confort zone H1b
Température (C°)	15.1	14.2	15	13.3	15.6	20-24
Humidité %	47.7	50.2	50.1	50.8	50	20-70

1. La deuxième mesure a été prise à **T2 : 19h05** la chambre n'était pas chauffée et la température extérieur été de avec 11,7 C° une humidité de 56,6 %.

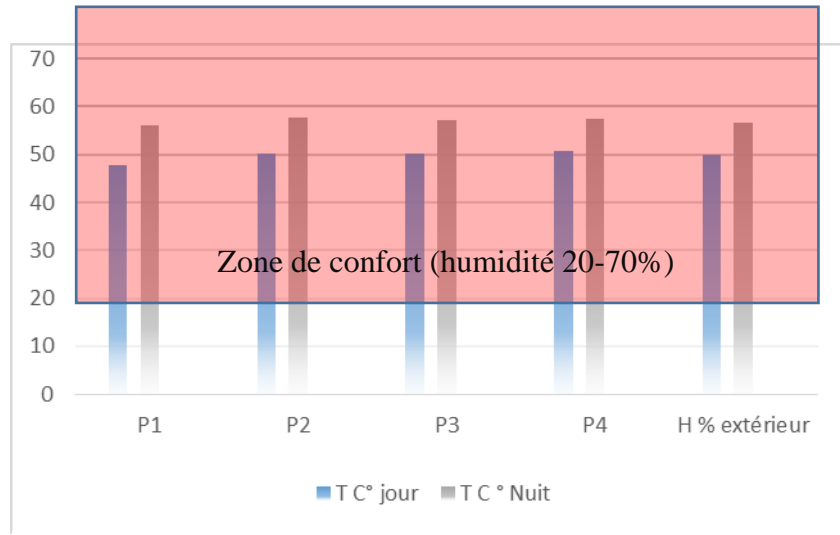
Tableau 10 Mesures température et humidité du local de stockage 27 décembre 2017 à 12h30(source : auteur)

Points	P1	P2	P3	P4	Extérieur	Limite de confort zone H1b
Température (C°)	17.5	14.3	15	10.8	11.7	20-24
Humidité %	56.9	57.8	57.2	57.4	56.6	20-70

Nous sommes ressortis avec les deux graphes suivants qui représentent l'évolution de la température et de l'humidité dans la journée par rapport à la norme du confort thermique



Graph 6 graphe de la température la nuit et le jour par rapport à la limite du confort de la zone H1b (source : auteur)



Graph 7 graphe de l'humidité la nuit et le jour par rapport à la limite du confort de la zone H1b du local de stockage (source : auteur)

Après lecture des graphes de la température et de l'humidité , nous constatons que le local de stockage a une humidité qui s'inscrit dans la zone de confort , et une température qui n'atteint pas la zone de confort mais n'est pas loin de celle-ci soit une température max de 17,5 C° alors qu'il n'y a pas de poêle , ceci nous mène à dire que cette température est due à l'orientation de la pièce Sud-ouest .

Les deuxièmes mesures ont été prises le 26 mars 2018 et les mesures ont été inscrites dans un tableau comme suit :

1. La première mesure a été prise à **T1 : 11h05**, la chambre n'était pas chauffée, et la température extérieure était de 3,9 C° avec une humidité de 55%, le ciel était clair et ensoleillé.

Tableau 11 Mesures température et humidité du local de stockage 26 mars 2018 à 11h05(source : auteur)

Points	P1	P2	P3	P4	Extérieur	Limite de confort zone H1b
Température (C°)	5.6	5.6	5.5	5.4	3.9	20-24
Humidité %	55.8	56.7	56.3	56	55	20-70

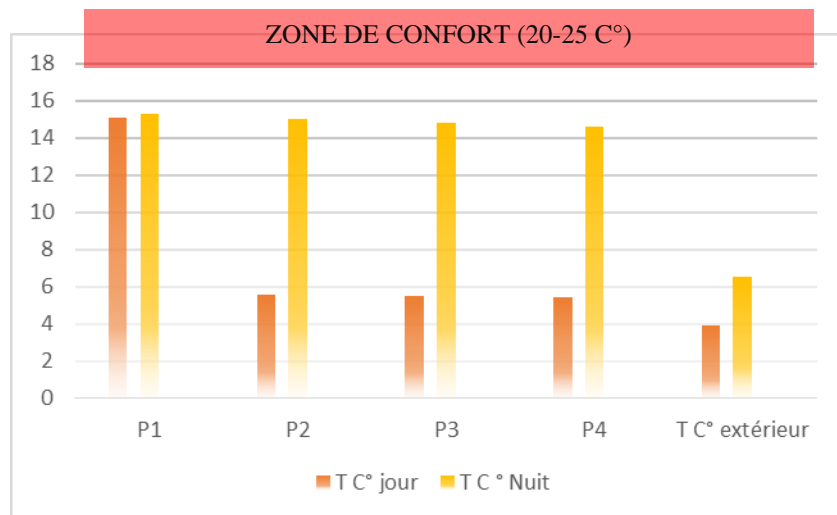
2. La deuxième mesure a été prise à **T2 : 19h** la chambre n'était pas chauffée et la température extérieure était de 6,5 C° avec une humidité de 56 %

Tableau 12 Mesures température et humidité du local de stockage 26 mars 2018 à 19h (source : auteur)

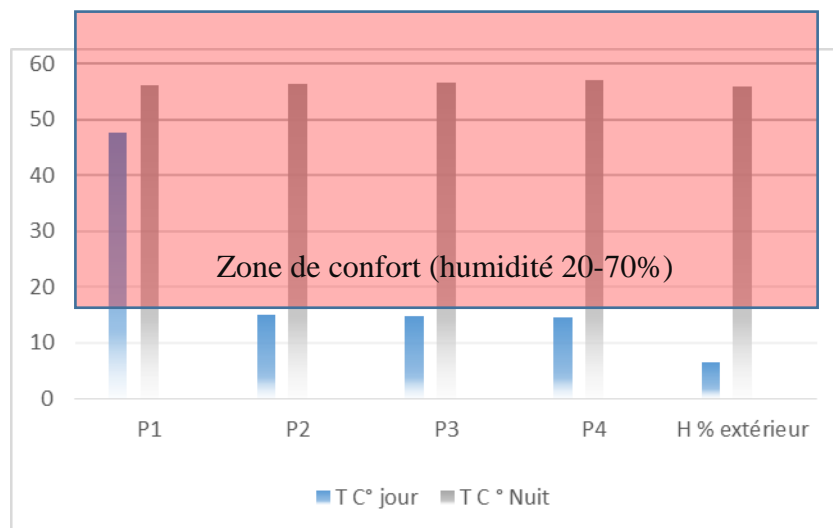
Points	P1	P2	P3	P4	Extérieur	Limite de confort zone

						H1b
Température (C°)	15.3	15	14.8	14.6	6.5	20-24
Humidité %	56.1	56.3	56.5	57	56	20-70

Nous sommes ressortis avec les deux graphes suivants qui représentent l'évolution de la température et de l'humidité dans la journée par rapport à la norme du confort thermique



Graphe 8 graphe de la température la nuit et le jour par rapport à la limite du confort de la zone H1b du local de stockage (source : auteur)



Graphe 9 graphe de l'humidité la nuit et le jour par rapport à la limite du confort de la zone H1b du local de stockage (source : auteur)

Après analyse des graphes, nous remarquons que le local de stockage atteint la zone de confort à tous les points, et que celui-ci n'atteint pas la zone de confort mais la température intérieur est supérieur à celle de l'extérieur et ceci grâce à l'orientation de la pièce Sud-Ouest.

Avoir fait les deux mesures en décembre et en mai nous ressortons avec les schémas qui représente la dispersion de la chaleur dans la chambre (l'espace le plus foncé est le plus chaud)

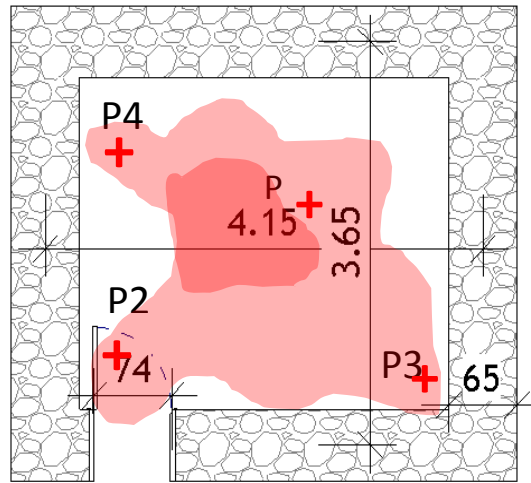


Figure 86 Schémas de la dispersion de la chaleur dans le local de stockage (source : auteur)

#### 4.7 Discussion des résultats de la campagne de mesures

Nous avons conduit une campagne de mesure dans la maison vernaculaire kabyle modifiée pour deux mois de la période hivernale, décembre (27 décembre 2017) et Mars (le 26 mars 2018) Les mesures ont été faites pratiquement dans les mêmes conditions, autrement dit avec et sans la source chauffante (kanoun). Ces mesures ont été faites afin d'évaluer le niveau de confort du cas d'étude durant le jour et la nuit pour la saison d'hiver.

Pour ce qui est de la chambre du RDC, qui est considérée actuellement comme une chambre à coucher, nous avons obtenu les résultats suivants durant les deux mois choisis décembre et mars :

- Qu'en l'absence absolue de kanoun et avec la porte ouverte, la température intérieure atteint les 17,5°C contre 15,6°C à l'extérieure. La hausse de 2°C est enregistrée au point P1 qui fait face à la porte ouverte mais orientée sud.
- Qu'en présence de kanoun, et par température extérieure de 11.7 C°, la température intérieure de la chambre enregistrée de 20.2 C° a atteint les limites du confort, avec une différence de 8°C comparé à l'extérieure. Notons que le kanoun était allumé seulement depuis 45 min.
- En prenant les mesure le matin (10h 55 en mars) avec le kanoun après avoir été allumé toute la nuit, la température intérieure était de 9.7 C° contre une température extérieure de 3.9 C° soit une différence de 6°C.

Pour ce qui est du local de stockage du 1<sup>er</sup> étage, réservé aux provisions quotidiennes, celle-ci n'est pas chauffée toute l'année, car elle n'est pas utilisée comme pièce de vie, mais

uniquement comme espace pour garder les réserves de l'année, les mesures enregistrées durant les deux mois de décembre et mars nous ont donné ces résultats :

- Les mesures prises dans cette chambre au mois de décembre et de mars , avec l'absence de kanoun , ont enregistré une différence de température entre l'intérieur et l'extérieur , l'espace extérieur été plus froid que l'intérieur et ceci grâce à l'orientation de la pièce plein sud , soit une température extérieur de 6.5 C° et une température intérieur de 7.8 C° au mois de mars , on a enregistré durant le mois de décembre et de mars une différence de température de 2 à 4 C° entre l'intérieur et l'extérieur , l'espace intérieur reste froid car malgré qu'il soit fait de murs en pierre dont l'inertie est bonne le pouvoir d'isolation du toit en tuile sans aucune isolation reste faible , la température de ce local n'est pas confortable pour y habiter mais reste approprié pour l'usage de cet espace .

Après analyse des différentes mesures prises à différents points de la chambre à coucher du RDC et du local de stockage , et à deux mois de l'année nous avons conclu que la maison vernaculaire kabyle garde la chaleur grâce à la présence de kanoun , dans le cas où le kanoun est présent celle-ci est bien chauffée et après avoir éteint le kanoun celle-ci garde la chaleur pendant quelques heures , ceci nous mène à dire que l'inertie de la pierre utilisée dans la construction de la maison vernaculaire kabyle a joué un rôle dans la capacité de garder la chaleur intérieure en présence de source chauffante et même après l'avoir éteint pour quelques heures .

Les façades principales des deux espaces, soit la chambre du RDC et le local de stockage du premier étage sont orientées plein sud, le local de stockage est de 2 à 4 degrés plus chaud que l'extérieur, ceci est due à son orientation au sud, les murs en pierre ont la capacité de capter et d'emmagasiner la chaleur , cependant les deux espaces ont très peu d'ouverture , la chambre du RDC contient uniquement une porte et une petite fenêtre et le local de stockage contient uniquement une porte , l'orientation sud permettrait à la chambre du RDC ainsi qu'au local de stockage d'offrir un confort thermique sans l'utilisation de poêle dans le cas où ces deux espaces bénéficieraient d'une baie vitrée orientée sud .

#### 4.8 Croisement de résultats entre le questionnaire et la campagne de mesure

Après que la dame ait répondu au questionnaire, et après avoir obtenue les résultats de la campagne de mesure, le croisement de ces deux méthodes d'analyse nous donne les informations suivantes :

- Selon les résultats de la campagne de température le confort thermique des espaces est assuré dans la maison vernaculaire kabyle en hiver en présence de poêle à bois (kanoun ) allumé ,c'est-à-dire dans la chambre ce qui coïncide avec la réponse de l'habitant , toutefois sans le poêle à bois , la température chute en dessous du confort , ce qui coïncide également avec la réponse de l'habitant qui confirme qu'en l'absence de poêle celui-ci s'habille chaudement . La différence de température avec la porte fermée variait de 2 degrés pour le local de stockage et de 6 degrés pour la chambre ce qui vérifie la capacité d'inertie du mur en pierre. De plus sans le poêle, avec porte

ouverte, nous avons noté une différence de température à l'intérieure de la maison qui est due probablement à l'orientation de la porte vers le sud.

- En croisant les résultants, la maison vernaculaire kabyle offre donc un confort thermique grâce aux matériaux qu'elle utilise dont l'inertie thermique est bonne, à son orientation sud, elle est donc face à une source de chaleur, ainsi qu'à l'utilisation de source de chauffage le kanoun avec des éléments naturels tel que le bois.

### 4.9 Conclusion

Le questionnaire nous a permis d'évaluer le degré de satisfaction de l'habitant concernant le confort thermique de la maison vernaculaire kabyle choisit comme cas d'étude. Nous sommes donc ressortis avec les informations que l'espace le plus confortable de la maison est la chambre, en hiver lorsque celle-ci est chauffée au poêle à bois (kanoun). L'espace le plus froid et moins confortable est l'espace de stockage situé à l'étage. L'occupant pense que sa maison est assez bien isolée thermiquement et ne nécessite pas de réhabilitation. Bien qu'elle apprécie le confort de sa maison, elle souhaite habiter dans une maison moderne pour des raisons liées plus à la qualité et dimension de l'espace qu'au confort thermique.

En tant qu'architecte, nous sommes face à cette quête du confort de l'utilisateur à tous les niveaux que ce soit d'un point de vue du confort thermique mais aussi du confort des espaces intérieurs. L'architecture d'aujourd'hui répond uniquement au confort intérieur des espaces et représente un danger pour l'économie de notre pays, car ceci représente une source énergivore. Une consommation importante d'énergie à cause de l'utilisation de techniques coûteuses pour chauffer et climatiser, ceci est due à la technique de réalisation des bâtiments et des matériaux utilisés. Les maisons vernaculaires représentent pour nous une richesse incroyable, celle-ci consomme très peu d'énergie grâce aux matériaux et techniques de réalisation ancestrale. De plus, l'usage des matériaux qui proviennent de l'environnement et qui peuvent être réutilisés, prouve une intégration et un respect à l'environnement. D'une autre part, ceux-ci ont une force thermique qui leur permet en présence de kanoun de garder la maison chaude sans utilisation de chauffage coûteux.

Notre rôle, en tant qu'architecte, est d'user de cette richesse introuvable de nos jours, dans le domaine du bâtiment, la capacité à offrir un confort thermique sans que la maison ne soit énergivore, et d'une autre part concevoir des espaces intérieurs confortables pour les besoins quotidiens de l'homme, donc faire une jonction entre bien être dans l'usage des espaces et dans la qualité thermique de celui-ci.

Nous avons utilisés différents outils de mesure et de vérification afin de comparer les différents résultats avec la réglementation thermique en Algérie et les normes d'un confort à l'intérieur des espaces, la multiplicités des procédés de vérification entre questionnaire, campagne de mesure, simulation thermique et a été faite pour avoir des résultats exacte et concret.

Nous procéderons, dans le chapitre suivant, aux vérifications avec simulation à l'aide de l'application RETA et de REVIT afin de déterminer si notre cas d'étude est conforme à la RT algérienne et efficace énergétiquement.

## Chapitre 5 Evaluation par simulation de l'efficacité énergétique de la maison kabyle

## 5.1 Introduction

Dans le chapitre précédant, nous avons présenté les résultats de l'évaluation du confort thermique de notre cas d'étude par le questionnaire la campagne de mesure. Dans le présent chapitre, nous allons évaluer l'efficacité thermique de de la maison par l'outil de simulation statique RETA avec lequel nous allons vérifier si la maison est conforme à la réglementation thermique algérienne et la simulation avec le logiciel REVIT afin d'évaluer l'efficacité énergétique et proposer des solutions et amélioration à cas d'étude.

A travers ce chapitre, nous présenterons les résultats de chaque outil utilisé, nous croiserons les résultats obtenus afin de confirmer ou infirmer notre hypothèse.

## 5.2 Evaluation de la conformité à la RT

La méthode d'évaluation quantitative vise à expliquer des phénomènes par le biais de données numériques, à travers différentes techniques. Pour notre recherche, nous avons utilisé deux méthodes quantitatives afin d'obtenir des résultats objectives que nous avons comparés à la réglementation thermique dans les régions montagneuses, parmi ces méthodes nous avons opté pour l'application RETA.

L'outil de simulation statique RETA (réglementation thermique algérienne) est un moyen d'effectuer des calculs thermiques nécessaires pour vérifier la conformité d'un projet de construction par rapport à la nouvelle réglementation thermique algérienne (DTR C3.2/4).

L'application RETA nous permet de vérifier la conformité de la maison, cas d'étude à la réglementation thermique algérienne. Cette vérification nécessite de passer par les étapes suivantes :

1. Ouvrir un compte sur le site web ([reta.cder.dz](http://reta.cder.dz)).
2. Introduction de données :
  - a. Données relatives au projet tel que sa position géographique
  - b. Données relative à l'enveloppe du bâtiment tel que le volume, usage du bâtiment,
  - c. Définition des parois opaques et vitrées tel que la surface nette l'orientation la composition, etc.
3. Calculs et récupération des résultats : après avoir introduit toutes les données relatives à la maison, l'application RETA permet de vérifier la conformité de la maison par rapport à la réglementation thermique algérienne, ainsi que de dimensionner les systèmes de chauffage et de climatisation, l'application permet d'obtenir un rapport détaillé, il affiche une synthèse des différentes valeurs ainsi que les espaces conformes et non conformes à la réglementation thermique algérienne.

### 5.3 La simulation thermique statique avec RETA

Afin de vérifier la conformité de notre cas d'étude ainsi que les modifications apportées sur celui-ci, nous sommes passés par les étapes suivantes :

- Première étape : Simulation thermique statique RETA de notre cas d'étude

Nous avons, en premier lieu, introduit les données de notre cas d'étude sur l'application reta afin de vérifier si celui-ci est conforme à la réglementation thermique algérienne, pour ce fait, nous sommes passés par les étapes suivantes :

- Etape A : Introduction des données de notre cas d'étude :

L'introduction des données de notre cas d'étude se fait par plusieurs étapes également qui sont :

- 1- Ouverture d'un compte sur le site [www.reta.cder.dz](http://www.reta.cder.dz)
- 2- **Création d'un projet** : une fois avoir ouvert un compte nous avons créé notre projet en introduisant les données suivantes :
- 3- **Ouverture du projet** : Lors de l'ouverture du projet créé, on est passé par l'étape de la création de l'enveloppe du projet, dans notre analyse RETA, nous avons pris uniquement la chambre du RDC car cette pièce est utilisée par les habitants pour y vivre alors que celle du premier niveau, soit la chambre de stockage n'est utilisée par les habitants que pour stocker leurs provisions, pour ce fait, nous avons remplis les

The screenshot displays the RETA application interface for project configuration. It includes the following fields and values:

- Titre du projet**: maison traditionnelle kabyle - sans fenêtre
- Altitude (m)**: 813
- Latitude en °**: 36.0
- Site d'implantation**: Zones rurales avec arbres, ha
- Classe de rugosité**: Classe III
- Coef. de limpidité de l'atmosphère**: 0,920
- Wilaya**: 15 – Tizi Ouzou
- Groupes de communes**: 42
- Zones Climatiques**: Eté : A, Hiver : A
- Commune**: Groupe 1: Mizrana (selected), Les autres communes (available)

Figure 87 Informations relatives au projet (source: RETA)

u  
ivantes :

#### 5.3.1 Création des parois

Après avoir choisi notre enveloppe d'étude et après avoir inséré toutes les données qui l'a concernées, nous passons à la création des différentes parois de l'espace.

Pour notre cas d'étude qui est la chambre du RDC de la maison, celle-ci est constituée de quatre murs , dont trois murs aveugles et un mur qui contient une porte et une petite fenêtre .

