

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTER DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA REHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE SAAD DAHLAB BLIDA 01
FACULTE SIENCE DE LA TERRE
DEPARTEMENT D'ARCHITECTURE



MEMOIRE DE MASTER
OPTION : Bioclimatique

Soutenu par
Mr TEBACHE El kaddafi
MrTEBBAL Abdelhak

L'impact de l'inertie sur le confort thermique de la
maison kabyle : Cas de la région Mesbah.

Encadré par
Mme : MAACHI Ismahan

Devant le jury

Remerciement

*Nos plus amples remerciements iront en premiers à Allah,
Également à notre encadreur Mme MAACHI Ismahan.*

RESUME

L'architecture vernaculaire Kabyle représente un patrimoine inestimable légué par nos ancêtres, un héritage très riche par ces techniques constructives économique et écologique.

Malheureusement cette architecture connaisse, depuis quelques décennies, une abondance croissant, ce qui engendre une dégradation très avancée de ce patrimoine, malgré sa richesse écologique et surtout durable.

Pour remédier à cette situation, notre étude est principalement projeter sur la l'évaluation de l'impact de l'inertie thermique sur le confort de la maison kabyle, afin de permettre aux générations futures de réintégrer à nouveau ces concepts et ces techniques constructives dans les habitations futures.

Mots-clés : architecture vernaculaire, bioclimatique, inertie thermique, pierre naturelle Kabyle.

ABSTRACT

The Kabyle vernaculaire architecture represents an inestimable heritage bequeathed by our ancestors, a rich heritage through these economic and ecological construction techniques. Unfortunately this architecture has known, for several decades, an increasing abundance, which generates a very advanced degradation of this heritage, in spite of its ecological and especially durable wealth.

To remedy this situation, our study is mainly to project on the evaluation of the impact of thermal inertia on the comfort of the Kabyle house, in order to allow future generations to reinstate these concepts and constructive techniques in future dwellings.

Keywords: vernacular architecture, bioclimatic, thermal inertia, natural stone.

ملخص

العمارة في منطقة القبائل تمثل تراث لا يقدر بثمن. ورثناه من قبل أسلافنا، تراث غني من خلال مختلف تقنيات البناء التي تعبر اقتصادية والبيئية بأتم معنى الكلمة. ولسوء الحظ عرفت هذه العمارة، منذ عدة عقود عرفت تدهورا ملاحظا. مما قد يؤدي الى زوال و اندثار هذا التراث، على الرغم من ثروتها الإيكولوجية وخاصة استدامتها. ولهذا ويهدف معالجة هذا الوضع، فإن دراستنا هي قائمة أساسا على مشروع تقييم تأثير القصور الذاتي الحراري على رفاهية البيت القبائلي، من أجل السماح للأجيال القادمة بإعادة هذه المفاهيم وهذه التقنيات البناءة في المساكن المستقبلية.

كلمات البحث: العمارة العامية، المناخية البيومناخية، الجمود الحراري، الحجر الطبيعي.

TABLE DES MATIERES

Remerciements.....	I
Résumé.....	II
Abstract.....	III
ملخص.....	IV

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION	1
CHOIX DE THEME.....	1
PROBLIMATIQUE.....	2
METHODOLOGIE D'APPROCHE.....	3.

CHAPITRE I : ETAT DE L'ART LIE A LA BIOCLIMATIQUE

PHASE 01: ETAT DE L'ART LIE A LA BIOCLIMATIQUE ET LE CONFORT THERMIQUE

INTRODUCTION	5
1. Le développement durable	5
1.1 Définition du développement durable.....	5
1.2 Les trois piliers du développement durable	5
1.2.1 Préservé l'environnement	5
1.2.2 Favorise la cohésion sociale	6
1.2.3 Promouvoir une économie responsable	6
1.3 Principe du développement durable	6
2. La démarche HQE.....	7
a. une démarche volontaire.....	7
3. L'approche bioclimatique.....	8
3.1 L'architecture bioclimatique	8
3.1.1 Définition du concept « architecture bioclimatique »	8
3.2 Objectifs de l'architecture bioclimatique	8
3.3 Principe de l'architecture bioclimatique	9
4. Description distinction des terminologies et description lie à l'architecture bioclimatique	
4.1 Le point commun de tous ces concepts.....	10
4.2.a Maisons à « écologiques »	10
4.2.b Maisons « bioclimatiques »	12
4.2.c Maisons « basse énergie »	13
4.2.d Maisons à « passives »	14
4.3 Une obligation de performances.....	15
5. Comparaison de la maison passive avec les autres concepts.....	15
6. les notion sur la thermique	16