Nous présentons les parois, la porte, ainsi que le plafond et le sol sur les schémas suivant :

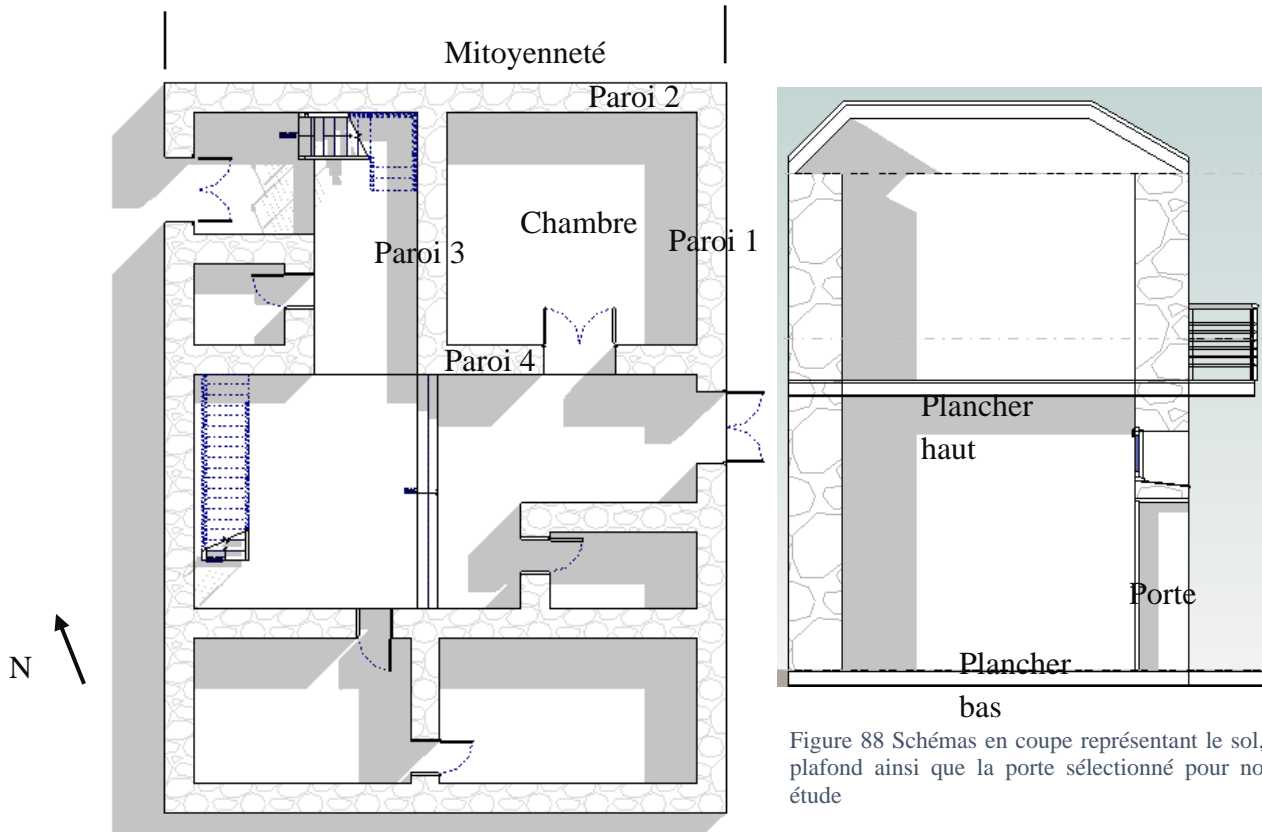


Figure 88 Schémas en coupe représentant le sol, le plafond ainsi que la porte sélectionné pour notre étude

Figure 89 Schémas en plan des parois sélectionnées pour l'analyse (source : logiciel revit par auteur)

a) *Parois Sud-Est*

**Caractéristiques générales de la paroi**

Description	Surface	Epaisseur	Résistance
Verticale / Opaque / Extérieur / Orientation : SE (-45°)	15,2000 m <sup>2</sup>	0,6500 m	0,2708 (m <sup>2</sup> . °C)/W

Composition					Sélectionner un Modèle
Matériau de l'extérieur vers l'intérieur	Ep. e	Rés. r	M. Sur. P	Cond. $\lambda$	
Facteur d'absorption $\alpha$ : 0,70 (couleur moyenne)					
0 - Pierres calcaires dures	0,65 m	0,2708 (m <sup>2</sup> . °C)/W	1 527,5000	2,4000 W/m.°C	
Total	0,6500 m	0,2708 (m <sup>2</sup> . °C)/W	1 527,5000		

Figure 90 Composants parois Sud-Est (source : RETA)

*b) Parois Nord-Ouest*

Caractéristiques générales de la paroi			
Description	Surface	Epaisseur	Résistance
Verticale / Opaque / Extérieur / Orientation : NO (135°)	15,2000 m <sup>2</sup>	0,6500 m	0,2708 (m <sup>2</sup> . °C)/W

Composition					Sélectionner un Modèle
Matériau de l'extérieur vers l'intérieur	Ep. e	Rés. r	M. Sur. P	Cond. $\lambda$	
Facteur d'absorption $\alpha$ : 0,70 (couleur moyenne)					
0 - Pierres calcaires dures	0,65 m	0,2708 (m <sup>2</sup> . °C)/W	1 527,5000	2,4000 W/m.°C	
Total	0,6500 m	0,2708 (m <sup>2</sup> . °C)/W	1 527,5000		

Figure 91 Composants parois Nord-Ouest (source :RETA)

*c) Parois Sud-Ouest*

Caractéristiques générales de la paroi			
Description	Surface	Epaisseur	Résistance
Verticale / Opaque / Extérieur / Orientation : SO (45°)	19,3500 m <sup>2</sup>	0,6500 m	0,2708 (m <sup>2</sup> . °C)/W

Composition					Sélectionner un Modèle
Matériau de l'extérieur vers l'intérieur	Ep. e	Rés. r	M. Sur. P	Cond. $\lambda$	
Facteur d'absorbion $\alpha$ : 0,70 (couleur moyenne)					
0 - Pierres calcaires dures	0,65 m	0,2708 (m <sup>2</sup> . °C)/W	1 527,5000	2,4000 W/m.°C	
Total	0,6500 m	0,2708 (m <sup>2</sup> . °C)/W	1 527,5000		

Figure 92 Composants parois Sud-Ouest (source : RETA)

d) *Parois Nord-Est*

Caractéristiques générales de la paroi				
Description	Surface	Epaisseur	Résistance	
Verticale / Opaque / Local non chauffé et non climatisé / Orientation : NE (-135°) La paroi est à l'ombre	22,8000 m <sup>2</sup>	0,6500 m	0,2708 (m <sup>2</sup> . °C)/W	

Composition					Sélectionner un Modèle
Matériau de l'extérieur vers l'intérieur	Ep. e	Rés. r	M. Sur. P	Cond. $\lambda$	
0 - Pierres calcaires dures	0,65 m	0,2708 (m <sup>2</sup> . °C)/W	1 527,5000	2,4000 W/m.°C	
Total	0,6500 m	0,2708 (m <sup>2</sup> . °C)/W	1 527,5000		

Figure 93 Composition parois Nord-Est (source : RETA)

e) *Plancher bas*

Caractéristiques générales de la paroi					
Description	Surface	Epaisseur	Résistance	Périmètre	Diff. de niveau Z1
Plancher / Opaque / Sur terre-plein ou bas enterré / Orientation : Horizontal (0°) La paroi est à l'ombre	19,7000 m <sup>2</sup>	0,4000 m	0,3478 (m <sup>2</sup> . °C)/W	20,0000 m	0,0000 m

Composition					Sélectionner un Modèle
Matériau de l'extérieur vers l'intérieur	Ep. e	Rés. r	M. Sur. P	Cond. $\lambda$	
0 - pisé, béton de terre stabilisée, blocs de terre comprimée, terre cuite	0,40 m	0,3478 (m <sup>2</sup> . °C)/W	680,0000	1,1500 W/m.°C	
Total	0,4000 m	0,3478 (m <sup>2</sup> . °C)/W	680,0000		

Figure 94 Composants plancher (source : RETA)

f) Plancher haut

Caractéristiques générales de la paroi				
Description	Surface	Epaisseur	Résistance	
Toiture / Opaque / Local non chauffé et non climatisé / Orientation : Horizontal (0°) La paroi est à l'ombre	19,7000 m <sup>2</sup>	0,3300 m	0,3243 (m <sup>2</sup> . °C)/W	

Composition					Sélectionner un Modèle
Matériau de l'extérieur vers l'intérieur	Ep. e	Rés. r	M. Sur. P	Cond. $\Lambda$	
0 - Entrevous - dalle de compression en béton courant	0,30 m	0,3000 (m <sup>2</sup> . °C)/W	295,2000	1,0000 W/m. °C	
1 - Mortier de ciment	0,02 m	0,0143 (m <sup>2</sup> . °C)/W	44,0000	1,4000 W/m. °C	
2 - Produits en céramique carreaux et dalles	0,01 m	0,0100 (m <sup>2</sup> . °C)/W	19,0000	1,0000 W/m. °C	
Total	0,3300 m	0,3243 (m <sup>2</sup> . °C)/W	358,2000		

Figure 95 Composants du plafond (source : RETA)

g) Porte

Caractéristiques générales de la paroi		
Description	Surface	Hauteur moy. du sol
Verticale / Porte / Extérieur / Orientation : SO (45°)	3,47 m <sup>2</sup>	2.2 m

Composition			Redéfinir
Composition	K Hiver	K été	
Porte en bois - Opaque	3,50 W/m <sup>2</sup> . °C	3,47 W/m <sup>2</sup> . °C	
 Facteur d'absorbtion $\alpha$ : 0,70 (couleur moyenne)			

Figure 96 Composition de la porte (source : RETA)

H) Fenêtre :

Caractéristiques générales de la paroi			
Description	Surface	Hauteur moy. du sol	Surface vitrée
Verticale / Vitrée / Extérieur / Orientation : SE (-45°)	0,1500 m²	2,3000 m	0,1050 m²

1- Composition <span style="float: right;">Redéfinir</span>		
Description	KVn	Hauteur moyenne
Menuiserie en Bois / Vitrage simple / Epaisseur de la lame d'air -	Hiver : 5,0000 W/m².°C / Eté : 4,9700 W/m².°C	2,3000 m

Figure 97 Composition de la porte ( source : RETA)

### 5.3.2 Analyse complète de notre cas d'étude

Après avoir introduit toutes les données relatives au projet, nous passons à l'étape de l'analyse afin de vérifier la conformité de la chambre avec la réglementation thermique algérienne.

Après lancement des analyses, RETA nous a donné les informations suivantes sur la conformité de la chambre par rapport à la réglementation thermique algérienne.

#### Synthèse des enveloppes

Nom de l'enveloppe	Usage	Conformité Hiver C-3.2	Conformité Eté C-3.4
chambre rdc	habitation	Non conforme	Non conforme

Figure 99 Synthèse de la conformité des enveloppes (source : RETA)

#### Synthèse des échanges thermiques en hiver

DT	Dréf	Vérification C-3.2	
283,88 W/°C	158,52 W/°C	1,79	Non conforme

Figure 98 Synthèse des échanges thermiques en hiver (source : RETA)

#### Synthèse des échanges thermiques en été

APO non Aériennes	APO Aériennes	APOréf	AV	AVréf	Vérification C-3.4	
0,00 W	891,21 W	700,40 W	7,98 W	4,41 W	1,28	Non conforme

Figure 100 Synthèse des échanges thermiques en été (source : RETA)

Enveloppe	Besoin annuel de chauffage
Chambre RDC	7675,93 kwh/an

Figure 101 Besoin annuel de chauffage (source : RETA)

Les résultats obtenus indiquent que la maison n'est pas conforme avec un besoin annuel de 7675,93 Kwh/an. Afin de trouver quel type de réhabilitation rendra la maison conforme à la RT, nous allons utiliser RETA comme outil de simulation statique. Nous allons opter pour l'isolation extérieure des murs, puis du plancher haut avec de la laine de roche et évaluer la conformité à la RT et besoin de chauffage des espaces.

### 5.3.3 Modification de la maison et simulation thermique statique par RETA

La deuxième étape consiste à apporter des modifications à l'enveloppe de la maison et de comparer les résultats obtenus avec celle de la maison type et avec la réglementation thermique algérienne, nous avons donc apporté deux modifications à la maison :

Modification 1 : Isolation extérieur des murs

Enveloppe	Besoin annuel de chauffage
Chambre RDC	4521,97 kwh/an

Figure 102 Besoin annuel de chauffage pour la modification 1 (source : RETA)

Modification 2 : Isolation des murs et du plancher haut

Enveloppe	Besoin annuel de chauffage
Chambre RDC	3772,14 kwh/an

Figure 103 Besoin annuel de chauffage pour la modification 2 (source : RETA)

Tableau 13: Classement des trois cas de la maison en catégorie selon la conformité à la RT (source : auteur)

Récapitulatif des trois analyses thermiques par rapport au besoin en chauffage :

Tableau 14 Récapitulatif des trois analyses thermiques par rapport au besoin en chauffage ( source : reta et auteur )

Cas	Conformité à la RT	Besoin annuel de chauffage	Consommation annuel	Catégorie
Maison kabyle cas d'étude	Non conforme	7675,93 kWh/an	389,64 kwh/m <sup>2</sup> .an	F
MK + isolation extérieure des murs	Conforme Coeff hiver 0.93 Coeff été 0.61	4521,97 kWh/an	229,54 Kwh/m <sup>2</sup> .an	D
Mk+ isolation	conforme	3772,14 kWh/an	191,47	D

des murs et du plancher haut	coeff hiver 0.77 coeff été 0.522		KWh/m <sup>2</sup> .an	
------------------------------	-------------------------------------	--	------------------------	--

#### 5.4 Discussion des résultats de la simulation RETA :

Le rapport de RETA a défini notre cas d'étude comme étant non conforme à la réglementation thermique algérienne, soit non conforme au DTC C-3.2(en hiver) et non conforme au DRC C-3.4, mais les valeurs des coefficients (1.79 pour l'hiver et 1.28 pour l'été sont proches de la norme qui est de 1.05) , ces informations mènent à dire que notre cas d'étude est proche des normes de confort ce qui inclue que celui-ci a un potentiel important et qu'il faut agir sur cette construction afin de garder, d'une part son authenticité et, d'une autre, part apporter des améliorations pour que celle-ci soit conforme aux normes de la réglementation thermique algérienne .

Le rapprochement des résultats par rapport à la réglementation thermique algérienne nous ont menés à apporter des modifications sur l'enveloppe de la maison et de comparer les différents résultats par rapport à la réglementation thermique algérienne, cette comparaison s'est principalement focalisée sur l'énergie nécessaire pour le chauffage en hiver.

La maison type était classée en catégorie F qui définit que le logement consomme entre 331 et 450 kWh/m<sup>2</sup>. An, ces valeurs font que la maison est non conforme à la réglementation thermique algérienne, nous avons donc apporté des modifications à la maison :

-En premier lieu, nous avons apporté des modifications sur L'isolation extérieur des murs, cette modification à fait baisser la consommation annuelle du chauffage de 389,64 kwh/m<sup>2</sup>.an à 229,54 Kwh/m<sup>2</sup>.an et que la catégorie du logement était D au lieu de F et que la maison est devenue conforme à la réglementation thermique algérienne.

-En deuxième lieu, nous avons apporté des modifications sur L'isolation du plancher en plus des murs extérieur, cette modification à fait baisser encore plus la consommation annuelle du chauffage de 389,64 kwh/m<sup>2</sup>.an à 191,47 KWh/m<sup>2</sup>.An.

Les informations obtenues, après analyse de la maison type, ainsi que les différentes modifications sur celle-ci par rapport à la réglementation thermique algérienne, nous mènent à dire que notre cas d'étude à un potentiel important dans l'apport du confort thermique au sein des espaces en réduisant la consommation énergétique, et que celui-ci est conforme à la réglementation thermique algérienne après rajout d'isolants sur les murs et le plancher.

Cependant, l'application RETA reste une analyse qui ne touche pas tous les aspects de la maison, cette analyse ne prend pas en considération notre patrimoine architecturale, les conditions de l'application de la RT ne prenne pas en charge les différentes méthodes ancestrales de chauffage, notre cas d'étude consomme beaucoup moins d'énergie pour chauffer par rapport aux résultats obtenues par l'application RETA , car cette maison est chauffée en hiver en utilisant le poêle à bois ( el kanoun) , aucune source d'énergie n'est consommée pour subvenir au confort thermique de l'espace en hiver alors que l'application RETA donne la consommation annuelle de chauffage en utilisant des chauffages qui utilisent

de l'énergie , un autre aspect de cette analyse concerne le degrés d'habillement de l'homme , de nos jours l'individu définit le confort thermique en étant habillé très légèrement en hiver à l'intérieur de la maison alors qu'auparavant l'homme réchauffait son espace en étant bien habillé ce qui fait que la réglementation thermique algérienne concerne uniquement les besoins thermique en étant très peu habillé, hormis qu'en Kabylie, cette façon de vivre est toujours présente en montagne .

L'analyse thermique, par le biais de l'application RETA, a été faite dans le but d'apporter des modifications à la maison vernaculaire kabyle pour que celle-ci soit plus confortable thermiquement et que celle-ci allie entre constructions d'aujourd'hui et techniques ancestrales.

## 5.5 La simulation thermique Dynamique REVIT

La simulation thermique dynamique sert à optimiser un bâtiment et limiter ses besoins énergétiques en climatisation et en chauffage en garantissant le confort des occupants à toutes les saisons de l'année. La simulation thermique dynamique permet d'estimer les besoins thermiques d'un bâtiment (l'énergie nécessaire pour le chaud et le froid) en tenant compte de l'enveloppe extérieur du bâtiment ainsi que son inertie thermique.

Dans notre cas, cette simulation nous permettra de vérifier si notre cas d'étude (l'architecture vernaculaire kabyle ) utilise moins d'énergie pour chauffer et offrir un confort thermique que les constructions qui se font actuellement en Kabylie .

Cette analyse prendra en charge les différentes conditions du site et tous les éléments de la construction, nous ferons donc une comparaison des charges de chauffage entre les deux types de construction : notre cas d'étude la maison kabyle traditionnelle et un cas fictif de maison construite avec des parois en brique.

Pour ce fait, nous passerons par trois étapes primordiales pour obtenir des réponses à notre sujet d'étude, ces étapes sont :

### 5.5.1 Modélisation de la maison vernaculaire kabyle à l'époque de la colonisation sur le logiciel REVIT

En premier lieu, est donc nécessaire de modéliser notre cas d'étude pour pouvoir procéder à la simulation thermique dynamique, nous avons pris toutes les mesures de la maison et nous les avons repris sur le logiciel revit, la modélisation comporte :

- 1- Précision de la Situation géographique du projet et de l'orientation des espaces.
- 2- Définition de la Longueur et de la largeur ainsi que la hauteur sous plafond des espaces choisie, soit la chambre et le local de stockage.
- 3- Définition de l'épaisseur des murs, des piliers et des poutres, du sol et du plafond
- 4- Précision de la dimension des ouvertures, soit les portes et les fenêtres ainsi que leur emplacement.
- 5- Définition des différentes couches de matériaux dans les murs, des piliers et des poutres le sol, le plafond

En introduisant l'ensemble de ces paramètres sur le logiciel revit, nous avons obtenue l'ensemble du dossier graphique, ainsi que la 3d de notre cas d'étude avec tous les détails de la maison.