6.1.a les indices thermiques	16
6.1.b les indices environnementaux simples	17
6.1.c les PMV et les PPD.....	17.
6.2 Evaluation du confort thermique par des enquêtes in situ.....	17
6.3 les outils graphiques d'évaluation du confort thermique	17
6.4 les outils numériques d'évaluation du confort thermique (logiciels de simulation).....	18
7. Matériaux de constructions écologiques	19
A. La terre crue	19
A.1 Les techniques constructives en terre crue.....	20
B. Les briques de terre compressées.....	21
C. Les atouts du matériau terre crue.....	21
D. Le bois	21
7.1 Isolation thermique écologique	22
7.2 Propriétés d'un matériau isolant thermique.....	22

PHASE 02 : ETAT DE L'ART LIE AU PROCEDE DE RECHERCHE « INERTIE THERMIQUE »

1. Confort thermique.....	23
1.1 Définition	23
1.2 Les paramètres du confort thermique.....	24
1.3 Paramètres liés aux conditions climatiques.....	24
1.3.1 Modes de transfert de chaleur	24
A. la conduction	24
B. la convection.....	24
C. le rayonnement.....	24
D. l'évaporation (le changement de phase).....	24
1.3 a La température de l'air	25
1.3.b L'ensoleillement	26
1.3.c Le vent	26
1.3.d L'humidité.....	26
1.3.e Les précipitations	26
1.4 Paramètres liés au cadre bâti	26
1.4.a L'implantation	26
1.4.b L'orientation	26
1.4.c La forme architecturale.....	28
1.4.d Les surfaces vitrées	29
1.4.e Les parois opaques.....	30
2. Effet de l'inertie thermique :.....	30
3. Effets de l'isolation thermique	31
4. La conductivité thermique λ	32
4.1 Les procédés d'isolation	32
a. l'isolation des murs par l'extérieur.....	32
b. l'isolation des murs par l'intérieur	32
4.1.1 Effets des protections solaires.....	32
4.1.2 Effets de la couleur des surfaces.....	33
4.1.3 Effets de la ventilation naturelle	33
5. Facteurs affectant le confort thermique des occupants	34

5.1 Les paramètres liés à l'ambiance thermique	34
5.2 Effet L'inertie thermique	34
5.2.1 Définition	35
5.2.2 But de l'inertie thermique.....	35
5.2.3 Typologie de l'inertie thermique	35
a. L'inertie quotidienne.....	35
b. L'inertie séquentielle.....	35
5.2.4 Paramètre de l'inertie thermique	35
a. La diffusivité thermique	37
b. L'effusivité thermique.....	37
6. Inertie thermique des matériaux.....	37
6.1 Caractéristique de l'inertie thermique	38
6.1.1 La capacité thermique massique ou chaleur spécifique	38
6.1.2 La conductivité thermique des matériaux	38
6.1.3 La surface d'échange	38
6.2 Fonctionnement de l'inertie thermique	38
a. Stratégie de l'hiver	38
b. Stratégie de l'été	38
6.3 Transfert de chaleurs par conduction à travers une paroi pleine	38
6.3.1 Loi de fourrier	38
CONCLUSION	39

ETUDE DE L'INFLUENCE DE L'INERTIE THERMIQUE SUR LES PERFORMANCES ENERGETIQUES DE LA MAISON KABYLE

CHAPITRE II : L'ARCHITECTURE VERNACULAIRE KABYLE

INTRODUCTION.....	39
1. Généralités sur l'espace villageois traditionnel de Kabylie.....	40
1.2 Les paysages de la Kabylie.....	41
2. Organisation sociale et politique.....	43
2.1. L'Hara.....	43
2.2. - Axxam ou Tazqâ (la maison tripartite).....	44
3. Description de Axxam ou « Tazqâ » (maison tripartite).....	46
3.1 La division tripartite.....	47
3.2. Taqaât (Le séjour)	48
3.3. Taâricht (La soupente)	48
3.4 Addaynine (L'étable)	48
3.5. Composants et équipement d'Axxam.....	49
a. s'qef.....	50
CONCLUSION.....	50

CHAPITRE III : CAS D'ETUDE

INTRODUCTION	51
1. Critère de choix du site	51
2. Présentation du site d'intervention :	51
2.1 Présentation.....	51
2.2 Situation du site d'intervention	52
2.3 Morphologie du site	53
4. Potentialité bioclimatique du site(icroclimat).....	53
4.1 La pluviométrie.....	53
4.2 L'enseillement	53
4.3 Les vents.....	54
<u>PARTIE 01 : A L'ECHELLE ARCHITECTUTRALE</u>	
1. CAS D'ETUDE N°1 (MAISON TRADITIONNEL A)	
1.1 Présentation de la maison traditionnelle type A	55
1.2 Choix de la maison.....	55
1.3 Principes de conception	56
1.4 Système constructif	58
a. Les fondations.....	58
b. Les murs porteurs.....	58
b.1 Rigidifiassions des murs.....	58
c. Les linteaux.....	59
d. Les planchers.....	59
e.les poutrelle.....	59
f. le toit.....	60
f.1 le sous toitures.....	61
1.5 Matériaux de construction	62
a. la pierre	62
b. la terre.....	62
c. la paille	62
d. le bois.....	62
e. Les enduits.....	63
2. CAS D'ETUDE N°2 (MAISON CONTEMPORAINE B)	
2.1 Présentation de la maison contemporaine type B.....	63
2.2 Choix de la maison.....	63
2.3 Principes de conception	63
2.4 Système constructif	64
a. les planchers.....	65
2.5 Matériaux de construction	66
3.5 caractéristiques thermiques des matériaux utilisé dans les planchers.....	66
a. Béton armé.....	66
b. Béton	66
c. Brique en terre cuite	66
d. Lame d'air.....	66
e. Enduit en ciment	67
f. Enduit en plâtre	67
<u>PARTIE 02 : LA SIMULATION</u>	
Introduction.....	67
1. présentation du cas d'étude.....	68
2. caractéristiques structurelles du cas d'étude.....	68

2.1 les murs porteurs.....	68
a. la composition des murs extérieurs.....	68
b. les planchers.....	69
c. le toit.....	69
3. les ouvertures.....	69
4. le paramètre d'étude choisi	69
5. Tableaux explicatifs (caractéristiques des structures composites).....	69
5.1 Maison Kabyle (cas d'étude).....	69
5.1.1 mur extérieur.....	70
5.1.2. Plancher	70
3.1.3. Plancher intermédiaire :	70
3.1.4. Toiture	70
5.2. Maison contemporaine (Prototype) :.....	71
5.2.1. Mur extérieur	72
5.2.2. Dalle flottante	72
5.2.3. Toiture (Dalle plate)	72
6. LA SIMULATION.....	72
6.1. Définition de la simulation énergétique dynamique (SED)	73
6.2. Les logiciels de simulation	73
6.2.1. ArchiWIZARD	73
6.2.2. ClimaWin	74
6.2.3. DesignBuilder	74
6.2.4. Pleiades	74
6.2.5. EcoDesigner	75
7. Les étapes de la simulation.....	76
8. Résultat de la simulation :.....	77
8.1. Cas d'étude « A » la maison Kabyle	78
a. Consommation énergétique par cible	78
b. La consommation énergétique sur la surface de la maison	78
c. Nombre d'heures utilisées par an	78
d. Heures de charge non satisfaites par an.....	79
e. Visualisation graphiques	79
A. Bilan énergétique du cas d'étude 01 :.....	79
B. Synthèse :.....	80
8.2. Prototype « B » Maison contemporaine : S=36.55m ²	81
a. Consommation énergétique par cible :	81
b. La consommation énergétique sur la surface de la maison	81
c. Nombre d'heures utilisées par an	81
d. Heures de charge non satisfaites par an	82
e. Visualisation graphiques :.....	82
A. Bilan énergétique du Prototype « B » :.....	82
B. Synthèse :.....	83
9. Conclusion.....	85
CONCLUSION GENERALE	85
TABLES DES ILLUSTRATIONS.....	86
BIBLIOGRAPHIE.....	88

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION

Le confort thermique dans le bâtiment prend un grand intérêt vu son impact sur la qualité de l'ambiance intérieure, la santé et la productivité de l'occupant. C'est une sensation agréable se manifeste lorsque l'échange thermique de corps sont en équilibre.