Nous présentons donc, ci-dessous, la façade principale du projet : une coupe avec les différentes couches des matériaux ainsi qu'une vision 3d de notre cas d'étude (les plans des espaces mesurés sont présents dans la partie de la campagne de mesures qui précède )



Figure 105 Façade principale Sud-Ouest (source : logiciel revit par auteur)

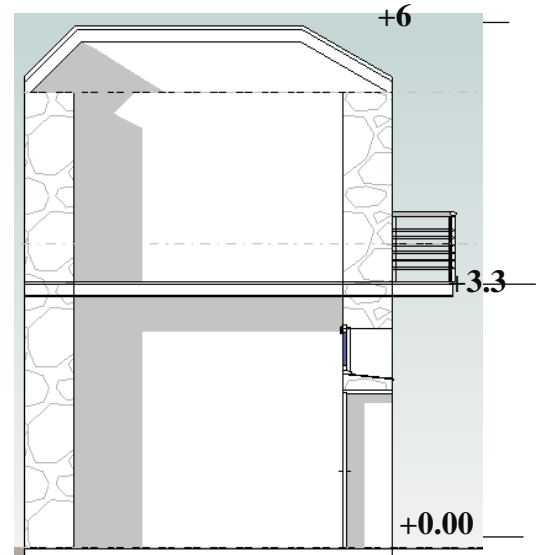


Figure 104 Schémas en coupe de la maison (source : logiciel revit par auteur)

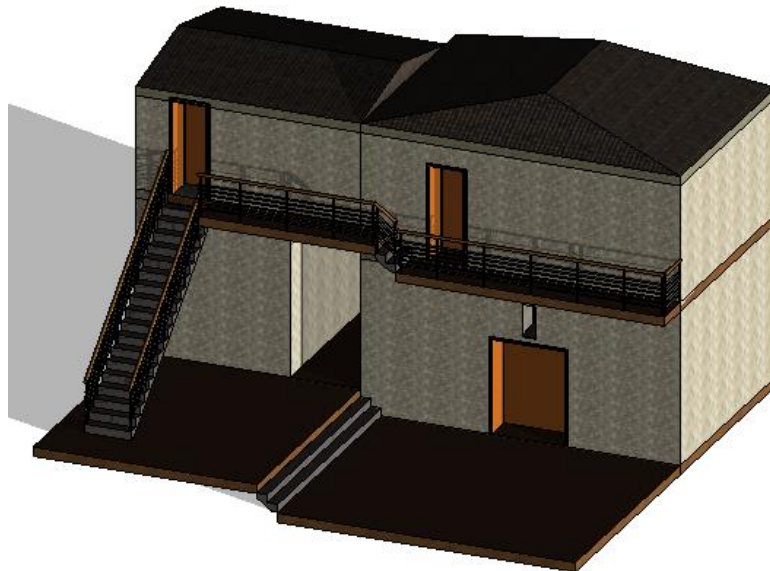


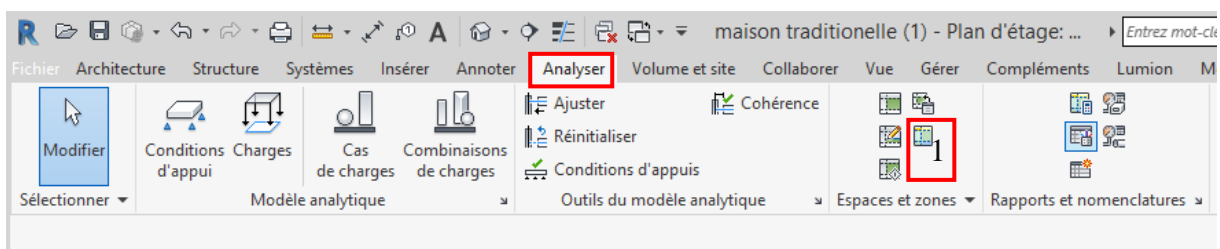
Figure 106 Représentation 3d du cas d'étude (source : logiciel revit par auteur)

### 5.5.2 Analyse thermique par le biais du logiciel revit du cas d'étude

Après avoir modélisé notre cas d'étude sur le logiciel REVIT nous passons à l'analyse thermique, cette analyse inclut les étapes suivantes :

- A- Aller à menu analyser et spécifier sur plan les zones à analyser
- B- Obtenir les charges de chauffage et de refroidissement, cette option nous mène vers une boîte de dialogue dans lequel nous devons préciser tous les éléments des pièces à analyser
- C- Lancement de l'analyse et obtention du rapport des besoins en chauffage et en climatisation totale et par pièces.

Ces étapes sont présentées dans les images suivantes :



Etape A :

Figure 107 Première étape de l'analyse, définition des zones d'analyse en plus (source : logiciel revit par auteur)

EtapeB :

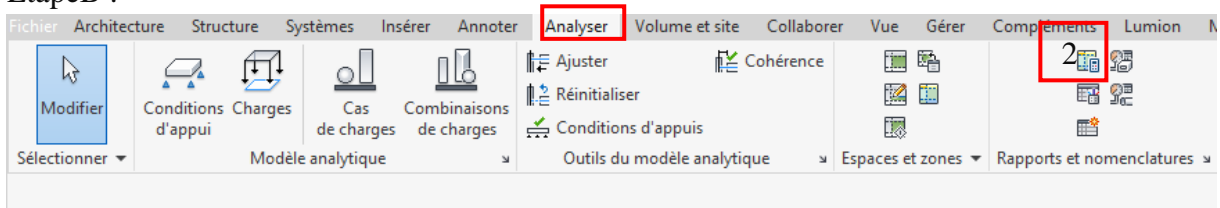


Figure 108 Deuxième étape de l'analyse, précision des informations relatives aux pièces (source : logiciel revit par auteur)

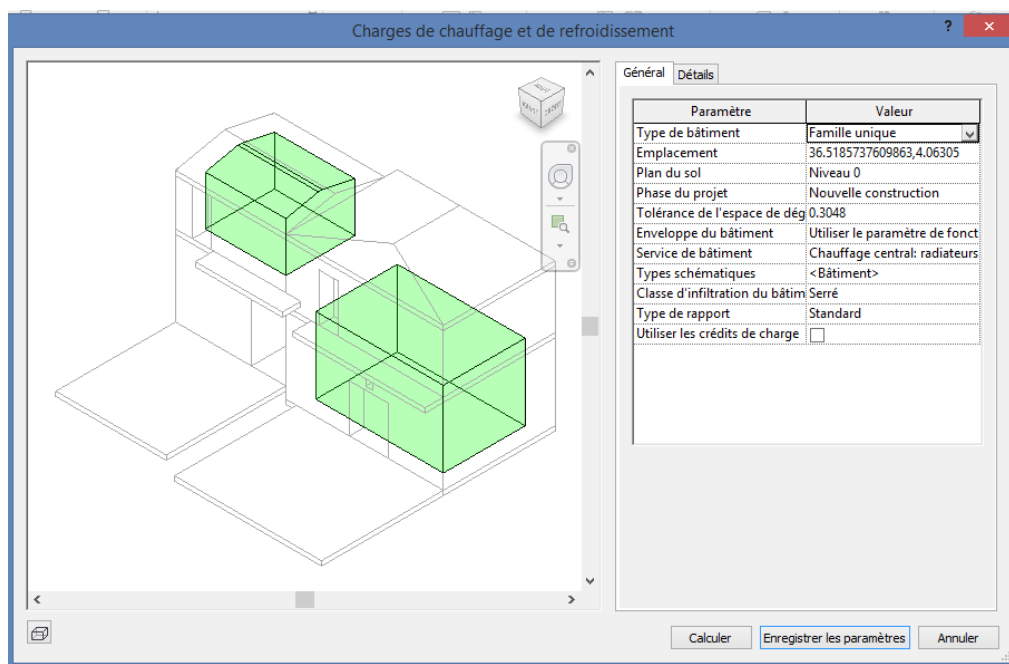


Figure 109 Insertion des informations relatives à la chambre du RDC et le local de stockage (source : auteur)

Etape C :

Lancement des calculs sur la même boîte de dialogue que l'étape 2, les calculs de charges de chauffages et de refroidissement nous ont donné les informations suivantes :

la chambre du RDC :

Nom d'espace	Surface (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Charge de refroidissement maximal (W)	Ecoulement d'air de refroidissement (L/s)	Charge de chauffage maximal (W)	Ecoulement d'air de chauffage (L/s)
<a href="#">1 Espace</a>	19.70	65.02	1,193	50.1	564	53.5

Figure 110 charges chauffage et refroidissement chambre RDC cas d'étude (source : logiciel REVIT)

Le local de stockage :

Nom d'espace	Surface (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Charge de refroidissement maximal (W)	Ecoulement d'air de refroidissement (L/s)	Charge de chauffage maximal (W)	Ecoulement d'air de chauffage (L/s)
<a href="#">2 Espace</a>	10.50	21.01	229	9.6	243	25.9

Figure 111 charges chauffage et refroidissement local de stockage cas d'étude (source : logiciel REVIT)

### 5.5.3 Analyse thermique d'un cas fictif témoin

Nous avons par la suite apporté des modifications à notre cas d'étude selon les matériaux utilisés aujourd'hui pour la construction des maisons. Notre modèle fictif est basé sur le modèle de la maison kabyle pour lequel nous avons remplacé les parois en pierre par des parois en brique. Les résultats obtenus pour la charge de chauffage et climatisation sont les suivants :

la chambre du RDC :

Nom d'espace	Surface (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Charge de refroidissement maximal (W)	Ecoulement d'air de refroidissement (L/s)	Charge de chauffage maximal (W)	Ecoulement d'air de chauffage (L/s)
<a href="#">1 Espace</a>	23.01	75.01	3,545	152.4	3,064	180.9

Figure 112 charges chauffage et refroidissement chambre RDC maison modifiée (source : logiciel REVIT)

Le local de stockage :

Nom d'espace	Surface (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Charge de refroidissement maximal (W)	Ecoulement d'air de refroidissement (L/s)	Charge de chauffage maximal (W)	Ecoulement d'air de chauffage (L/s)
<a href="#">2 Espace</a>	15.54	31.09	497	21.3	1,317	77.7

Figure 113 charges chauffage et refroidissement le local de stockage de la maison modifiée (source : logiciel REVIT)

## 5.6 Discussion des résultats de la simulation dynamique REVIT :

A travers la simulation thermique dynamique de revit, nous avons eu des résultats sur les besoins en charge de chauffage ainsi que la charge de refroidissement dans les moments les plus chauds et les plus froids de l'année, cette analyse nous a permis de faire la différence entre une maison vernaculaire kabyle soit les matériaux utilisés ( pierre , terre , bois ) et les maisons construite de nos jours en Kabylie en brique .

Après analyse, nous avons constaté que la charge de chauffage maximale nécessaire pour chauffer la chambre du RDC de notre cas d'étude est de 564 watt et pour le local de stockage est de de 243 watt, sachant qu'une maison bioclimatique a besoin de 2 kW pour un espace de 120 m<sup>2</sup> ( source : <http://cfcmag.ma/climatisation-dune-maison-bbc/>) , soit 328 watt pour un espace de 19.7 m<sup>2</sup> ( la surface de la chambre de stockage ) et une valeur de 175 watt pour un espace de 10.5 m<sup>2</sup> ( la surface du local de stockage ). Nous pouvons dire ainsi que les besoins de chauffage de la maison vernaculaire kabyle ont la possibilité d'atteindre les besoins d'une maison bioclimatique si celle-ci subit des modifications en termes d'isolation thermique.

D'un autre coté pour une maison construite selon les techniques et matériaux d'aujourd'hui nous constatons que les besoins en chauffage pour la chambre du RDC sont de 3064 watt soit six fois plus que notre cas d'étude qui as besoin de 564 watt , et les besoins en chauffage du local de stockage sont de 1317 watt soit cinq fois plus que notre cas d'étude qui as besoin de 243 watt .Ces informations nous mènent à dire qu'une maison vernaculaire kabyle soit notre cas d'étude a besoin de cinq à six fois mois d'énergie pour chauffer l'espace aux moments les plus chauds de l'année , ainsi les constructions qui se font actuellement en Kabylie sont énergivore et les maisons vernaculaire kabyle sont beaucoup plus performante ce qui fait que celle-ci doivent être mises en valeur et réhabilitées selon les besoins d'aujourd'hui .

## 5.7 Discussion des résultats de la simulation thermique statique RETA et la simulation thermique dynamique REVIT

Notre questionnement à travers cette recherche porte sur les capacités thermiques et énergétiques de la maison vernaculaire kabyle. La maison kabyle est-elle confortable en hiver ? Est-elle conforme à la RT algérienne ? Et enfin est-elle énergétiquement efficace pour un confort aux normes algériennes ?

Notre questionnement vise à évaluer le niveau de satisfaction des habitants du confort thermique ainsi que du niveau de consommation énergétique de cette maison.

Devant l'impossibilité de faire un bilan énergétique, nous avons utilisé deux outils l'application RETA ainsi que Revit.

Dans notre recherche, nous n'avons pas fait de diagnostic des performances énergétiques qui prennent en compte l'énergie consommée pour le chauffage, l'eau chaude et la climatisation. Dans notre cas, nous avons juste pris en considération l'énergie nécessaire pour le chauffage en hiver.

Nous évaluerons à travers l'application RETA la conformité de notre cas d'étude par rapport à la réglementation thermique algérienne, nous appliquerons par la suite des changements par rapport aux matériaux de la maison afin de vérifier si celle-ci deviendra conforme et donc de proposer des solutions architecturale à notre cas d'étude.

Nous classerons à travers les résultats obtenus de l'application RETA, notre bâtiment en catégories, ces catégories nous renseignent sur la consommation en énergie à anticiper par mètre carré et par an en kWh/m<sup>2</sup>. Cette classification nous permettra donc de voir l'évolution de la conformité de la maison au fil des changements qu'on lui appliquera.

La signification du classement énergie d'un logement est la suivante :

- **Catégorie A:** le logement consomme moins de 50 kWh/m<sup>2</sup>. an
- **Catégorie B:** le logement consomme entre 51 et 90 kWh/m<sup>2</sup>. an
- **Catégorie C:** le logement consomme entre 91 et 150 kWh/m<sup>2</sup>. an
- **Catégorie D:** le logement consomme entre 151 et 230 kWh/m<sup>2</sup>. an
- **Catégorie E:** le logement consomme entre 231 et 330 kWh/m<sup>2</sup>. an
- **Catégorie F:** le logement consomme entre 331 et 450 kWh/m<sup>2</sup>. an
- **Catégorie G:** le logement consomme plus de 450 kWh/m<sup>2</sup>. an

(Source : <https://www.lisolation.fr/comprendre-classe-energie-maison-appartement>)

Le logiciel REVIT quant à lui nous permettra de comparer la charge de chauffage et de climatisation de notre cas d'étude par rapport aux maisons qui se construisent actuellement en Kabylie, afin de montrer la différence entre les deux types de construction dans un même site.

## 5.8 Conclusion

Afin d'élaborer notre recherche sur les capacités thermiques et énergétiques de la maison vernaculaire kabyle nous avons procédé à différentes méthodes d'analyse d'une part pour connaître le degré de satisfaction de l'utilisateur par rapport au confort thermique de la maison, d'une autre part, pour savoir si celle-ci est conforme à la RT et également pour savoir si la maison est énergétiquement efficace pour un confort aux normes algériennes, nous avons pour ceci élaborer une enquête par questionnaire, une campagne de mesure, une simulation thermique statique par le biais de l'application RETA ainsi qu'une simulation thermique dynamique par le biais du logiciel REVIT.

A travers l'enquête par questionnaire, et la campagne de mesure, nous avons eu l'information que notre cas d'étude offre un confort thermique en hiver en présence du poêle à bois (el kanoun) et qu'en l'absence de celui-ci la température intérieure des espaces est supérieure à celle de l'extérieur grâce à l'orientation vers le sud-ouest et grâce aux matériaux qui ont une bonne inertie thermique.

La simulation thermique statique RETA nous donner l'information que notre cas d'étude n'est pas conforme à la réglementation thermique algérienne mais n'oublions pas que celle-ci ne prend pas en charge le patrimoine architecturale ainsi que les techniques de chauffage ancestrale qui sont toujours présente dans les maison kabyle d'aujourd'hui et qui ne consomme pas d'énergie, cependant celle-ci nous a démontré qu'en offrant plus d'isolation

aux murs et au plafond ,la maison deviendra conforme ce qui nous mène à dire que notre cas d'étude peut allier entre anciennes et nouvelles règles de confort thermique en améliorant l'isolation des murs et du plafond .

La simulation thermique dynamique de REVIT a démontré que les techniques et matériaux utilisés auparavant, comme pour notre cas d'étude, font que la maison consomme beaucoup moins d'énergie pour offrir un confort thermique en hiver au sein par rapport aux maisons qui se font actuellement en Kabylie.

Nous ressortons donc avec la conclusion que la maison vernaculaire kabyle est un potentiel dans le mode de construction d'aujourd'hui, cette richesse doit être revalorisée en construisant aujourd'hui selon les techniques et matériaux utilisés auparavant tout en apportant plus d'isolation pour un meilleur confort thermique et en adoptant les espaces selon les besoins d'aujourd'hui.

## Conclusion générale

## Conclusion générale

De nos jours, le secteur de l'habitat en Algérie, se voit dégradé et ne respectant pas ainsi l'environnement dans lequel il se conçoit, nous remarquons que le caché architectural des différentes régions s'efface petit à petit et laisse place à une nouvelle architecture qui ne s'inscrit pas dans le même objectif, une architecture qui consomme énormément d'énergie par l'utilisation nécessaire de climatisation et de chauffage pour offrir un confort thermique à l'intérieur des espaces, une architecture dite énergivore produisant ainsi une surcharge de consommation énergétique pour le confort de l'homme..

Nous remarquons que l'architecture bioclimatique, partout dans le monde, est en apogée car celle-ci est complètement inscrite dans un objectif du respect de l'environnement dans lequel elle s'inscrit tout en mettant l'homme au centre de celle-ci , un équilibre parfait entre le site et les besoins de l'homme.

Cependant et depuis toujours, l'Algérie détient un patrimoine architecturale hors pair, un patrimoine à l'image de l'architecture bioclimatique d'aujourd'hui, mais un patrimoine oublié et non exploité. Il était donc nécessaire pour nous, de faire renaître la richesse architecturale que l'Algérie détient, car celui-ci, représente une solution pour l'architecture d'aujourd'hui, une solution pour un environnement sain.

A travers notre recherche, nous nous sommes focalisés sur l'architecture vernaculaire kabyle, une architecture dotée de savoir-faire et de techniques et matériaux de constructions propres. Cette architecture agrippée sur un site montagneux avec un climat rude, les conditions du site font la particularité de celle-ci, car malgré les aléas de l'environnement, l'architecture vernaculaire kabyle épouse parfaitement l'environnement dans lequel elle s'inscrit. Elle répondait à une logique d'intégration spatiale et fonctionnelle propre à elle. Nos ancêtres ont su allier respect de l'environnement, forme du terrain, et confort thermique tout au long de l'année.

Nous avons donc à travers cette recherche, évalué les performances thermiques et énergétiques des maisons vernaculaires kabyles dans le village d'Ait djamaa. Cette évaluation été inscrite dans deux objectifs principaux.

- Le premier était de revaloriser le patrimoine architectural algérien qui s'efface peu à peu au fil du temps et laisse place à une architecture dite nouvelle qui semble satisfaire l'homme mais qui ne respecte en aucun cas l'environnement naturel dans lequel elle s'inscrit.
- Le deuxième objectif, et non des moindre, été d'user des potentialités de l'architecture faite par nos ancêtres pour concevoir l'architecture d'aujourd'hui, autrement dit, concevoir une architecture qui respecte son environnement avec une faible consommation énergétique en offrant un confort thermique mais aussi un confort dans l'agencement des espaces intérieurs .

A travers notre recherche, notre but été d'infirmier ou de confirmer nos hypothèses sur le fait que la maison vernaculaire kabyle est une maison bioclimatique et que celle-ci offre un confort thermique en utilisant très peu d'énergie.

Par le biais de cette recherche, nous avons utilisé plusieurs méthodes qualitatives et quantitatives, dans le but d'avoir des résultats concrets et exacts en comparant les différents résultats des deux types de méthodes. Nous avons ainsi évalué le confort thermique et l'efficacité énergétique par différents outils : questionnaire, des compagnes de mesure, ainsi que la simulation thermique statique et dynamique afin d'avoir des résultats précis.

Nous avons soumis notre cas d'étude, qui est une maison vernaculaire kabyle datant de la colonisation, à différents procédés de vérification du confort thermique, nous avons déjà fait un croisement de résultats entre le questionnaire et la compagne de mesure , un croisement entre des résultats chiffrés de la campagne de mesure avec les résultats subjectives du degré de satisfaction de l'habitant pour évaluer le niveau de confort de notre cas d'étude. Cette technique d'analyse nous a permis de ressortir avec l'information que le confort thermique est assuré dans la maison vernaculaire kabyle en présence du poêle ( el kanoun ) allumé , les espaces intérieurs de la maison ont un degrés de température plus élevé que l'extérieur quand le kanoun est éteint ceci est due à l'orientation favorable de la maison vers le sud-ouest ainsi qu'à l'utilisation de matériaux à grande inertie telle que la pierre qui emmagasine la chaleur et la restitue dans les moments les plus froid.

Nous avons fait passer par la suite notre cas d'étude à une analyse sur l'application RETA qui compare celle-ci à la réglementation thermique algérienne afin de vérifier sa conformité, après analyse, notre cas d'étude n'était pas conforme à la réglementation thermique algérienne. Cependant cette réglementation ne prend pas en charge le patrimoine architectural ainsi que les techniques de chauffage ancestral à base d'éléments naturels tel que le bois. Ces techniques ne consomment pas du tout d'énergie, néanmoins la simulation à travers RETA nous a permis d'améliorer la conformité de notre cas d'étude après amélioration de l'isolation des murs ainsi que le plafond. Nous sommes ressortis avec l'information que notre cas d'étude peut allier entre confort d'avant et d'aujourd'hui en améliorant l'isolation des matériaux selon les besoins d'aujourd'hui.

Il est également nécessaire de mentionner que l'application RETA ne peut pas définir les mêmes conditions du site dans lequel se trouve notre cas d'étude, il faudrait donc développer des applications conforme à chaque type d'habitat afin d'avoir des résultats exactes.

En dernier lieu, nous avons soumis la maison à une simulation thermique dynamique par le biais du logiciel REVIT. Celle-ci nous a permis d'analyser la maison telle qu'elle est actuellement et de soumettre celle-ci par la suite à des modifications de type de matériaux selon le mode de construction d'aujourd'hui. Cette comparaison entre les techniques et matériaux utilisés auparavant et celles d'aujourd'hui nous ont démontré que la maison vernaculaire kabyle consomme cinq à six fois moins d'énergie qu'une maison faite selon les techniques d'aujourd'hui. La maison vernaculaire kabyle a donc un grand potentiel dans la consommation énergétique et doit être revalorisé en utilisant cette richesse comme force pour

les constructions futures tout en améliorant certains aspects de celle-ci selon les besoins d'aujourd'hui.

### **Limites et perspectives de notre recherche**

Nous sommes conscients que notre recherche n'est pas exhaustive. Pour notre travail, l'idéal aurait été de soumettre plusieurs cas d'étude du même village kabyle, entre maison vernaculaire kabyle authentique, maison vernaculaire kabyle pendant la colonisation et maison vernaculaire kabyle après l'indépendance aux différents moyens d'analyse du confort thermique. Soit soumettre ces trois types au questionnaire, à la campagne de mesure, ainsi qu'à la simulation thermique statique et dynamique afin de comparer les différents résultats des trois cas d'étude et ressortir avec des informations sur l'évolution du confort thermique au fil des années dans la région de la Kabylie et de démontrer que les premières maisons vernaculaire kabyle utilisent très peu d'énergie.

Cependant, malgré qu'il n'y a pas eu différentes mesures sur différents cas d'étude, notre recherche nous a donné des résultats précis et concrets, nous avons pu prouver que notre cas d'étude offre un confort thermique à l'intérieur des espaces et utilise très peu d'énergie et ceci grâce à la comparaison des résultats avec les normes de confort, à la réglementation thermique algérienne ainsi qu'à la comparaison avec les maisons qui se font actuellement en Kabylie.

Cette recherche est une contribution pour les recherches futures sur le confort thermique des espaces intérieurs ainsi que sur une conception qui joint le confort des espaces et le confort thermique en utilisant très peu d'énergie pour le respect de l'environnement. Ce travail offre également des données sur une multiplicité de moyens pour vérifier le confort thermique d'un bâtiment, une liste de méthodes qualitatives et quantitative afin d'obtenir des résultats exactes, une explication de chaque méthode ce qui permet de guider les différentes recherches.

Notre travail peut être considéré donc comme étant une modeste contribution à la recherche sur l'évaluation des performances thermiques et énergétiques. Il représente une alerte contre l'architecture d'aujourd'hui dans notre pays, une alerte contre l'architecture énergivore, un déclencheur de la conscience collective vis-à-vis de l'impact de l'énergie dans le secteur de l'habitat, une initiative au respect de l'environnement et à l'économie d'énergie dans notre pays. Ce travail représente également un respect et une valorisation de notre riche patrimoine architecturale.

## Bibliographie

- 1- Agence national de l'habitat (Ed), n.d. Fiche technique, confort thermique.
- 2- ALI MABROK TAHAR DJAOUT, n.d. La Kabylie. Edition EDIF 2000 Magmed pictures paris méditerranée.
- 3- ALILI, S., 2013. Guide technique pour une opération de réhabilitation du patrimoine architecturale villageois de Kabylie.
- 4- Benlaouer, ammar, 2015. LA PRISE EN CHARGE DE LA REGLEMENTATION THERMIQUE DANS LE PERMIS DE CONSTRUIRE.
- 5- Chabah, L., 2016. Evaluation de l'efficacité énergétique des 80 logements HPE de Blida à l'aide de l'outil de simulation DesignBuilder V4
- 6- Charbonneau, J.-Y., Douville, S., Commission de la santé et de la sécurité du travail du Québec, Direction des communications, Commission de la santé et de la sécurité du travail du Québec, Direction de la prévention-inspection, 2004. Confort thermique à l'intérieur d'un établissement. Commission de la santé et de la sécurité du travail du Québec, Direction de la prévention-inspection, Montréal.
- 7- Clark, G., 2012. beyond codified comfort: building Design and Performance. Environment Design Guide 1.
- 8- DE SINGLY, F., n.d. L'enquête et ses méthodes : le questionnaire.
- 9- Ecoconso (Ed.), n.d. Le confort thermique encore mieux que la chaleur.
- 10- Ecoquartiers-geneve (Ed.), n.d. Conference-bioclimatique-2007-Ecoquartier.pdf.
- 11- Fouad, G., Khadidja, B., Abderrahim, C., n.d. Patrimoine architectural, entre technicité, confort et durabilité : Cas de la maison de L'Oukil du Sanctuaire de Sidi Boumediene. 201.
- 12- Genevois, H., n.d. L A M A I S O N K A B Y L E ; description par texte kabyle traduit; vocabulaire; annexes folkloriques. 62.
- 13- GIZ, Ministère de l'habitat, APRUE, 2015. Guide pour une construction éco-énergétique en Algérie.
- 14- Imessad, K., Kharchi, R., Bouchaib, S., Chenak, A., Hakem, S., Hamidat, A., Larbiyoucef, S., n.d. Mise en application de la nouvelle réglementation thermique algérienne du bâtiment
- 15- Jacques Teller, n.d. Confort thermique
- 16- Kaci, P.M., n.d. L'architecture rurale traditionnelle 3.
- 17- Khalissa, M.H., n.d. Département d'Architecture de Biskra. 70.
- 18- Khelfa brahim, Rabahi habib, 2017. Etude de l'efficacité énergétique des bâtiments à usage d'habitation en Algérie.
- 19- Kırbaş, B., Hızlı, N., 2016. Learning from Vernacular Architecture: Ecological Solutions in Traditional Erzurum Houses. Procedia - Social and Behavioral Sciences 216, 788–799. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.12.076>
- 20- Matari, N., n.d. Effet de l'enveloppe du bâtiment sur le confort thermique. Application au climat aride 8..
- 21- Messaoudi, T., n.d. L'architecture vernaculaire une solution durable: Cas de la maison traditionnelle kabyle (nord algérien) 16.

- 22- Ministère de l'habitat, n.d. Recommandations architecturales. Edition. ENAG
- 23- M. Kaci et MEBAREK, 2001. Contribution à la protection de l'architecture rurale traditionnelle cas du village antique de " TAKSEBT" en Kabylie maritime (Mémoire de magister).
- 24- Ouahiba A, A., Brahim, S.M., n.d. Savoir-faire vernaculaires de l'architecture Kabyle.
- 25- Outrequin, P., & Charlot-Valdieu, C. (2012). La réhabilitation énergétique des logements: Enjeux socio-économiques et environnementaux – Panorama des techniques – Outils et métho. Paris: Le Moniteur.
- 26- PC, C. (2010). L'habitat durable: Les logements collectifs basse consommation dans une densité réussie réalisés par des promoteurs immobiliers (1st ed.). Paris: PC éditions.
- 27- Philippe, L., n.d. Construction passive et énergie grise: une démarche globale pour économiser l'énergie dans la construction 14.
- 28- Ramon basagana et ali sayad, n.d. Habitat traditionnel et structures familiales en Kabylie.
- 29- SALDJA Nasser, 2016. Structure sociale et maison traditionnelle en Kabylie orientale.
- 30- SILVIO GUINDANI ET UIRICH DOEPPER, n.d. Architecture vernaculaire, territoire habitat et activités productives. Edition. presses polytechniques et universitaires romandes.
- 31- Union européenne, n.d. Architecture traditionnelle méditerranéenne.
- 32- Zidelmal ép. Remas, N., 2012. Les ambiances de la maison kabyle traditionnelle, Les révélations des textes et des formes.

#### Webographie :

1. Aprue : <http://www.aprue.org.dz/> dernière consultation juin 2018
2. Ashrae : <http://www.ashrae.org/> dernière consultation février 2018
3. La course du soleil : <http://herve.silve.pagesperso-orange.fr/solaire.htm>
4. Le confort thermique : <http://www.batitherm.ch/confort-thermique.html>
5. Le confort thermique : [http://www.labo-energetic.eu/fr/labo/a\\_telecharger/Guide%20d'utilisation/thermometre.html](http://www.labo-energetic.eu/fr/labo/a_telecharger/Guide%20d'utilisation/thermometre.html)
6. Les catégories de bâtiments selon les besoin de consommation énergétique <https://www.lisolation.fr/comprendre-classe-energie-maison-appartement>
7. Projet corpus sur l'espace traditionnel méditerranéen : <http://www.meda-corpus.net/frn/index.asp>
8. Reta : <http://www.reta.cder.dz/> dernière consultation octobre 2018
9. Stratégies bioclimatiques : <http://www.grenoble.archi.fr/cours-en-ligne/tixier/L5C-02-strategies.pdf>

## Annexes



**Rapport de calcul thermique**

**maison traditionnelle kabyle**

# SOMMAIRE

## **chambre rdc**

**paroi1 SudEst**

**paroi3 NordOuest**

**paroi4 SudOuest**

**porte**

**fenêtre**

**plancher sol**

**plafond**

**paroi2NordEstmitoyen**

## **chambre rdc avec mur isolé**

**paroi1 SudEst**

**paroi3 NordOuest**

**paroi4 SudOuest**

**porte**

**fenêtre**

**plancher sol**

**plafond**

**paroi2NordEstmitoyen**

## **chambre rdc avec mur et plancher haut isolé**

**paroi1 SudEst**

**paroi3 NordOuest**

**paroi4 SudOuest**

**porte**

**fenêtre**

**plancher bas**

**plancher haut**

**paroi2NordEstmitoyen**

## maison traditionnelle kabyle

### Donnée techniques

Localisation	Altitude	Latitude	Zone Thermique Hiver	Zone Thermique Eté
	813,00 m	36,00 °	A	A

### Conditions externes

Temp. externe en hiver	Temp. externe en été	Humidité spécifique	Ecart diurne
-1,50°	33,50 °	13,00	10,00

### Synthèse des enveloppes

Nom de l'enveloppe	Usage	Conformité Hiver C-3.2	Conformité Eté C-3.4
chambre rdc	habitation	Non conforme	Non conforme
chambre rdc avec mur isolé	habitation	Conforme	Conforme
chambre rdc avec mur et plancher haut isolé	habitation	Conforme	Conforme

# Envelope : chambre rdc

## Données techniques

Volume Brut	Volume Net	Usage		
96,00 m3	76,80 m3	Habitation	Logement individuel	Confort Normal

Temps de fonctionnement (climatisation)	Temp. interne Hiver	Temp. interne Eté
12 H	21°	27°

## Synthèse des échanges thermiques en hiver

DT	Dréf	Vérification C-3.2	
275,19 W/°C	154,65 W/°C	1,78	Non conforme

## Synthèse des échanges thermiques en été

APO non Aériennes	APO Aériennes	APOréf	AV	AVréf	Vérification C-3.4	
0,00 W	868,21 W	671,81 W	7,98 W	4,41 W	1,30	Non conforme

## Renouveaulement et infiltration d'air en hiver

QS	QV	DR	QVinf
55,24 m3/h	46,08 m3/h	34,45 W/°C	73,72 m3/h - Orientation: SE

## Renouveaulement et infiltration d'air en été

QVan	ARENs	AINFs	ARENI	AINFI	Renouveaulement d'air total
46,08 m3/h	95,85 W	153,34 W	68,31 W	109,28 W	426,78 W

## Puissance de chauffage

Cin : Coefficient de surpuissance	Cr : Coefficient des pertes calorifiques dues au réseau de tuyauteries éventuel	Puissance de chauffage
0,20	0,00	8,2 kW

## Puissance de climatisation

Nombre d'occupants	Puissance d'éclairage	Autres puissances dégagées	Puissance de Climatisation
1,00	0,00	0,00	1,3 kW

## 1- Toitures

Nom	Surface	DT	DTréf	APO	APOréf
plafond	19,70 m <sup>2</sup>	39,85 W/°C	17,73 W/°C	105,38 W	131,01 W
Total	19,70 m <sup>2</sup>	39,85 W/°C	17,73 W/°C	105,38 W	131,01 W

## 2- Murs

Nom	Surface	DT	DTréf	APO	APOréf
paroi1 SudEst	15,20 m <sup>2</sup>	41,38 W/°C	18,24 W/°C	216,66 W	128,34 W
paroi3 NordOuest	15,20 m <sup>2</sup>	41,38 W/°C	18,24 W/°C	66,87 W	87,04 W
paroi4 SudOuest	19,35 m <sup>2</sup>	52,67 W/°C	23,22 W/°C	97,91 W	201,83 W
paroi2NordEstmitoyen	22,80 m <sup>2</sup>	50,17 W/°C	27,36 W/°C	267,57 W	95,76 W
Total	72,55 m <sup>2</sup>	185,59 W/°C	87,06 W/°C	649,01 W	512,97 W

## 3- Fenêtres

Nom	Surface	DT	DTréf	AVT	AVE	AV	AVréf
fenêtre	0,15 m <sup>2</sup>	0,90 W/°C	0,57 W/°C	5,81 W	2,17 W	7,98 W	4,41 W
Total	0,15 m <sup>2</sup>	0,90 W/°C	0,57 W/°C	5,81 W	2,17 W	7,98 W	4,41 W

## 4- Portes

Nom	Surface	DT	DTréf	APO	APOréf
porte	3,30 m2	13,85 W/°C	9,89 W/°C	113,81 W	27,84 W

## 5- Planchers

Nom	Surface	DT	DTréf	APO	APOréf
plancher sol	19,70 m2	35,00 W/°C	39,40 W/°C	0,00 W	0,00 W
Total	19,70 m2	35,00 W/°C	39,40 W/°C	0,00 W	0,00 W

## Mur : paroi1 SudEst

### Données techniques

Surface	Orientation	Contact	Coéf. a Hiver	Coéf. a Eté
15,20 m <sup>2</sup>	SE	Exterieur	1,20 W/m <sup>2</sup> .°C	1,20 W/m <sup>2</sup> .°C

### Composition (de l'extérieur vers l'intérieur) :

Matériau	Conductivité	Epaisseur	Résistance
Pierres calcaires dures	2,40 W/m.°C	0,65 m	0,27 m <sup>2</sup> .°C/W
<b>Total</b>		0,65 m	0,27 m <sup>2</sup> .°C/W

### Coéfficients :

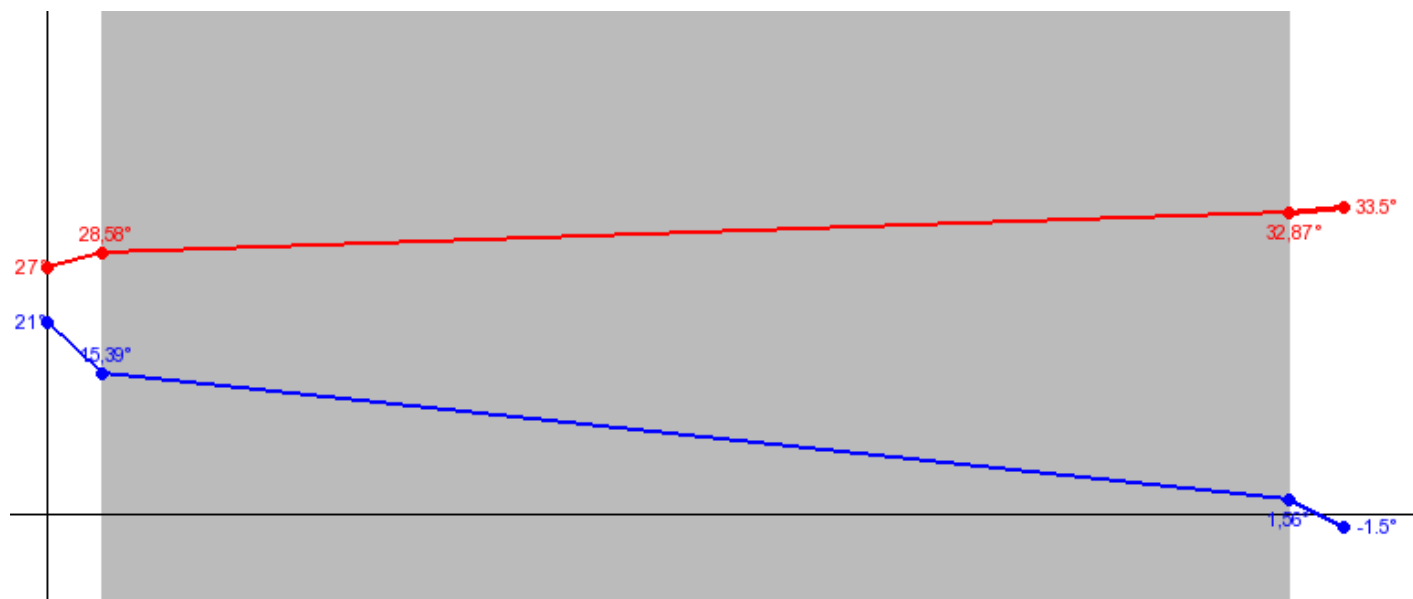
Résistances sup. Hiver	Coéf. K Hiver	Résistances sup. Eté	Coéf. K Eté	Facteur d'absorbtion alpha
0,17 W/m <sup>2</sup> .°C	2,27 W/m <sup>2</sup> .°C	0,14 W/m <sup>2</sup> .°C	2,43 W/m <sup>2</sup> .°C	0,70

### Tranferts thermiques :

DT	DTréf	APO	APOréf
41,38 W/°C	18,24 W/°C	216,66 W	128,34 W

### Profile de température :

## De l'intérieur vers l'extérieur



Couche	Température Hiver	Température Été
Température intérieure	21,00 °C	27,00 °C
Température de surface intérieure	15,39 °C	28,58 °C
1- Pierres calcaires dures	1,56 °C	32,87 °C
Température de surface extérieure	1,56 °C	32,87 °C
Température extérieure	-1,50 °C	33,50 °C

## Mur : paroi3 NordOuest

### Données techniques

Surface	Orientation	Contact	Coéf. a Hiver	Coéf. a Eté
15,20 m <sup>2</sup>	NO	Exterieur	1,20 W/m <sup>2</sup> .°C	1,20 W/m <sup>2</sup> .°C

### Composition (de l'extérieur vers l'intérieur) :

Matériau	Conductivité	Epaisseur	Résistance
Pierres calcaires dures	2,40 W/m.°C	0,65 m	0,27 m <sup>2</sup> .°C/W
<b>Total</b>		0,65 m	0,27 m <sup>2</sup> .°C/W

### Coéfficients :

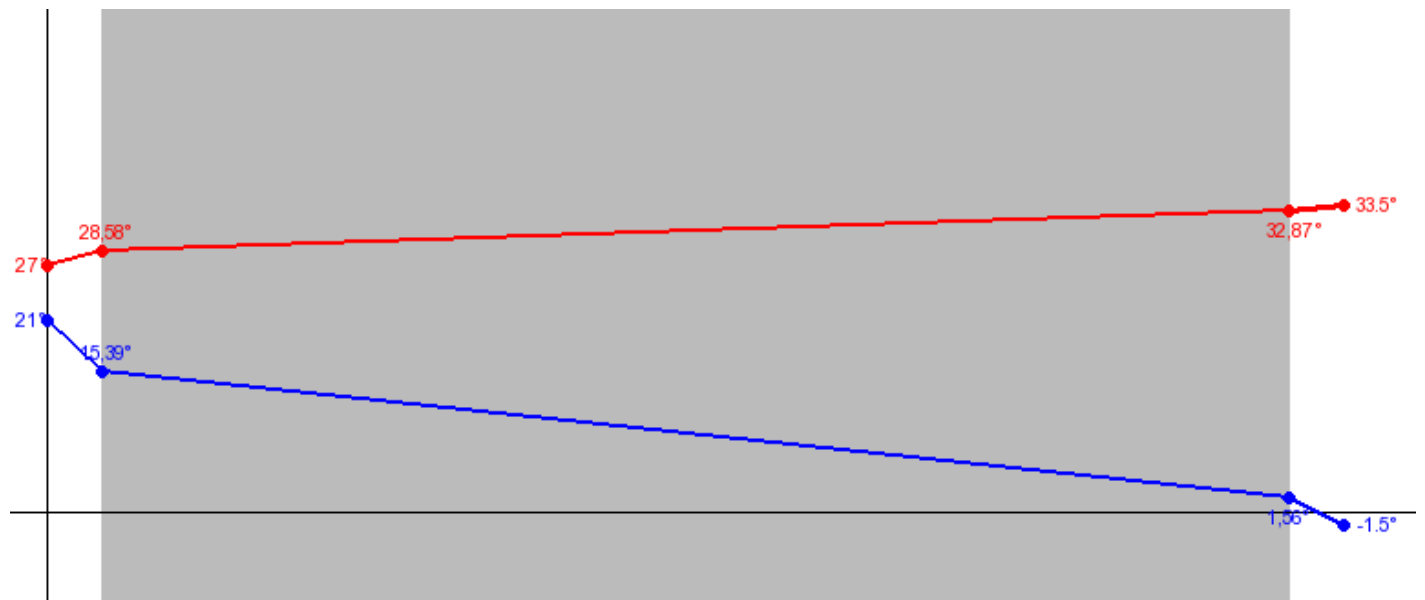
Résistances sup. Hiver	Coéf. K Hiver	Résistances sup. Eté	Coéf. K Eté	Facteur d'absorbition alpha
0,17 W/m <sup>2</sup> .°C	2,27 W/m <sup>2</sup> .°C	0,14 W/m <sup>2</sup> .°C	2,43 W/m <sup>2</sup> .°C	0,70