L'architecture bioclimatique est l'architecture la plus ancienne : l'utilisation de matériaux locaux, volonté de se protéger des contraintes climatiques, recours à des systèmes ingénieux pour améliorer le confort, habitations troglodytes.

L'architecture traditionnelle vernaculaire kabyle révèle aujourd'hui encore une extraordinaire richesse. Elle est le fruit et le miroir d'une société ancestrale qui ont respecter les objectifs bioclimatique qu'est accompagnée de réflexions et de démarches plus larges sur le respect de l'environnement et de la biosphère, et a donc une dimension écologique qui s'inscrit dans les principes du développement durable. Il est important de souligner que cette architecture disparaît peu à peu dans la mesure où elle répondait, à l'origine, à une logique sociale a travers des matériaux primitive locaux et enivrement , où les changements se faisaient peu à peu, où les formes de l'architecture se distillaient avec le temps et où les techniques de construction étaient transmises de génération en génération, d'un père constructeur à un fils également constructeur .Les sociétés qui habitent la maison vernaculaire ont expérimenté de profonds changements depuis l'arrivée de l'industrialisation, point de départ de ce que l'on appelle aujourd'hui la mondialisation a cause les changement mode vie et l'apparition des nouveau matériaux et technique construction .

Ainsi, de l'habitat primitif a l'architecture high-tech d'aujourd'hui, les diverses expériences constructives sont toujours confrontées, a la réponse et les objectifs de la bioclimatique. C'est à dire que les constructeurs agissent souvent sans soucier préalablement des conséquences rétroactives que provoques leurs activités sur l'environnement, confort et même l'économie d'énergie.

Le choix du thème

Notre choix du thème de l'impact de l'inertie thermique des matériaux de construction dans la maison kabyle est pour multiples raisons tel que :

Un patrimoine d'une valeur inestimable à préserver.

L'abandon et la dégradation catastrophique des villages kabyles.

La tendance actuelle et la recherche des solutions bioclimatiques et passives sous le cadre de développement durable.

PROBLEMATIQUE

PROBLEMATIQUE

Les pratiques architecturales du vingtième et du début de vingt-et-unième siècle ont recours aveuglement à le satisfaire dans que la dimension environnementale ne soit intégrée dans la conception architecturale. Cela a engendré des impacts très lourds sur l'environnement, tant par une forte consommation d'énergie que par des rejets de gaz à effet de serre.

En outre, la maison vernaculaire malgré sa diversité À travers le monde. Mais elles partagent entre elle les caractères communs de l'économie d'énergie, et le respect de l'environnement, qui sont abordés par Des matériaux de construction local et des stratégies passif et simples adaptées au climat.

Donc, il est encore nécessaire pour les scientifiques de met l'accent sur cette maison pour comprendre à quel point et comment la maison vernaculaire Pourrait atteindre le confort thermique par des moyens passifs local ?

Pour introduire a cette problématique, on a choisi un cas d'étude dans le cadre de la bioclimatique concerne notre précieux patrimoine qui a suscité largement l'attention des célèbres chercheurs dans différent domaines grâce à ses valeurs, concepts et solution ingénieuse et passive.

C'est « la maison vernaculaire kabyle ».

Autrement la problématique qui se pose :

Est-ce que la maison vernaculaire kabyle a de bonnes performances thermiques ?

Quelle est le rôle de l'inertie et son impact sur le confort thermique et la consommation de l'énergie dans la maison kabyle ? Sont-ils les meilleurs matériaux de construction pour le climat local ?

HYPOTHESE

Afin de répondre à la problématique, ce travail de recherche construit sur les hypothèses suivantes :

- La maison vernaculaire kabyle est confortable thermiquement et économique énergétiquement.
- Les matériaux locaux ont les meilleures performances thermiques pour confronter le climat local et assurer le confort thermique.

OBJECTIFS

Cet étude vise à une analyse scientifique et numérique bioclimatique des

Performance thermique de la maison vernaculaire kabyle ou on va déduire l'impact thermique des matériaux local et environnementale sur la maison

METHODOLOGIE

Structure de mémoire

Notre recherche est structurée comme suit :

CHAPITRE 1 : CHAPITRE INTRODUCTIVE

Ce chapitre contient Une introduction générale comporte le choix du thème et les éléments de la problématique : les hypothèses et les objectifs de la recherche, la méthodologie du travail à suivre ainsi que la structure du mémoire.