### Tranferts thermiques :

DT	DTréf	APO	APOréf
41,38 W/°C	18,24 W/°C	66,87 W	87,04 W

### Profile de température :

## De l'intérieur vers l'extérieur



Couche	Température Hiver	Température Été
Température intérieure	21,00 °C	27,00 °C
Température de surface intérieure	15,39 °C	28,58 °C
1- Pierres calcaires dures	1,56 °C	32,87 °C
Température de surface extérieure	1,56 °C	32,87 °C
Température extérieure	-1,50 °C	33,50 °C

## Mur : paroi4 SudOuest

### Données techniques

Surface	Orientation	Contact	Coéf. a Hiver	Coéf. a Eté
19,35 m <sup>2</sup>	SO	Exterieur	1,20 W/m <sup>2</sup> .°C	1,20 W/m <sup>2</sup> .°C

### Composition (de l'extérieur vers l'intérieur) :

Matériau	Conductivité	Epaisseur	Résistance
Pierres calcaires dures	2,40 W/m.°C	0,65 m	0,27 m <sup>2</sup> .°C/W
<b>Total</b>		0,65 m	0,27 m <sup>2</sup> .°C/W

### Coéfficients :

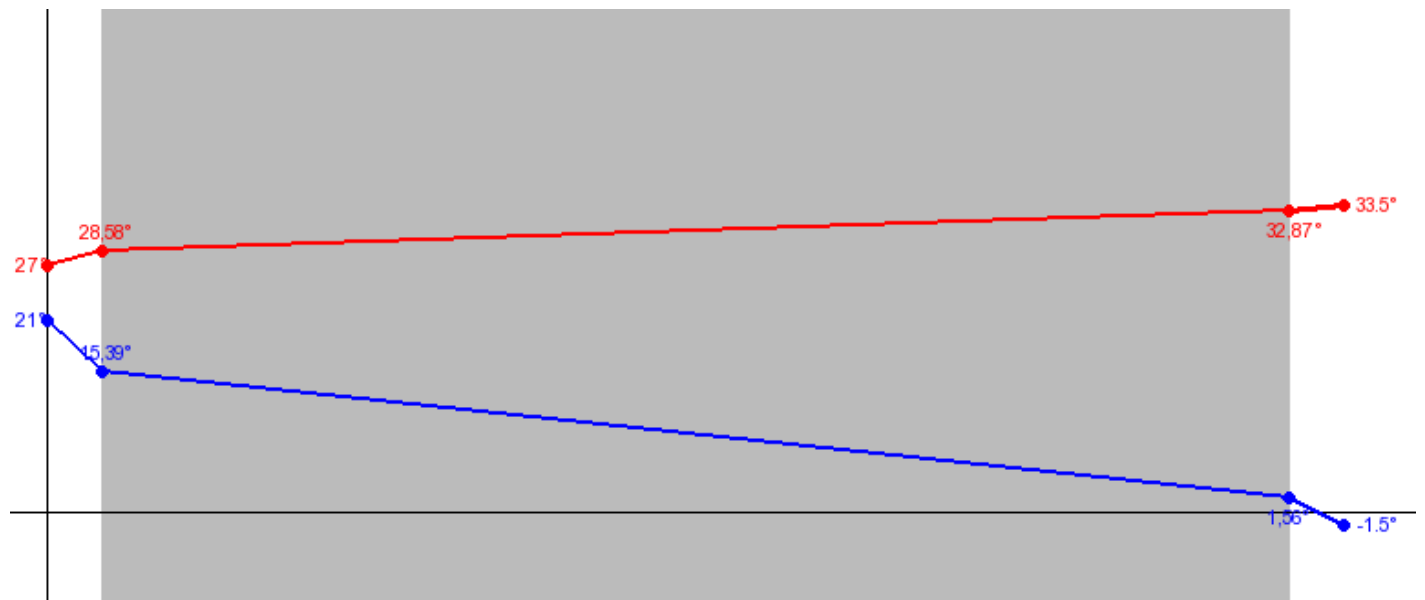
Résistances sup. Hiver	Coéf. K Hiver	Résistances sup. Eté	Coéf. K Eté	Facteur d'absorbition alpha
0,17 W/m <sup>2</sup> .°C	2,27 W/m <sup>2</sup> .°C	0,14 W/m <sup>2</sup> .°C	2,43 W/m <sup>2</sup> .°C	0,70

### Tranferts thermiques :

DT	DTréf	APO	APOréf
52,67 W/°C	23,22 W/°C	97,91 W	201,83 W

### Profile de température :

## De l'intérieur vers l'extérieur



Couche	Température Hiver	Température Été
Température intérieure	21,00 °C	27,00 °C
Température de surface intérieure	15,39 °C	28,58 °C
1- Pierres calcaires dures	1,56 °C	32,87 °C
Température de surface extérieure	1,56 °C	32,87 °C
Température extérieure	-1,50 °C	33,50 °C

# Porte : porte

## Données techniques

Surface	Composition	Orientation	Contact	Coéf. d Hiver	Coéf. d Eté
3,30 m <sup>2</sup>	Porte en bois - Opaque	SE	Exterieur	3,00 W/m <sup>2</sup> .°C	1,20 W/m <sup>2</sup> .°C

## Composition et coefficients K :

Kvn Hiver	Kvn Eté	Coéf. K Hiver	Résistances sup. Hiver	Résistances sup. Eté	Coéf. K Eté
3,50 W/m <sup>2</sup> .°C	3,47 W/m <sup>2</sup> .°C	3,50 W/m <sup>2</sup> .°C	0,17 W/m <sup>2</sup> .°C	0,14 W/m <sup>2</sup> .°C	3,47 W/m <sup>2</sup> .°C

## Tranferts thermiques :

DT	DTréf	APO	APOréf
13,85 W/°C	9,89 W/°C	113,81 W	27,84 W

## Infiltration d'air :

Hauteur Moyenne	Qs	QVOinf
2,20 m	53,61 m <sup>3</sup> /h	Vent Perpendiculaire : 71,54 m <sup>3</sup> /h Vent oblique : 42,86 m <sup>3</sup> /h

# Fenêtre : fenêtre

## Données techniques

Surface	Surface vitrée	Orientation	Contact
0,15 m <sup>2</sup>	0,11 m <sup>2</sup>	SE	Exterieur

## Composition

Composition	Kvn Hiver	Kvn Eté	Rv	Rrid	Rocc
Bois / Vitrage simple / -	5,00 W/m <sup>2</sup> .°C	4,97 W/m <sup>2</sup> .°C	0,00 (m <sup>2</sup> .°C)/W	0,00 (m <sup>2</sup> .°C)/W	0,00 (m <sup>2</sup> .°C)/W

## Coéfficients K :

Résistance totale	Coéf. K Hiver	Résistances sup. Hiver	Résistances sup. Eté	Coéf. K Eté
0,00 (m <sup>2</sup> .°C)/W	5,00 W/m <sup>2</sup> .°C	0,17 (m <sup>2</sup> .°C)/W	0,14 (m <sup>2</sup> .°C)/W	4,97 W/m <sup>2</sup> .°C

## Tranferts thermiques :

DT	Coéf. e	DTréf	AVT	Coéf. e'	AVTréf
0,90 W/m.°C	3,80 W/m <sup>2</sup> .°C	0,57 W/m.°C	5,81 W	4,20 W/m <sup>2</sup> .°C	4,10 W

## Apports thermiques par ensoleillement:

Orientation	Surface vitrée	Surface ensoleillée	Facteur solaire	AVE	AVEréf
SE	0,11 m <sup>2</sup>	0,00 m <sup>2</sup>	1,00	2,17 W	0,32 W

## Infiltration d'air :

Hauteur Moyenne	Qs	QVOinf
2,30 m	0,00 m <sup>3</sup> /h	Vent Perpendiculaire : 2,18 m <sup>3</sup> /h Vent oblique : 1,31 m <sup>3</sup> /h

# Plancher : plancher sol

## Données techniques

Surface	Orientation	Contact	Coéf. a Hiver	Coéf. a Eté
19,70 m <sup>2</sup>	Horizontal	Terre pleine	2,00 W/m <sup>2</sup> .°C	0,90 W/m <sup>2</sup> .°C

## Composition (de l'extérieur vers l'intérieur) :

Matériau	Conductivité	Epaisseur	Résistance
pisé, béton de terre stabilisée, blocs de terre comprimée, terre cuite	1,15 W/m.°C	0,40 m	0,35 m <sup>2</sup> .°C/W
<b>Total</b>		0,40 m	0,35 m <sup>2</sup> .°C/W

## Coéfficients :

Résistances sup. Hiver	Coéf. K Hiver	Résistances sup. Eté	Coéf. K Eté
0,17 W/m <sup>2</sup> .°C	1,93 W/m <sup>2</sup> .°C	0,08 W/m <sup>2</sup> .°C	2,34 W/m <sup>2</sup> .°C

## Tranferts thermiques :

DT	DTréf	APO	APOréf
35,00 W/°C	39,40 W/°C	0,00 W	0,00 W

# Toiture : plafond

## Données techniques

Surface	Orientation	Contact	Coéf. a Hiver	Coéf. a Eté
19,70 m <sup>2</sup>	Horizontal	Local non chauffe et non climatise	0,90 W/m <sup>2</sup> .°C	1,90 W/m <sup>2</sup> .°C

## Composition (de l'extérieur vers l'intérieur) :

Matériau	Conductivité	Epaisseur	Résistance
Entrevous - dalle de compression en béton courant	1,00 W/m.°C	0,30 m	0,30 m <sup>2</sup> .°C/W
Mortier de ciment	1,40 W/m.°C	0,02 m	0,01 m <sup>2</sup> .°C/W
Produits en céramique carreaux et dalles	1,00 W/m.°C	0,01 m	0,01 m <sup>2</sup> .°C/W
<b>Total</b>		0,33 m	0,32 m <sup>2</sup> .°C/W

## Coéfficients :

Résistances sup. Hiver	Coéf. K Hiver	Résistances sup. Eté	Coéf. K Eté
0,18 W/m <sup>2</sup> .°C	1,98 W/m <sup>2</sup> .°C	0,33 W/m <sup>2</sup> .°C	1,53 W/m <sup>2</sup> .°C

## Tranferts thermiques :

Réduction Tau	DT	DTréf	Réduction CInc	APO	APOréf
0,85	39,85 W/°C	17,73 W/°C	3,00 W/m <sup>2</sup> .°C	105,38 W	131,01 W

# Mur : paroi2NordEstmitoyen

## Données techniques

Surface	Orientation	Contact	Coéf. a Hiver	Coéf. a Eté
22,80 m <sup>2</sup>	NE	Local non chauffé et non climatisé	1,20 W/m <sup>2</sup> .°C	1,20 W/m <sup>2</sup> .°C

## Composition (de l'extérieur vers l'intérieur) :

Matériau	Conductivité	Epaisseur	Résistance
Pierres calcaires dures	2,40 W/m.°C	0,65 m	0,27 m <sup>2</sup> .°C/W
<b>Total</b>		0,65 m	0,27 m <sup>2</sup> .°C/W

## Coéfficients :

Résistances sup. Hiver	Coéf. K Hiver	Résistances sup. Eté	Coéf. K Eté
0,22 W/m <sup>2</sup> .°C	2,04 W/m <sup>2</sup> .°C	0,21 W/m <sup>2</sup> .°C	2,08 W/m <sup>2</sup> .°C

## Tranferts thermiques :

Réduction Tau	DT	DT <sub>réf</sub>	Réduction C <sub>inc</sub>	APO	APO <sub>réf</sub>
0,90	50,17 W/°C	27,36 W/°C	0,86 W/m <sup>2</sup> .°C	267,57 W	95,76 W

# Enveloppe : chambre rdc avec mur isolé

## Données techniques

Volume Brut	Volume Net	Usage		
96,00 m <sup>3</sup>	76,80 m <sup>3</sup>	Habitation	Logement individuel	Confort Normal

Temps de fonctionnement (climatisation)	Temp. interne Hiver	Temp. interne Eté
12 H	21°	27°

## Synthèse des échanges thermiques en hiver

DT	Dréf	Vérification C-3.2	
144,39 W/°C	154,65 W/°C	0,93	Conforme

## Synthèse des échanges thermiques en été

APO non Aériennes	APO Aériennes	APOréf	AV	AVréf	Vérification C-3.4	
0,00 W	406,27 W	671,81 W	7,98 W	4,41 W	0,61	Conforme

## Renouveaulement et infiltration d'air en hiver

QS	QV	DR	QVinf
55,24 m <sup>3</sup> /h	46,08 m <sup>3</sup> /h	34,45 W/°C	73,72 m <sup>3</sup> /h - Orientation: SE

## Renouveaulement et infiltration d'air en été

QVan	ARENs	AINFs	ARENI	AINFI	Renouveaulement d'air total
46,08 m <sup>3</sup> /h	95,85 W	153,34 W	68,31 W	109,28 W	426,78 W

## Puissance de chauffage

Cin : Coefficient de surpuissance	Cr : Coefficient des pertes calorifiques dues au réseau de tuyauteries éventuel	Puissance de chauffage
0,20	0,00	4,7 kW

## Puissance de climatisation

Nombre d'occupants	Puissance d'éclairage	Autres puissances dégagées	Puissance de Climatisation
1,00	0,00	0,00	0,9 kW

## 1- Toitures

Nom	Surface	DT	DTréf	APO	APOréf
plafond	19,70 m <sup>2</sup>	39,85 W/°C	17,73 W/°C	105,38 W	131,01 W
Total	19,70 m <sup>2</sup>	39,85 W/°C	17,73 W/°C	105,38 W	131,01 W

## 2- Murs

Nom	Surface	DT	DTréf	APO	APOréf
paroi1 SudEst	15,20 m <sup>2</sup>	11,96 W/°C	18,24 W/°C	59,55 W	128,34 W
paroi3 NordOuest	15,20 m <sup>2</sup>	11,96 W/°C	18,24 W/°C	18,38 W	87,04 W
paroi4 SudOuest	19,35 m <sup>2</sup>	15,23 W/°C	23,22 W/°C	26,91 W	201,83 W
paroi2NordEstmitoyen	22,80 m <sup>2</sup>	15,64 W/°C	27,36 W/°C	82,23 W	95,76 W
Total	72,55 m <sup>2</sup>	54,79 W/°C	87,06 W/°C	187,07 W	512,97 W

## 3- Fenêtres

Nom	Surface	DT	DTréf	AVT	AVE	AV	AVréf
fenêtre	0,15 m <sup>2</sup>	0,90 W/°C	0,57 W/°C	5,81 W	2,17 W	7,98 W	4,41 W
Total	0,15 m <sup>2</sup>	0,90 W/°C	0,57 W/°C	5,81 W	2,17 W	7,98 W	4,41 W

## 4- Portes

Nom	Surface	DT	DTréf	APO	APOréf
porte	3,30 m <sup>2</sup>	13,85 W/°C	9,89 W/°C	113,81 W	27,84 W

## 5- Planchers

Nom	Surface	DT	DTréf	APO	APOréf
plancher sol	19,70 m <sup>2</sup>	35,00 W/°C	39,40 W/°C	0,00 W	0,00 W
Total	19,70 m <sup>2</sup>	35,00 W/°C	39,40 W/°C	0,00 W	0,00 W

## Mur : paroi1 SudEst

### Données techniques

Surface	Orientation	Contact	Coéf. a Hiver	Coéf. a Eté
15,20 m <sup>2</sup>	SE	Exterieur	1,20 W/m <sup>2</sup> .°C	1,20 W/m <sup>2</sup> .°C

### Composition (de l'extérieur vers l'intérieur) :

Matériau	Conductivité	Epaisseur	Résistance
Produits en céramique carreaux et dalles	1,00 W/m.°C	0,02 m	0,02 m <sup>2</sup> .°C/W
Laines de roche	0,05 W/m.°C	0,05 m	1,06 m <sup>2</sup> .°C/W
Pierres calcaires dures	2,40 W/m.°C	0,65 m	0,27 m <sup>2</sup> .°C/W
<b>Total</b>		0,72 m	1,35 m <sup>2</sup> .°C/W

### Coéfficients :

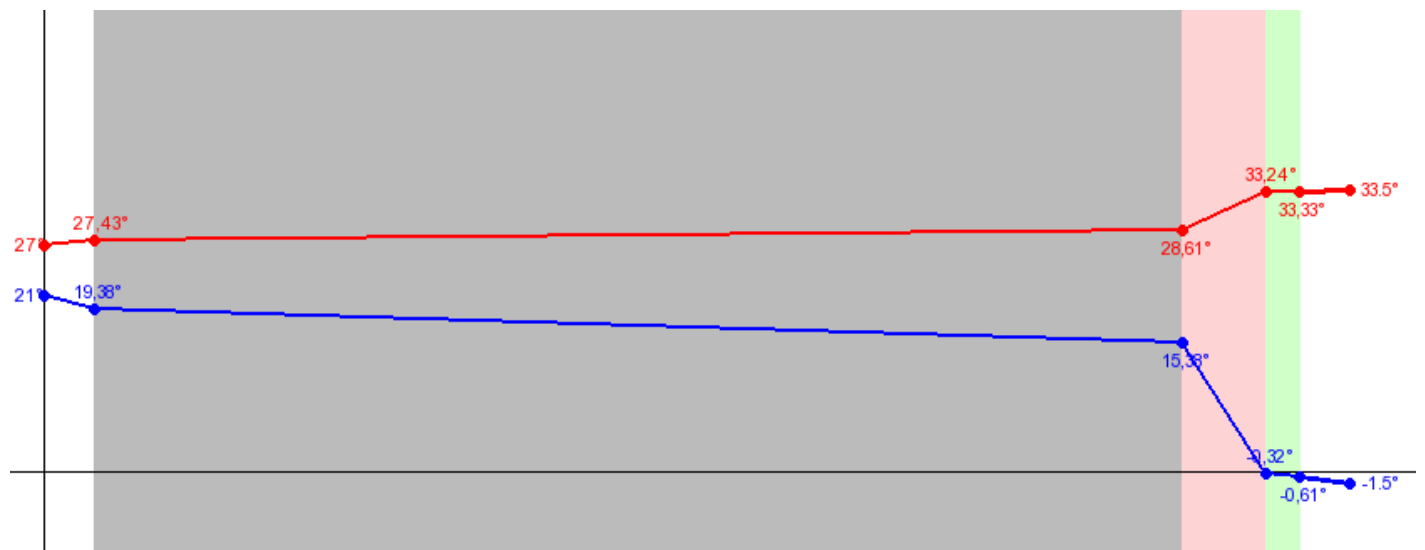
Résistances sup. Hiver	Coéf. K Hiver	Résistances sup. Eté	Coéf. K Eté	Facteur d'absorbtion alpha
0,17 W/m <sup>2</sup> .°C	0,66 W/m <sup>2</sup> .°C	0,14 W/m <sup>2</sup> .°C	0,67 W/m <sup>2</sup> .°C	0,70

### Tranferts thermiques :

DT	DTréf	APO	APOréf
11,96 W/°C	18,24 W/°C	59,55 W	128,34 W

## Profil de température :

De l'intérieur vers l'extérieur



Couche	Température Hiver	Température Été
Température intérieure	21,00 °C	27,00 °C
Température de surface intérieure	19,38 °C	27,43 °C
1- Pierres calcaires dures	15,38 °C	28,61 °C
2- Laines de roche	-0,32 °C	33,24 °C
3- Produits en céramique carreaux et dalles	-0,61 °C	33,33 °C
Température de surface extérieure	-0,61 °C	33,33 °C
Température extérieure	-1,50 °C	33,50 °C

## Mur : paroi3 NordOuest

### Données techniques

Surface	Orientation	Contact	Coéf. a Hiver	Coéf. a Eté
15,20 m <sup>2</sup>	NO	Exterieur	1,20 W/m <sup>2</sup> .°C	1,20 W/m <sup>2</sup> .°C

### Composition (de l'extérieur vers l'intérieur) :

Matériau	Conductivité	Epaisseur	Résistance
Produits en céramique carreaux et dalles	1,00 W/m.°C	0,02 m	0,02 m <sup>2</sup> .°C/W
Laines de roche	0,05 W/m.°C	0,05 m	1,06 m <sup>2</sup> .°C/W
Pierres calcaires dures	2,40 W/m.°C	0,65 m	0,27 m <sup>2</sup> .°C/W
<b>Total</b>		0,72 m	1,35 m <sup>2</sup> .°C/W

### Coéfficients :

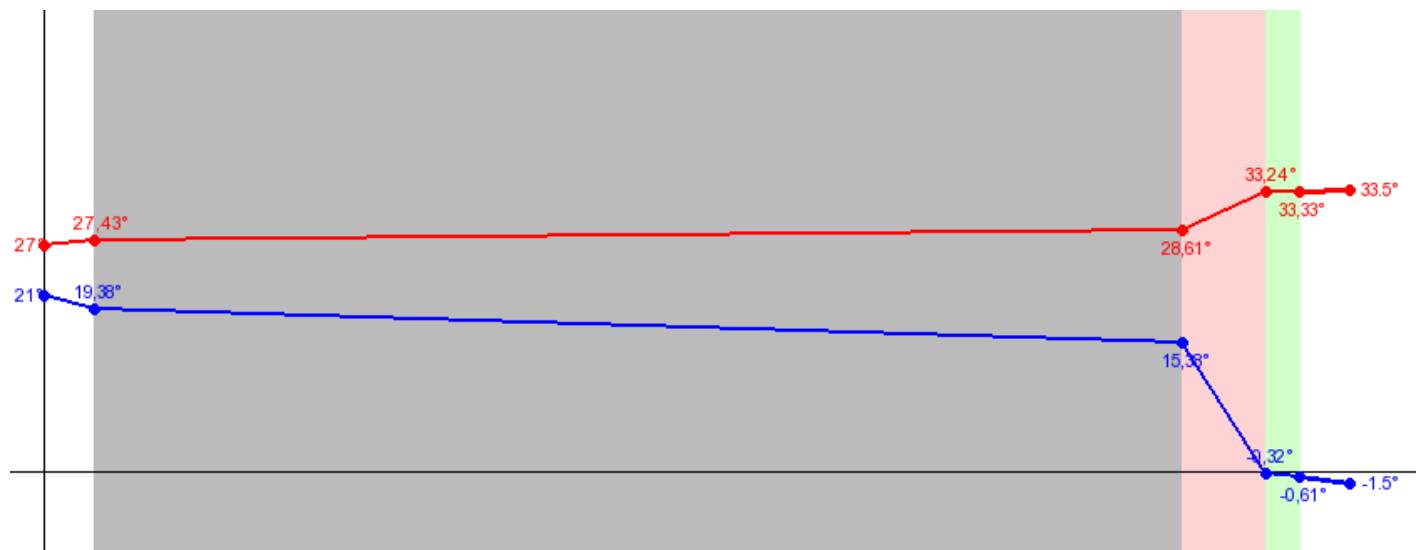
Résistances sup. Hiver	Coéf. K Hiver	Résistances sup. Eté	Coéf. K Eté	Facteur d'absorbtion alpha
0,17 W/m <sup>2</sup> .°C	0,66 W/m <sup>2</sup> .°C	0,14 W/m <sup>2</sup> .°C	0,67 W/m <sup>2</sup> .°C	0,70

### Tranferts thermiques :

DT	DTréf	APO	APOréf
11,96 W/°C	18,24 W/°C	18,38 W	87,04 W

## Profil de température :

De l'intérieur vers l'extérieur



Couche	Température Hiver	Température Été
Température intérieure	21,00 °C	27,00 °C
Température de surface intérieure	19,38 °C	27,43 °C
1- Pierres calcaires dures	15,38 °C	28,61 °C
2- Laines de roche	-0,32 °C	33,24 °C
3- Produits en céramique carreaux et dalles	-0,61 °C	33,33 °C
Température de surface extérieure	-0,61 °C	33,33 °C
Température extérieure	-1,50 °C	33,50 °C

# Mur : paroi4 SudOuest

## Données techniques

Surface	Orientation	Contact	Coéf. a Hiver	Coéf. a Eté
19,35 m <sup>2</sup>	SO	Exterieur	1,20 W/m <sup>2</sup> .°C	1,20 W/m <sup>2</sup> .°C

## Composition (de l'extérieur vers l'intérieur) :

Matériau	Conductivité	Epaisseur	Résistance
Produits en céramique carreaux et dalles	1,00 W/m.°C	0,02 m	0,02 m <sup>2</sup> .°C/W
Laines de roche	0,05 W/m.°C	0,05 m	1,06 m <sup>2</sup> .°C/W
Pierres calcaires dures	2,40 W/m.°C	0,65 m	0,27 m <sup>2</sup> .°C/W
<b>Total</b>		0,72 m	1,35 m <sup>2</sup> .°C/W

## Coéfficients :

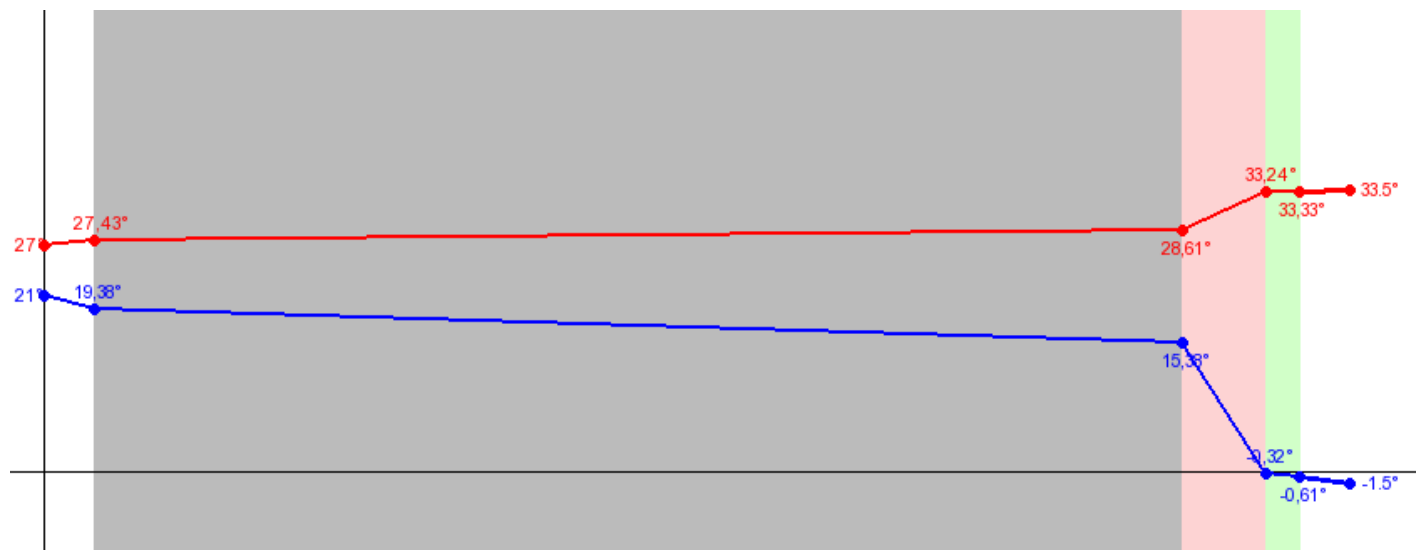
Résistances sup. Hiver	Coéf. K Hiver	Résistances sup. Eté	Coéf. K Eté	Facteur d'absorbtion alpha
0,17 W/m <sup>2</sup> .°C	0,66 W/m <sup>2</sup> .°C	0,14 W/m <sup>2</sup> .°C	0,67 W/m <sup>2</sup> .°C	0,70

## Tranferts thermiques :

DT	DTréf	APO	APOréf
15,23 W/°C	23,22 W/°C	26,91 W	201,83 W

## Profil de température :

De l'intérieur vers l'extérieur



Couche	Température Hiver	Température Été
Température intérieure	21,00 °C	27,00 °C
Température de surface intérieure	19,38 °C	27,43 °C
1- Pierres calcaires dures	15,38 °C	28,61 °C
2- Laines de roche	-0,32 °C	33,24 °C
3- Produits en céramique carreaux et dalles	-0,61 °C	33,33 °C
Température de surface extérieure	-0,61 °C	33,33 °C
Température extérieure	-1,50 °C	33,50 °C

# Porte : porte

## Données techniques

Surface	Composition	Orientation	Contact	Coéf. d Hiver	Coéf. d Eté
3,30 m <sup>2</sup>	Porte en bois - Opaque	SE	Exterieur	3,00 W/m <sup>2</sup> .°C	1,20 W/m <sup>2</sup> .°C

## Composition et coefficients K :

Kvn Hiver	Kvn Eté	Coéf. K Hiver	Résistances sup. Hiver	Résistances sup. Eté	Coéf. K Eté
3,50 W/m <sup>2</sup> .°C	3,47 W/m <sup>2</sup> .°C	3,50 W/m <sup>2</sup> .°C	0,17 W/m <sup>2</sup> .°C	0,14 W/m <sup>2</sup> .°C	3,47 W/m <sup>2</sup> .°C

## Tranferts thermiques :

DT	DTréf	APO	APOréf
13,85 W/°C	9,89 W/°C	113,81 W	27,84 W

## Infiltration d'air :

Hauteur Moyenne	Qs	QVOinf
2,20 m	53,61 m <sup>3</sup> /h	Vent Perpendiculaire : 71,54 m <sup>3</sup> /h Vent oblique : 42,86 m <sup>3</sup> /h

# Fenêtre : fenêtre

## Données techniques

Surface	Surface vitrée	Orientation	Contact
0,15 m <sup>2</sup>	0,11 m <sup>2</sup>	SE	Exterieur

## Composition

Composition	Kvn Hiver	Kvn Eté	Rv	Rrid	Rocc
Bois / Vitrage simple / -	5,00 W/m <sup>2</sup> .°C	4,97 W/m <sup>2</sup> .°C	0,00 (m <sup>2</sup> .°C)/W	0,00 (m <sup>2</sup> .°C)/W	0,00 (m <sup>2</sup> .°C)/W

## Coéfficients K :

Résistance totale	Coéf. K Hiver	Résistances sup. Hiver	Résistances sup. Eté	Coéf. K Eté
0,00 (m <sup>2</sup> .°C)/W	5,00 W/m <sup>2</sup> .°C	0,17 (m <sup>2</sup> .°C)/W	0,14 (m <sup>2</sup> .°C)/W	4,97 W/m <sup>2</sup> .°C

## Tranferts thermiques :

DT	Coéf. e	DTréf	AVT	Coéf. e'	AVTréf
0,90 W/m.°C	3,80 W/m <sup>2</sup> .°C	0,57 W/m.°C	5,81 W	4,20 W/m <sup>2</sup> .°C	4,10 W

## Apports thermiques par ensoleillement:

Orientation	Surface vitrée	Surface ensoleillée	Facteur solaire	AVE	AVEréf
SE	0,11 m <sup>2</sup>	0,00 m <sup>2</sup>	1,00	2,17 W	0,32 W

## Infiltration d'air :

Hauteur Moyenne	Qs	QVOinf
2,30 m	55,24 m <sup>3</sup> /h	Vent Perpendiculaire : 2,18 m <sup>3</sup> /h Vent oblique : 1,31 m <sup>3</sup> /h

# Plancher : plancher sol

## Données techniques

Surface	Orientation	Contact	Coéf. a Hiver	Coéf. a Eté
19,70 m <sup>2</sup>	Horizontal	Terre pleine	2,00 W/m <sup>2</sup> .°C	0,90 W/m <sup>2</sup> .°C

## Composition (de l'extérieur vers l'intérieur) :

Matériau	Conductivité	Epaisseur	Résistance
pisé, béton de terre stabilisée, blocs de terre comprimée, terre cuite	1,15 W/m.°C	0,40 m	0,35 m <sup>2</sup> .°C/W
<b>Total</b>		0,40 m	0,35 m <sup>2</sup> .°C/W

## Coéfficients :

Résistances sup. Hiver	Coéf. K Hiver	Résistances sup. Eté	Coéf. K Eté
0,17 W/m <sup>2</sup> .°C	1,93 W/m <sup>2</sup> .°C	0,08 W/m <sup>2</sup> .°C	2,34 W/m <sup>2</sup> .°C

## Tranferts thermiques :

DT	DTréf	APO	APOréf
35,00 W/°C	39,40 W/°C	0,00 W	0,00 W

# Toiture : plafond

## Données techniques

Surface	Orientation	Contact	Coéf. a Hiver	Coéf. a Eté
19,70 m <sup>2</sup>	Horizontal	Local non chauffe et non climatise	0,90 W/m <sup>2</sup> .°C	1,90 W/m <sup>2</sup> .°C

## Composition (de l'extérieur vers l'intérieur) :

Matériau	Conductivité	Epaisseur	Résistance
Entrevous - dalle de compression en béton courant	1,00 W/m.°C	0,30 m	0,30 m <sup>2</sup> .°C/W
Mortier de ciment	1,40 W/m.°C	0,02 m	0,01 m <sup>2</sup> .°C/W
Produits en céramique carreaux et dalles	1,00 W/m.°C	0,01 m	0,01 m <sup>2</sup> .°C/W
<b>Total</b>		0,33 m	0,32 m <sup>2</sup> .°C/W

## Coéfficients :

Résistances sup. Hiver	Coéf. K Hiver	Résistances sup. Eté	Coéf. K Eté
0,18 W/m <sup>2</sup> .°C	1,98 W/m <sup>2</sup> .°C	0,33 W/m <sup>2</sup> .°C	1,53 W/m <sup>2</sup> .°C

## Tranferts thermiques :

Réduction Tau	DT	DTréf	Réduction CInc	APO	APOréf
0,85	39,85 W/°C	17,73 W/°C	3,00 W/m <sup>2</sup> .°C	105,38 W	131,01 W

## Mur : paroi2NordEstmitoyen

### Données techniques

Surface	Orientation	Contact	Coéf. a Hiver	Coéf. a Eté
22,80 m <sup>2</sup>	NE	Local non chauffe et non climatise	1,20 W/m <sup>2</sup> .°C	1,20 W/m <sup>2</sup> .°C

### Composition (de l'extérieur vers l'intérieur) :

Matériau	Conductivité	Epaisseur	Résistance
Produits en céramique carreaux et dalles	1,00 W/m.°C	0,02 m	0,02 m <sup>2</sup> .°C/W
Laines de roche	0,05 W/m.°C	0,05 m	1,06 m <sup>2</sup> .°C/W
Pierres calcaires dures	2,40 W/m.°C	0,65 m	0,27 m <sup>2</sup> .°C/W
<b>Total</b>		0,72 m	1,35 m <sup>2</sup> .°C/W

### Coéfficients :

Résistances sup. Hiver	Coéf. K Hiver	Résistances sup. Eté	Coéf. K Eté
0,22 W/m <sup>2</sup> .°C	0,64 W/m <sup>2</sup> .°C	0,21 W/m <sup>2</sup> .°C	0,64 W/m <sup>2</sup> .°C

### Tranferts thermiques :

Réduction Tau	DT	DTréf	Réduction CInc	APO	APOréf
0,90	15,64 W/°C	27,36 W/°C	0,86 W/m <sup>2</sup> .°C	82,23 W	95,76 W

# Envelope : chambre rdc avec mur et plancher haut isolé

## Données techniques

Volume Brut	Volume Net	Usage		
96,00 m <sup>3</sup>	76,80 m <sup>3</sup>	Habitation	Logement individuel	Confort Normal

Temps de fonctionnement (climatisation)	Temp. interne Hiver	Temp. interne Eté
12 H	21°	27°

## Synthèse des échanges thermiques en hiver

DT	Dréf	Vérification C-3.2	
118,86 W/°C	154,65 W/°C	0,77	Conforme

## Synthèse des échanges thermiques en été

APO non Aériennes	APO Aériennes	APOréf	AV	AVréf	Vérification C-3.4	
0,00 W	341,02 W	671,81 W	7,98 W	4,41 W	0,52	Conforme

## Renouveaulement et infiltration d'air en hiver

QS	QV	DR	QVinf
55,24 m <sup>3</sup> /h	46,08 m <sup>3</sup> /h	34,45 W/°C	73,72 m <sup>3</sup> /h - Orientation: SE

## Renouveaulement et infiltration d'air en été

QVan	ARENs	AINFs	ARENI	AINFI	Renouveaulement d'air total
46,08 m <sup>3</sup> /h	95,85 W	153,34 W	68,31 W	109,28 W	426,78 W

## Puissance de chauffage

Cin : Coefficient de surpuissance	Cr : Coefficient des pertes calorifiques dues au réseau de tuyauteries éventuel	Puissance de chauffage
0,20	0,00	4,0 kW

## Puissance de climatisation

Nombre d'occupants	Puissance d'éclairage	Autres puissances dégagées	Puissance de Climatisation
1,00	0,00	0,00	0,8 kW

## 1- Toitures

Nom	Surface	DT	DTréf	APO	APOréf
plancher haut	19,70 m <sup>2</sup>	14,32 W/°C	17,73 W/°C	40,13 W	131,01 W
Total	19,70 m <sup>2</sup>	14,32 W/°C	17,73 W/°C	40,13 W	131,01 W

## 2- Murs

Nom	Surface	DT	DTréf	APO	APOréf
paroi1 SudEst	15,20 m <sup>2</sup>	11,96 W/°C	18,24 W/°C	59,55 W	128,34 W
paroi3 NordOuest	15,20 m <sup>2</sup>	11,96 W/°C	18,24 W/°C	18,38 W	87,04 W
paroi4 SudOuest	19,35 m <sup>2</sup>	15,23 W/°C	23,22 W/°C	26,91 W	201,83 W
paroi2NordEstmitoyen	22,80 m <sup>2</sup>	15,64 W/°C	27,36 W/°C	82,23 W	95,76 W
Total	72,55 m <sup>2</sup>	54,79 W/°C	87,06 W/°C	187,07 W	512,97 W

## 3- Fenêtres

Nom	Surface	DT	DTréf	AVT	AVE	AV	AVréf
fenêtre	0,15 m <sup>2</sup>	0,90 W/°C	0,57 W/°C	5,81 W	2,17 W	7,98 W	4,41 W
Total	0,15 m <sup>2</sup>	0,90 W/°C	0,57 W/°C	5,81 W	2,17 W	7,98 W	4,41 W

## 4- Portes

Nom	Surface	DT	DTréf	APO	APOréf
porte	3,30 m2	13,85 W/°C	9,89 W/°C	113,81 W	27,84 W

## 5- Planchers

Nom	Surface	DT	DTréf	APO	APOréf
plancher bas	19,70 m2	35,00 W/°C	39,40 W/°C	0,00 W	0,00 W
Total	19,70 m2	35,00 W/°C	39,40 W/°C	0,00 W	0,00 W

## Mur : paroi1 SudEst

### Données techniques

Surface	Orientation	Contact	Coéf. a Hiver	Coéf. a Eté
15,20 m <sup>2</sup>	SE	Exterieur	1,20 W/m <sup>2</sup> .°C	1,20 W/m <sup>2</sup> .°C

### Composition (de l'extérieur vers l'intérieur) :

Matériau	Conductivité	Epaisseur	Résistance
Produits en céramique carreaux et dalles	1,00 W/m.°C	0,02 m	0,02 m <sup>2</sup> .°C/W
Laines de roche	0,05 W/m.°C	0,05 m	1,06 m <sup>2</sup> .°C/W
Pierres calcaires dures	2,40 W/m.°C	0,65 m	0,27 m <sup>2</sup> .°C/W
<b>Total</b>		0,72 m	1,35 m <sup>2</sup> .°C/W

### Coéfficients :

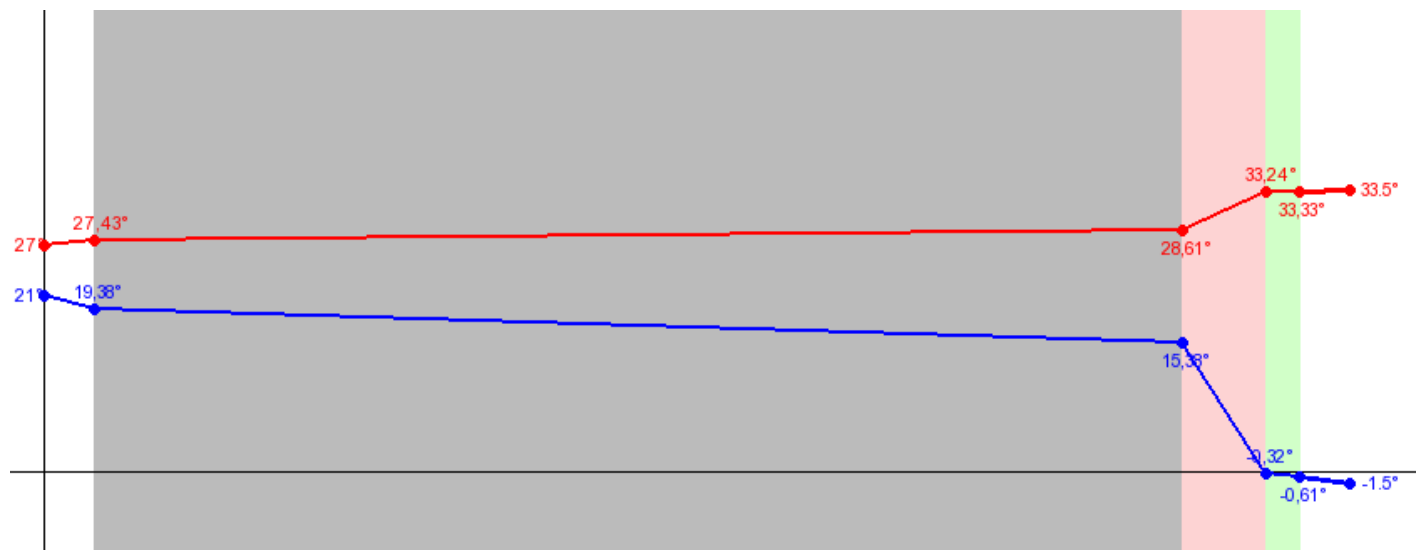
Résistances sup. Hiver	Coéf. K Hiver	Résistances sup. Eté	Coéf. K Eté	Facteur d'absorbtion alpha
0,17 W/m <sup>2</sup> .°C	0,66 W/m <sup>2</sup> .°C	0,14 W/m <sup>2</sup> .°C	0,67 W/m <sup>2</sup> .°C	0,70