CHAPITRE 2 : ETAT DES CONNAISSANCES

Le présent chapitre c'est un support théorique : il présente le cadre théorique de nos concepts énoncés précédemment, elle est basée sur une recherche bibliographique et une mise en lumière de différentes recherches et les expériences antérieures.

On a développé ce chapitre on trois phases comme suit :

Phase 1 : Etat de l'art lie à la bioclimatique et le confort thermique

Phase 2 : Etat de l'art lie au procède de recherche « inertie thermique »

CHAPITRE 3 : L'ARCHITECTURE VERNACULAIRE KABYLE

Dans ce chapitre nous allons présenter les différents éléments et concepts lie à l'architecture kabyle.

CHAPITRE 3 : CAS D'ETUDE

Dans ce chapitre Nous essayerons de présenter une analyse théorique et technique de la maison kabyle.et pour atteindre ce but on a présenté le chapitre en trois parties

Partie 1 : nous allons choisir deux prototypes :

Une maison vernaculaire kabyle existant.

Une maison contemporaine.

Partie 2 : simulation thermique :

Une maison vernaculaire kabyle existant.

Une contemporaine.

Analyse comparative des résultats de simulation.

CONCLUSION

BIBLIOGRAPHIE

METHODOLOGIE

LA METHODOLOGIE

Afin de répondre à ces objectifs, l'étude s'est fixée à confirmer ou à infirmer ces hypothèses à travers une structuration de la recherche qui va s'articuler autour de deux parties :

1-Partie théorique :

Elle consiste en une recherche bibliographique et documentaire, contient des définitions, concepts et théories émergentes dans le domaine climatique plus précisément sur le confort thermique. Pour objectif de comprendre les éléments théoriques de base en rapport avec le sujet de recherche contribuant à la canalisation de la présente étude vers les objectifs ciblés.

2-Partie pratique :

C'est la partie d'investigation basée sur une campagne de mesures, abordera en premier la présentation des deux cas d'études et la méthodologie de travail, Cette partie de la recherche s'est basée sur une étude comparative sur l'impact de l'inertie thermique des matériaux de construction local sur la température interne de la maison.