### Tranferts thermiques :

DT	DTréf	APO	APOréf
11,96 W/°C	18,24 W/°C	59,55 W	128,34 W

## Profil de température :

De l'intérieur vers l'extérieur



Couche	Température Hiver	Température Été
Température intérieure	21,00 °C	27,00 °C
Température de surface intérieure	19,38 °C	27,43 °C
1- Pierres calcaires dures	15,38 °C	28,61 °C
2- Laines de roche	-0,32 °C	33,24 °C
3- Produits en céramique carreaux et dalles	-0,61 °C	33,33 °C
Température de surface extérieure	-0,61 °C	33,33 °C
Température extérieure	-1,50 °C	33,50 °C

## Mur : paroi3 NordOuest

### Données techniques

Surface	Orientation	Contact	Coéf. a Hiver	Coéf. a Eté
15,20 m <sup>2</sup>	NO	Exterieur	1,20 W/m <sup>2</sup> .°C	1,20 W/m <sup>2</sup> .°C

### Composition (de l'extérieur vers l'intérieur) :

Matériau	Conductivité	Epaisseur	Résistance
Produits en céramique carreaux et dalles	1,00 W/m.°C	0,02 m	0,02 m <sup>2</sup> .°C/W
Laines de roche	0,05 W/m.°C	0,05 m	1,06 m <sup>2</sup> .°C/W
Pierres calcaires dures	2,40 W/m.°C	0,65 m	0,27 m <sup>2</sup> .°C/W
<b>Total</b>		0,72 m	1,35 m <sup>2</sup> .°C/W

### Coéfficients :

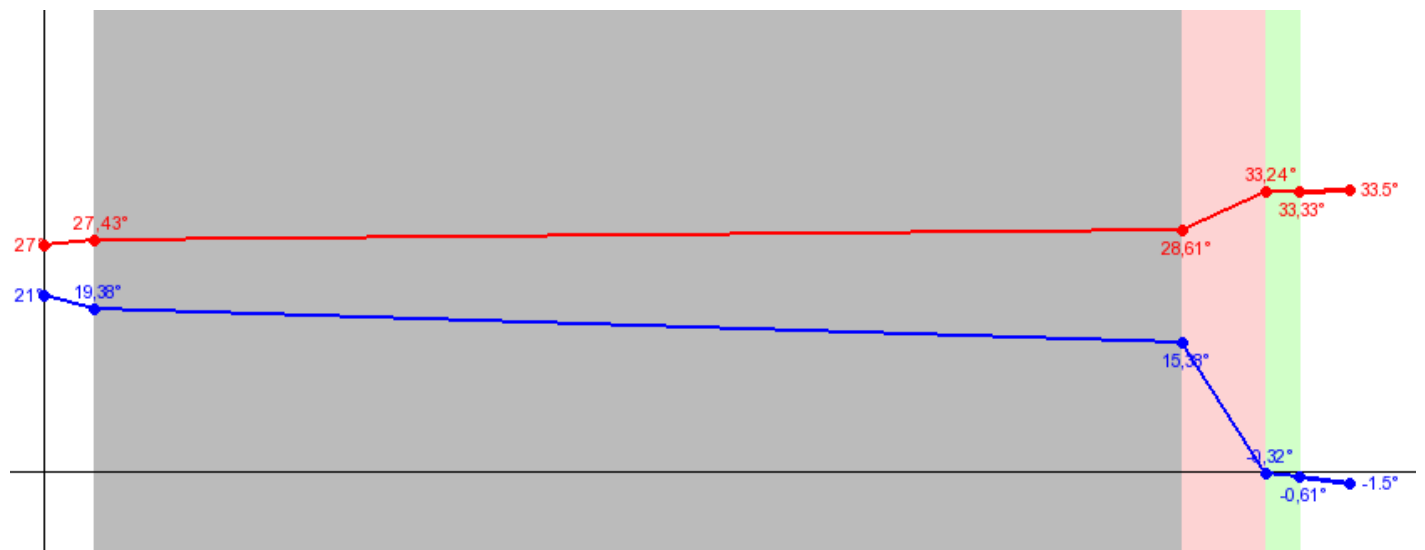
Résistances sup. Hiver	Coéf. K Hiver	Résistances sup. Eté	Coéf. K Eté	Facteur d'absorbtion alpha
0,17 W/m <sup>2</sup> .°C	0,66 W/m <sup>2</sup> .°C	0,14 W/m <sup>2</sup> .°C	0,67 W/m <sup>2</sup> .°C	0,70

### Tranferts thermiques :

DT	DTréf	APO	APOréf
11,96 W/°C	18,24 W/°C	18,38 W	87,04 W

## Profil de température :

De l'intérieur vers l'extérieur



Couche	Température Hiver	Température Été
Température intérieure	21,00 °C	27,00 °C
Température de surface intérieure	19,38 °C	27,43 °C
1- Pierres calcaires dures	15,38 °C	28,61 °C
2- Laines de roche	-0,32 °C	33,24 °C
3- Produits en céramique carreaux et dalles	-0,61 °C	33,33 °C
Température de surface extérieure	-0,61 °C	33,33 °C
Température extérieure	-1,50 °C	33,50 °C

## Mur : paroi4 SudOuest

### Données techniques

Surface	Orientation	Contact	Coéf. a Hiver	Coéf. a Eté
19,35 m <sup>2</sup>	SO	Exterieur	1,20 W/m <sup>2</sup> .°C	1,20 W/m <sup>2</sup> .°C

### Composition (de l'extérieur vers l'intérieur) :

Matériau	Conductivité	Epaisseur	Résistance
Produits en céramique carreaux et dalles	1,00 W/m.°C	0,02 m	0,02 m <sup>2</sup> .°C/W
Laines de roche	0,05 W/m.°C	0,05 m	1,06 m <sup>2</sup> .°C/W
Pierres calcaires dures	2,40 W/m.°C	0,65 m	0,27 m <sup>2</sup> .°C/W
	<b>Total</b>	0,72 m	1,35 m <sup>2</sup> .°C/W

### Coéfficients :

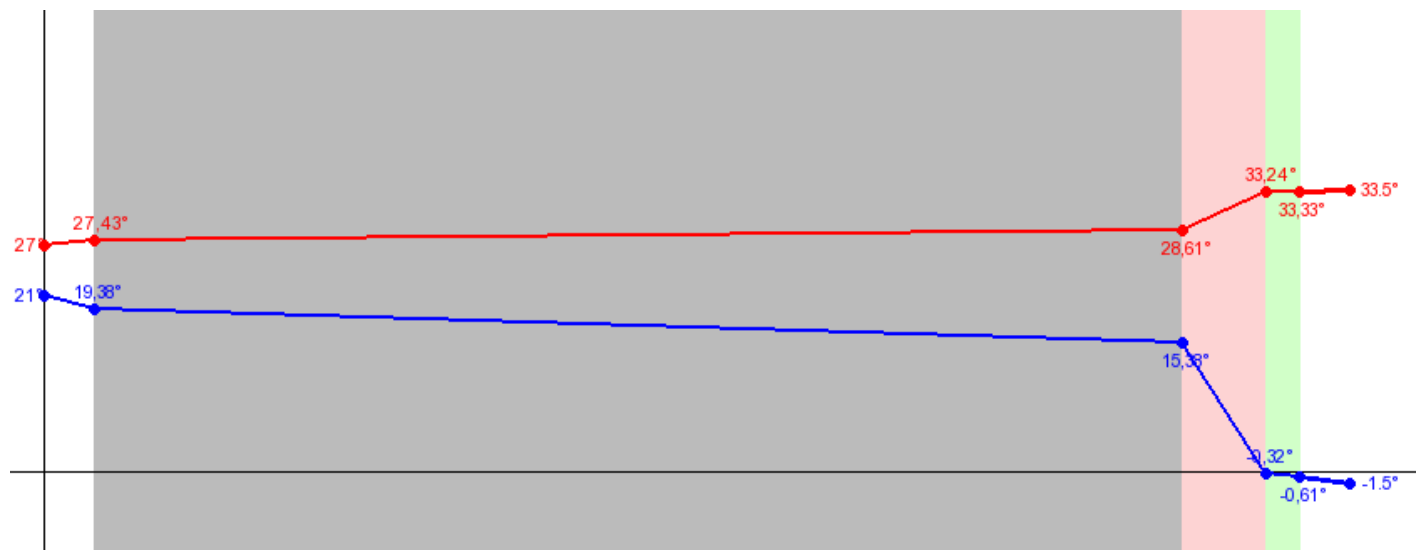
Résistances sup. Hiver	Coéf. K Hiver	Résistances sup. Eté	Coéf. K Eté	Facteur d'absorbtion alpha
0,17 W/m <sup>2</sup> .°C	0,66 W/m <sup>2</sup> .°C	0,14 W/m <sup>2</sup> .°C	0,67 W/m <sup>2</sup> .°C	0,70

### Tranferts thermiques :

DT	DTréf	APO	APOréf
15,23 W/°C	23,22 W/°C	26,91 W	201,83 W

## Profile de température :

De l'intérieur vers l'extérieur



Couche	Température Hiver	Température Été
Température intérieure	21,00 °C	27,00 °C
Température de surface intérieure	19,38 °C	27,43 °C
1- Pierres calcaires dures	15,38 °C	28,61 °C
2- Laines de roche	-0,32 °C	33,24 °C
3- Produits en céramique carreaux et dalles	-0,61 °C	33,33 °C
Température de surface extérieure	-0,61 °C	33,33 °C
Température extérieure	-1,50 °C	33,50 °C

# Porte : porte

## Données techniques

Surface	Composition	Orientation	Contact	Coéf. d Hiver	Coéf. d Eté
3,30 m <sup>2</sup>	Porte en bois - Opaque	SE	Exterieur	3,00 W/m <sup>2</sup> .°C	1,20 W/m <sup>2</sup> .°C

## Composition et coefficients K :

Kvn Hiver	Kvn Eté	Coéf. K Hiver	Résistances sup. Hiver	Résistances sup. Eté	Coéf. K Eté
3,50 W/m <sup>2</sup> .°C	3,47 W/m <sup>2</sup> .°C	3,50 W/m <sup>2</sup> .°C	0,17 W/m <sup>2</sup> .°C	0,14 W/m <sup>2</sup> .°C	3,47 W/m <sup>2</sup> .°C

## Tranferts thermiques :

DT	DTréf	APO	APOréf
13,85 W/°C	9,89 W/°C	113,81 W	27,84 W

## Infiltration d'air :

Hauteur Moyenne	Qs	QVOinf
2,20 m	53,61 m <sup>3</sup> /h	Vent Perpendiculaire : 71,54 m <sup>3</sup> /h Vent oblique : 42,86 m <sup>3</sup> /h

# Fenêtre : fenêtre

## Données techniques

Surface	Surface vitrée	Orientation	Contact
0,15 m <sup>2</sup>	0,11 m <sup>2</sup>	SE	Exterieur

## Composition

Composition	Kvn Hiver	Kvn Eté	Rv	Rrid	Rocc
Bois / Vitrage simple / -	5,00 W/m <sup>2</sup> .°C	4,97 W/m <sup>2</sup> .°C	0,00 (m <sup>2</sup> .°C)/W	0,00 (m <sup>2</sup> .°C)/W	0,00 (m <sup>2</sup> .°C)/W

## Coéfficients K :

Résistance totale	Coéf. K Hiver	Résistances sup. Hiver	Résistances sup. Eté	Coéf. K Eté
0,00 (m <sup>2</sup> .°C)/W	5,00 W/m <sup>2</sup> .°C	0,17 (m <sup>2</sup> .°C)/W	0,14 (m <sup>2</sup> .°C)/W	4,97 W/m <sup>2</sup> .°C

## Tranferts thermiques :

DT	Coéf. e	DTréf	AVT	Coéf. e'	AVTréf
0,90 W/m.°C	3,80 W/m <sup>2</sup> .°C	0,57 W/m.°C	5,81 W	4,20 W/m <sup>2</sup> .°C	4,10 W

## Apports thermiques par ensoleillement:

Orientation	Surface vitrée	Surface ensoleillée	Facteur solaire	AVE	AVEréf
SE	0,11 m <sup>2</sup>	0,00 m <sup>2</sup>	1,00	2,17 W	0,32 W

## Infiltration d'air :

Hauteur Moyenne	Qs	QVOinf
2,30 m	55,24 m <sup>3</sup> /h	Vent Perpendiculaire : 2,18 m <sup>3</sup> /h Vent oblique : 1,31 m <sup>3</sup> /h

# Plancher : plancher bas

## Données techniques

Surface	Orientation	Contact	Coéf. a Hiver	Coéf. a Eté
19,70 m <sup>2</sup>	Horizontal	Terre pleine	2,00 W/m <sup>2</sup> .°C	0,90 W/m <sup>2</sup> .°C

## Composition (de l'extérieur vers l'intérieur) :

Matériau	Conductivité	Epaisseur	Résistance
pisé, béton de terre stabilisée, blocs de terre comprimée, terre cuite	1,15 W/m.°C	0,40 m	0,35 m <sup>2</sup> .°C/W
<b>Total</b>		0,40 m	0,35 m <sup>2</sup> .°C/W

## Coéfficients :

Résistances sup. Hiver	Coéf. K Hiver	Résistances sup. Eté	Coéf. K Eté
0,17 W/m <sup>2</sup> .°C	1,93 W/m <sup>2</sup> .°C	0,08 W/m <sup>2</sup> .°C	2,34 W/m <sup>2</sup> .°C

## Tranferts thermiques :

DT	DTréf	APO	APOréf
35,00 W/°C	39,40 W/°C	0,00 W	0,00 W

# Toiture : plancher haut

## Données techniques

Surface	Orientation	Contact	Coéf. a Hiver	Coéf. a Eté
19,70 m <sup>2</sup>	Horizontal	Local non chauffe et non climatise	0,90 W/m <sup>2</sup> .°C	1,90 W/m <sup>2</sup> .°C

## Composition (de l'extérieur vers l'intérieur) :

Matériau	Conductivité	Epaisseur	Résistance
Entrevous - dalle de compression en béton courant	1,00 W/m.°C	0,30 m	0,30 m <sup>2</sup> .°C/W
Polystyrène expansé	0,05 W/m.°C	0,03 m	0,65 m <sup>2</sup> .°C/W
Mortier de ciment	1,40 W/m.°C	0,02 m	0,01 m <sup>2</sup> .°C/W
Produits en céramique carreaux et dalles	1,00 W/m.°C	0,01 m	0,01 m <sup>2</sup> .°C/W
<b>Total</b>		0,38 m	1,39 m <sup>2</sup> .°C/W

## Coéfficients :

Résistances sup. Hiver	Coéf. K Hiver	Résistances sup. Eté	Coéf. K Eté
0,18 W/m <sup>2</sup> .°C	0,64 W/m <sup>2</sup> .°C	0,33 W/m <sup>2</sup> .°C	0,58 W/m <sup>2</sup> .°C

## Tranferts thermiques :

Réduction Tau	DT	DTréf	Réduction Cinc	APO	APOréf
0,95	14,32 W/°C	17,73 W/°C	3,00 W/m <sup>2</sup> .°C	40,13 W	131,01 W

## Mur : paroi2NordEstmitoyen

### Données techniques

Surface	Orientation	Contact	Coéf. a Hiver	Coéf. a Eté
22,80 m <sup>2</sup>	NE	Local non chauffe et non climatise	1,20 W/m <sup>2</sup> .°C	1,20 W/m <sup>2</sup> .°C

### Composition (de l'extérieur vers l'intérieur) :

Matériau	Conductivité	Epaisseur	Résistance
Produits en céramique carreaux et dalles	1,00 W/m.°C	0,02 m	0,02 m <sup>2</sup> .°C/W
Laines de roche	0,05 W/m.°C	0,05 m	1,06 m <sup>2</sup> .°C/W
Pierres calcaires dures	2,40 W/m.°C	0,65 m	0,27 m <sup>2</sup> .°C/W
<b>Total</b>		0,72 m	1,35 m <sup>2</sup> .°C/W

### Coéfficients :

Résistances sup. Hiver	Coéf. K Hiver	Résistances sup. Eté	Coéf. K Eté
0,22 W/m <sup>2</sup> .°C	0,64 W/m <sup>2</sup> .°C	0,21 W/m <sup>2</sup> .°C	0,64 W/m <sup>2</sup> .°C

### Tranferts thermiques :

Réduction Tau	DT	DTréf	Réduction CInc	APO	APOréf
0,90	15,64 W/°C	27,36 W/°C	0,86 W/m <sup>2</sup> .°C	82,23 W	95,76 W

## Project Summary

Emplacement et météo	
Projet	Nom du projet
Adresse	
Date de calcul	vendredi 26 octobre 2018 22:15
Type de rapport	Détaillé
Latitude	36.52°
Longitude	4.06°
Température sèche en été	37 °C
Température humide en été	26 °C
Température sèche en hiver	2 °C
Plage quotidienne moyenne	11 °C

## Building Summary

Entrées	
Type de bâtiment	Famille unique
Surface (m <sup>2</sup> )	30.20
Volume (m <sup>3</sup> )	86.02
Résultats calculés	
Charge totale de refroidissement maximal (W)	1,693
Mois et heure du refroidissement maximal	Août 15:00
Charge perceptible de refroidissement maximal (W)	1,375
Charge latente de refroidissement maximal (W)	318
Capacité de refroidissement maximale (W)	1,654
Ecoulement d'air de refroidissement maximal (L/s)	59.7
Charge de chauffage maximal (W)	1,184
Ecoulement d'air de chauffage maximal (L/s)	79.5
Totaux de contrôle	
Densité de la charge de refroidissement (W/m <sup>2</sup> )	56.06
Densité du flux de refroidissement (L/(s·m <sup>2</sup> ))	1.98
Flux / Charge de refroidissement (L/(s·kW))	35.28
Surface / Charge de refroidissement (m <sup>2</sup> /kW)	17.84
Densité de la charge de chauffage (W/m <sup>2</sup> )	39.21
Densité du flux de chauffage (L/(s·m <sup>2</sup> ))	2.63

## Level Summary - Niveau 0

Entrées	
Surface (m <sup>2</sup> )	19.70
Volume (m <sup>3</sup> )	65.02
Résultats calculés	
Charge totale de refroidissement maximal (W)	1,267
Mois et heure du refroidissement maximal	Octobre 14:00
Charge perceptible de refroidissement maximal (W)	1,289
Charge latente de refroidissement maximal (W)	-22
Ecoulement d'air de refroidissement maximal (L/s)	50.1
Charge de chauffage maximal (W)	564
Ecoulement d'air de chauffage maximal (L/s)	53.5
Totaux de contrôle	
Densité de la charge de refroidissement (W/m <sup>2</sup> )	64.31
Densité du flux de refroidissement (L/(s·m <sup>2</sup> ))	2.54
Flux / Charge de refroidissement (L/(s·kW))	39.54
Surface / Charge de refroidissement (m <sup>2</sup> /kW)	15.55
Densité de la charge de chauffage (W/m <sup>2</sup> )	28.62
Densité du flux de chauffage (L/(s·m <sup>2</sup> ))	2.72

## Level Summary - Niveau 1

Entrées	
Surface (m <sup>2</sup> )	10.50
Volume (m <sup>3</sup> )	21.01
Résultats calculés	
Charge totale de refroidissement maximal (W)	337
Mois et heure du refroidissement maximal	Août 16:00
Charge perceptible de refroidissement maximal (W)	303
Charge latente de refroidissement maximal (W)	34
Ecoulement d'air de refroidissement maximal (L/s)	9.6
Charge de chauffage maximal (W)	243
Ecoulement d'air de chauffage maximal (L/s)	25.9
Totaux de contrôle	
Densité de la charge de refroidissement (W/m <sup>2</sup> )	32.08
Densité du flux de refroidissement (L/(s·m <sup>2</sup> ))	0.92
Flux / Charge de refroidissement (L/(s·kW))	28.61
Surface / Charge de refroidissement (m <sup>2</sup> /kW)	31.17
Densité de la charge de chauffage (W/m <sup>2</sup> )	23.16
Densité du flux de chauffage (L/(s·m <sup>2</sup> ))	2.47

## Zone Summary - Par défaut

Entrées	
Surface (m²)	30.20
Volume (m³)	86.02
Point de consigne du refroidissement	23 °C
Point de consigne du chauffage	21 °C
Température de soufflage	12 °C
Nombre de personnes	4
Infiltration (L/s)	9.7
Type de calcul du volume d'air	Chauffage à rayonnement - Carneau
Humidité relative	36.00% (Calculated)
Psychrométrie	
Message de psychrométrie	None
Température de bulbe sec en entrée du serpentin de refroidissement	33 °C
Température de bulbe humide en entrée du serpentin de refroidissement	22 °C
Température de bulbe sec en sortie du serpentin de refroidissement	12 °C
Température de bulbe humide en sortie du serpentin de refroidissement	14 °C
Température de bulbe sec d'air mixte	33 °C
Résultats calculés	
Charge totale de refroidissement maximal (W)	1,654
Mois et heure du refroidissement maximal	Septembre 15:00
Charge perceptible de refroidissement maximal (W)	1,406
Charge latente de refroidissement maximal (W)	248
Ecoulement d'air de refroidissement maximal (L/s)	59.7
Charge de chauffage maximal (W)	1,184
Ecoulement d'air de chauffage maximal (L/s)	79.5
Ecoulement d'air de ventilation maximale (L/s)	16.3
Totaux de contrôle	
Densité de la charge de refroidissement (W/m²)	54.75
Densité du flux de refroidissement (L/(s·m²))	1.98
Flux / Charge de refroidissement (L/(s·kW))	36.12
Surface / Charge de refroidissement (m²/kW)	18.26
Densité de la charge de chauffage (W/m²)	39.21
Densité du flux de chauffage (L/(s·m²))	2.63
Densité de la ventilation (L/(s·m²))	0.54
Ventilation / Personne (L/s)	4.1
Flux de chauffage hydraulique (L/s)	0.0

Cooling Components	Total (W)	Percentage	Nord (W)	Sud (W)	Est (W)	Ouest (W)	Nord-est (W)	Sud-est (W)	Nord-ouest (W)	Sud-ouest (W)
Mur	20	1.19%	-52	26	68	-22	0	0	0	0
Fenêtre	821	49.65%	0	821	0	0	0	0	0	0
Porte	15	0.90%	0	15	0	0	0	0	0	0
Toit	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Lucarne	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Cloison	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Infiltration	28	1.68%	-	-	-	-	-	-	-	-
Ventilation	232	14.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Eclairage	286	17.32%	-	-	-	-	-	-	-	-
Puissance	135	8.17%	-	-	-	-	-	-	-	-
Personnes	117	7.08%	-	-	-	-	-	-	-	-
Plénum	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Radiateur-ventilateur	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Réchauffage	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-

Total	1,654	100%	-52	862	68	-22	0	0	0	0
Heating Components	Total (W)	Percentage	Nord (W)	Sud (W)	Est (W)	Ouest (W)	Nord-est (W)	Sud-est (W)	Nord-ouest (W)	Sud-ouest (W)
Mur	827	36.57%	259	186	191	191	0	0	0	0
Fenêtre	191	8.45%	0	191	0	0	0	0	0	0
Porte	104	4.60%	0	104	0	0	0	0	0	0
Toit	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Lucarne	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Cloison	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Infiltration	223	9.88%	-	-	-	-	-	-	-	-
Ventilation	377	16.67%	-	-	-	-	-	-	-	-
Eclairage	-286	-12.67%	-	-	-	-	-	-	-	-
Puissance	-135	-5.98%	-	-	-	-	-	-	-	-
Personnes	-117	-5.18%	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	1,184	100%	259	481	191	191	0	0	0	0

## Par défaut Spaces

Nom d'espace	Surface (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Charge de refroidissement maximal (W)	Ecoulement d'air de refroidissement (L/s)	Charge de chauffage maximal (W)	Ecoulement d'air de chauffage (L/s)
<a href="#">1 Espace</a>	19.70	65.02	1,193	50.1	564	53.5
<a href="#">2 Espace</a>	10.50	21.01	229	9.6	243	25.9

## Space Summary - 1 Espace

Données d'entrée	
Surface (m <sup>2</sup> )	19.70
Volume (m <sup>3</sup> )	65.02
Surface de murs (m <sup>2</sup> )	69.04
Surface de toits (m <sup>2</sup> )	0.00
Surface de portes (m <sup>2</sup> )	0.00
Surface de cloisons (m <sup>2</sup> )	0.00
Surface de fenêtres (m <sup>2</sup> )	6.53
Surface de lucarnes (m <sup>2</sup> )	0.00
Charge d'éclairage (W)	212
Charge de puissance (W)	276
Nombre de personnes	2
Gain de chaleur perceptible / Personne (W)	73
Gain de chaleur latente / Personne (W)	59
Écoulement d'air d'infiltration (L/s)	6.7
Type d'espace	Famille unique (hérité du type de bâtiment)
Résultats calculés	
Charge totale de refroidissement maximal (W)	1,193
Charge perceptible de refroidissement maximal (W)	1,154
Charge latente de refroidissement maximal (W)	38
Flux d'air de refroidissement maximal (L/s)	50.1
Charge de chauffage maximal (W)	564
Flux d'air de refroidissement maximal (L/s)	53.5

Cooling Components	Total (W)	Percentage	Nord (W)	Sud (W)	Est (W)	Ouest (W)	Nord-est (W)	Sud-est (W)	Nord-ouest (W)	Sud-ouest (W)
Mur	10	0.82%	-37	17	44	-15	0	0	0	0
Fenêtre	821	68.84%	0	821	0	0	0	0	0	0
Porte	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Toit	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Lucarne	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Cloison	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Infiltration	19	1.61%	-	-	-	-	-	-	-	-
Eclairage	180	15.11%	-	-	-	-	-	-	-	-
Puissance	83	7.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Personnes	79	6.62%	-	-	-	-	-	-	-	-
Plénum	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	1,193	100%	-37	838	44	-15	0	0	0	0
Heating Components	Total (W)	Percentage	Nord (W)	Sud (W)	Est (W)	Ouest (W)	Nord-est (W)	Sud-est (W)	Nord-ouest (W)	Sud-ouest (W)
Mur	561	44.95%	185	126	125	125	0	0	0	0
Fenêtre	191	15.31%	0	191	0	0	0	0	0	0
Porte	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Toit	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Cloison	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Lucarne	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Infiltration	154	12.32%	-	-	-	-	-	-	-	-
Eclairage	-180	-14.43%	-	-	-	-	-	-	-	-
Puissance	-83	-6.68%	-	-	-	-	-	-	-	-
Personnes	-79	-6.32%	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	564	100%	185	317	125	125	0	0	0	0

## Space Summary - 2 Espace

Données d'entrée	
Surface (m <sup>2</sup> )	10.50
Volume (m <sup>3</sup> )	21.01
Surface de murs (m <sup>2</sup> )	31.21
Surface de toits (m <sup>2</sup> )	0.00
Surface de portes (m <sup>2</sup> )	1.64
Surface de cloisons (m <sup>2</sup> )	0.00
Surface de fenêtres (m <sup>2</sup> )	0.00
Surface de lucarnes (m <sup>2</sup> )	0.00
Charge d'éclairage (W)	125
Charge de puissance (W)	61
Nombre de personnes	2
Gain de chaleur perceptible / Personne (W)	73
Gain de chaleur latente / Personne (W)	45
Écoulement d'air d'infiltration (L/s)	3.0
Type d'espace	Dortoir
Résultats calculés	
Charge totale de refroidissement maximal (W)	229
Charge perceptible de refroidissement maximal (W)	214
Charge latente de refroidissement maximal (W)	16
Flux d'air de refroidissement maximal (L/s)	9.6
Charge de chauffage maximal (W)	243
Flux d'air de refroidissement maximal (L/s)	25.9

Cooling Components	Total (W)	Percentage	Nord (W)	Sud (W)	Est (W)	Ouest (W)	Nord-est (W)	Sud-est (W)	Nord-ouest (W)	Sud-ouest (W)
Mur	10	4.28%	-15	9	23	-7	0	0	0	0
Fenêtre	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Porte	15	6.51%	0	15	0	0	0	0	0	0
Toit	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Lucarne	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Cloison	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Infiltration	9	3.77%	-	-	-	-	-	-	-	-
Eclairage	106	46.31%	-	-	-	-	-	-	-	-
Puissance	52	22.53%	-	-	-	-	-	-	-	-
Personnes	38	16.60%	-	-	-	-	-	-	-	-
Plénum	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	229	100%	-15	24	23	-7	0	0	0	0
Heating Components	Total (W)	Percentage	Nord (W)	Sud (W)	Est (W)	Ouest (W)	Nord-est (W)	Sud-est (W)	Nord-ouest (W)	Sud-ouest (W)
Mur	266	41.80%	75	60	66	66	0	0	0	0
Fenêtre	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Porte	104	16.39%	0	104	0	0	0	0	0	0
Toit	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Cloison	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Lucarne	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Infiltration	70	10.95%	-	-	-	-	-	-	-	-
Eclairage	-106	-16.73%	-	-	-	-	-	-	-	-
Puissance	-52	-8.14%	-	-	-	-	-	-	-	-
Personnes	-38	-6.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	243	100%	75	164	66	66	0	0	0	0

## Project Summary

Emplacement et météo	
Projet	Nom du projet
Adresse	
Date de calcul	vendredi 26 octobre 2018 22:35
Type de rapport	Détaillé
Latitude	36.52°
Longitude	4.06°
Température sèche en été	34 °C
Température humide en été	25 °C
Température sèche en hiver	2 °C
Plage quotidienne moyenne	11 °C

## Building Summary

Entrées	
Type de bâtiment	Famille unique
Surface (m <sup>2</sup> )	38.55
Volume (m <sup>3</sup> )	106.10
Résultats calculés	
Charge totale de refroidissement maximal (W)	4,372
Mois et heure du refroidissement maximal	Septembre 14:00
Charge perceptible de refroidissement maximal (W)	4,027
Charge latente de refroidissement maximal (W)	346
Capacité de refroidissement maximale (W)	4,372
Ecoulement d'air de refroidissement maximal (L/s)	173.8
Charge de chauffage maximal (W)	4,862
Ecoulement d'air de chauffage maximal (L/s)	258.7
Totaux de contrôle	
Densité de la charge de refroidissement (W/m <sup>2</sup> )	113.42
Densité du flux de refroidissement (L/(s·m <sup>2</sup> ))	4.51
Flux / Charge de refroidissement (L/(s·kW))	39.74
Surface / Charge de refroidissement (m <sup>2</sup> /kW)	8.82
Densité de la charge de chauffage (W/m <sup>2</sup> )	126.11
Densité du flux de chauffage (L/(s·m <sup>2</sup> ))	6.71

## Level Summary - Niveau 0

Entrées	
Surface (m <sup>2</sup> )	23.01
Volume (m <sup>3</sup> )	75.01
Résultats calculés	
Charge totale de refroidissement maximal (W)	3,545
Mois et heure du refroidissement maximal	Septembre 14:00
Charge perceptible de refroidissement maximal (W)	3,503
Charge latente de refroidissement maximal (W)	42
Écoulement d'air de refroidissement maximal (L/s)	152.4
Charge de chauffage maximal (W)	3,064
Écoulement d'air de chauffage maximal (L/s)	180.9
Totaux de contrôle	
Densité de la charge de refroidissement (W/m <sup>2</sup> )	154.07
Densité du flux de refroidissement (L/(s·m <sup>2</sup> ))	6.62
Flux / Charge de refroidissement (L/(s·kW))	42.99
Surface / Charge de refroidissement (m <sup>2</sup> /kW)	6.49
Densité de la charge de chauffage (W/m <sup>2</sup> )	133.14
Densité du flux de chauffage (L/(s·m <sup>2</sup> ))	7.86

## Level Summary - Niveau 1

Entrées	
Surface (m <sup>2</sup> )	15.54
Volume (m <sup>3</sup> )	31.09
Résultats calculés	
Charge totale de refroidissement maximal (W)	912
Mois et heure du refroidissement maximal	Août 17:00
Charge perceptible de refroidissement maximal (W)	831
Charge latente de refroidissement maximal (W)	81
Écoulement d'air de refroidissement maximal (L/s)	21.3
Charge de chauffage maximal (W)	1,317
Écoulement d'air de chauffage maximal (L/s)	77.7
Totaux de contrôle	
Densité de la charge de refroidissement (W/m <sup>2</sup> )	58.69
Densité du flux de refroidissement (L/(s·m <sup>2</sup> ))	1.37
Flux / Charge de refroidissement (L/(s·kW))	23.41
Surface / Charge de refroidissement (m <sup>2</sup> /kW)	17.04
Densité de la charge de chauffage (W/m <sup>2</sup> )	84.73
Densité du flux de chauffage (L/(s·m <sup>2</sup> ))	5.00

## Zone Summary - Par défaut

Entrées	
Surface (m²)	38.55
Volume (m³)	106.10
Point de consigne du refroidissement	23 °C
Point de consigne du chauffage	21 °C
Température de soufflage	12 °C
Nombre de personnes	4
Infiltration (L/s)	39.8
Type de calcul du volume d'air	Chauffage central: radiateurs
Humidité relative	34.00% (Calculated)
Psychrométrie	
Message de psychrométrie	None
Température de bulbe sec en entrée du serpentin de refroidissement	32 °C
Température de bulbe humide en entrée du serpentin de refroidissement	21 °C
Température de bulbe sec en sortie du serpentin de refroidissement	12 °C
Température de bulbe humide en sortie du serpentin de refroidissement	13 °C
Température de bulbe sec d'air mixte	32 °C
Résultats calculés	
Charge totale de refroidissement maximal (W)	4,372
Mois et heure du refroidissement maximal	Septembre 14:00
Charge perceptible de refroidissement maximal (W)	4,027
Charge latente de refroidissement maximal (W)	346
Écoulement d'air de refroidissement maximal (L/s)	173.8
Charge de chauffage maximal (W)	4,862
Écoulement d'air de chauffage maximal (L/s)	258.7
Écoulement d'air de ventilation maximale (L/s)	20.8
Totaux de contrôle	
Densité de la charge de refroidissement (W/m²)	113.42
Densité du flux de refroidissement (L/(s·m²))	4.51
Flux / Charge de refroidissement (L/(s·kW))	39.74
Surface / Charge de refroidissement (m²/kW)	8.82
Densité de la charge de chauffage (W/m²)	126.11
Densité du flux de chauffage (L/(s·m²))	6.71
Densité de la ventilation (L/(s·m²))	0.54
Ventilation / Personne (L/s)	5.2
Flux de chauffage hydraulique (L/s)	0.1

Cooling Components	Total (W)	Percentage	Nord (W)	Sud (W)	Est (W)	Ouest (W)	Nord-est (W)	Sud-est (W)	Nord-ouest (W)	Sud-ouest (W)
Mur	448	10.24%	-108	219	367	-30	0	0	0	0
Fenêtre	2,919	66.76%	0	2,919	0	0	0	0	0	0
Porte	38	0.86%	0	38	0	0	0	0	0	0
Toit	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Lucarne	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Cloison	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Infiltration	114	2.61%	-	-	-	-	-	-	-	-
Ventilation	331	7.56%	-	-	-	-	-	-	-	-
Eclairage	333	7.61%	-	-	-	-	-	-	-	-
Puissance	69	1.58%	-	-	-	-	-	-	-	-
Personnes	121	2.78%	-	-	-	-	-	-	-	-
Plénum	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Radiateur-ventilateur	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Réchauffage	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-

Total	4,372	100%	-108	3,176	367	-30	0	0	0	0
Heating Components	Total (W)	Percentage	Nord (W)	Sud (W)	Est (W)	Ouest (W)	Nord-est (W)	Sud-est (W)	Nord-ouest (W)	Sud-ouest (W)
Mur	2,666	54.84%	831	602	616	616	0	0	0	0
Fenêtre	691	14.22%	0	691	0	0	0	0	0	0
Porte	104	2.14%	0	104	0	0	0	0	0	0
Toit	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Lucarne	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Cloison	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Infiltration	919	18.89%	-	-	-	-	-	-	-	-
Ventilation	481	9.90%	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	4,862	100%	831	1,398	616	616	0	0	0	0

## Par défaut Spaces

Nom d'espace	Surface (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Charge de refroidissement maximal (W)	Ecoulement d'air de refroidissement (L/s)	Charge de chauffage maximal (W)	Ecoulement d'air de chauffage (L/s)
<a href="#">1 Espace</a>	23.01	75.01	3,545	152.4	3,064	180.9
<a href="#">2 Espace</a>	15.54	31.09	497	21.3	1,317	77.7

## Space Summary - 1 Espace

Données d'entrée	
Surface (m <sup>2</sup> )	23.01
Volume (m <sup>3</sup> )	75.01
Surface de murs (m <sup>2</sup> )	69.04
Surface de toits (m <sup>2</sup> )	0.00
Surface de portes (m <sup>2</sup> )	0.00
Surface de cloisons (m <sup>2</sup> )	0.00
Surface de fenêtres (m <sup>2</sup> )	6.51
Surface de lucarnes (m <sup>2</sup> )	0.00
Charge d'éclairage (W)	248
Charge de puissance (W)	0
Nombre de personnes	3
Gain de chaleur perceptible / Personne (W)	73
Gain de chaleur latente / Personne (W)	59
Écoulement d'air d'infiltration (L/s)	26.7
Type d'espace	Famille unique (hérité du type de bâtiment)
Résultats calculés	
Charge totale de refroidissement maximal (W)	3,545
Charge perceptible de refroidissement maximal (W)	3,503
Charge latente de refroidissement maximal (W)	42
Flux d'air de refroidissement maximal (L/s)	152.4
Charge de chauffage maximal (W)	3,064
Flux d'air de refroidissement maximal (L/s)	180.9

Cooling Components	Total (W)	Percentage	Nord (W)	Sud (W)	Est (W)	Ouest (W)	Nord-est (W)	Sud-est (W)	Nord-ouest (W)	Sud-ouest (W)
Mur	284	8.02%	-75	144	234	-19	0	0	0	0
Fenêtre	2,919	82.33%	0	2,919	0	0	0	0	0	0
Porte	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Toit	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Lucarne	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Cloison	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Infiltration	77	2.16%	-	-	-	-	-	-	-	-
Eclairage	191	5.38%	-	-	-	-	-	-	-	-
Puissance	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Personnes	75	2.11%	-	-	-	-	-	-	-	-
Plénum	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>3,545</b>	<b>100%</b>	<b>-75</b>	<b>3,063</b>	<b>234</b>	<b>-19</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Heating Components	Total (W)	Percentage	Nord (W)	Sud (W)	Est (W)	Ouest (W)	Nord-est (W)	Sud-est (W)	Nord-ouest (W)	Sud-ouest (W)
Mur	1,757	57.34%	578	395	392	392	0	0	0	0
Fenêtre	691	22.57%	0	691	0	0	0	0	0	0
Porte	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Toit	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Cloison	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Lucarne	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Infiltration	615	20.09%	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>3,064</b>	<b>100%</b>	<b>578</b>	<b>1,087</b>	<b>392</b>	<b>392</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

## Space Summary - 2 Espace

Données d'entrée	
Surface (m <sup>2</sup> )	15.54
Volume (m <sup>3</sup> )	31.09
Surface de murs (m <sup>2</sup> )	34.01
Surface de toits (m <sup>2</sup> )	0.00
Surface de portes (m <sup>2</sup> )	1.64
Surface de cloisons (m <sup>2</sup> )	0.00
Surface de fenêtres (m <sup>2</sup> )	0.00
Surface de lucarnes (m <sup>2</sup> )	0.00
Charge d'éclairage (W)	186
Charge de puissance (W)	90
Nombre de personnes	2
Gain de chaleur perceptible / Personne (W)	73
Gain de chaleur latente / Personne (W)	45
Écoulement d'air d'infiltration (L/s)	13.1
Type d'espace	Dortoir
Résultats calculés	
Charge totale de refroidissement maximal (W)	497
Charge perceptible de refroidissement maximal (W)	475
Charge latente de refroidissement maximal (W)	21
Flux d'air de refroidissement maximal (L/s)	21.3
Charge de chauffage maximal (W)	1,317
Flux d'air de refroidissement maximal (L/s)	77.7

Cooling Components	Total (W)	Percentage	Nord (W)	Sud (W)	Est (W)	Ouest (W)	Nord-est (W)	Sud-est (W)	Nord-ouest (W)	Sud-ouest (W)
Mur	164	32.94%	-33	75	133	-11	0	0	0	0
Fenêtre	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Porte	38	7.57%	0	38	0	0	0	0	0	0
Toit	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Lucarne	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Cloison	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Infiltration	38	7.60%	-	-	-	-	-	-	-	-
Eclairage	142	28.61%	-	-	-	-	-	-	-	-
Puissance	69	13.92%	-	-	-	-	-	-	-	-
Personnes	47	9.36%	-	-	-	-	-	-	-	-
Plénum	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>497</b>	<b>100%</b>	<b>-33</b>	<b>112</b>	<b>133</b>	<b>-11</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Heating Components	Total (W)	Percentage	Nord (W)	Sud (W)	Est (W)	Ouest (W)	Nord-est (W)	Sud-est (W)	Nord-ouest (W)	Sud-ouest (W)
Mur	909	69.07%	253	207	225	225	0	0	0	0
Fenêtre	0	0.00%	0	0	0	0	0	0	0	0
Porte	104	7.91%	0	104	0	0	0	0	0	0
Toit	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Cloison	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Lucarne	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-
Infiltration	303	23.02%	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>1,317</b>	<b>100%</b>	<b>253</b>	<b>311</b>	<b>225</b>	<b>225</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>