CHAPITRE INTRODUCTIF

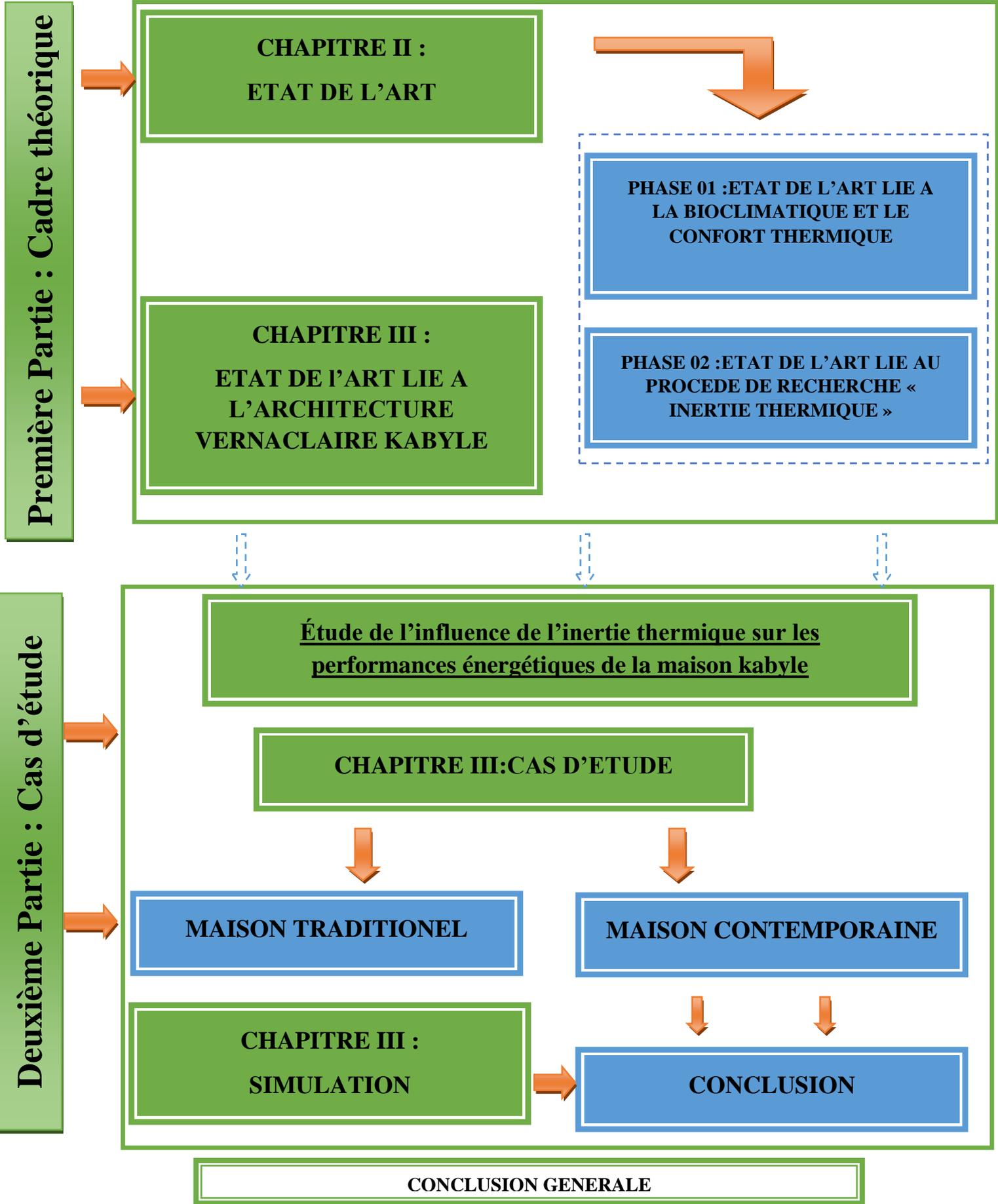


Figure 01 : Méthodologie d'approche

ETAT DE L'ART

CHAPITRE I :
ETAT DE L'ART
LIE A LA
BIOCLIMATIQUE

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION

Dans ce chapitre intitulé « état De l'art » est un essai de définir les différents concepts introduit dans notre recherche.

la première phase est intitulé «ETAT DE L'ART LIE A LA BIOCLIMATIQUE ET LE CONFORT THERMIQUE », consiste à expliquer les principaux éléments liés à l'architecture bioclimatique durable, tel que le développement durable, et les différents principes de l'architecture bioclimatique, de même nous identifions les différents méthodes de l'évaluation du confort thermique, et les principaux matériaux de construction écologique.

Nous établirons pour conclure ce chapitre dans sa deuxième phase une recherche théorique sur les paramètres de l'inertie thermique, et son impact sur le confort thermique.

1.Le développement durable

1.1 Définition du développement durable

La première définition du développement durable apparaît en 1987 dans le rapport Brundtland publié par la *Commission mondiale sur l'environnement et le développement* :

« Le développement durable est un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs. Deux concepts sont inhérents à cette notion :

- le concept de « besoins », et plus particulièrement des besoins essentiels des plus démunis, à qui il convient d'accorder la plus grande priorité, et
- l'idée des limitations que l'état de nos techniques et de notre organisation sociale impose sur la capacité de l'environnement à répondre aux besoins actuels et à venir. »(1)

. Depuis la conférence de Rio (1992) le développement durable est reconnu comme un objectif par la communauté internationale. Les principes élémentaires de la notion du développement durable, sont déterminés pour : -La réduction et finalement le renoncement à l'exploitation des ressources non renouvelables, afin de ralentir le rythme de progression des émissions de CO₂, et de lutter contre le réchauffement de la planète. -La régénération des ressources renouvelables -la réduction de la pollution de l'environnement par des déchets et rejets nocifs -la conservation de la diversité biologique.(2)

Le domaine de construction et de l'urbanisme est responsable d'une part non négligeable des gaz à effet de serre. Les constructions provoquent des impacts directs et indirects sur l'environnement avant même d'être occupées : par les matériaux employés, le transport de produits, et l'utilisation de différents engins sur chantier. Une fois occupées, viennent les impacts d'utilisation courante, maintenance et rénovation, et en fin de leur vie les déchets constituent une source de pollution de l'environnement.

(1) Encyclopédie: wikipedia:développement durable son référence est rapport brundtland 1987.

(2)le rapport de club de Rome.

ETAT DES CONNAISSANCES LIE A LA BIOCLIMATIQUE

1.2 Les trois piliers du développement durable

1.2.1 Préservé l'environnement:

Les ressources naturelles ne sont pas infinies. La faune, la flore, l'eau, l'air et les sols, indispensables à notre survie, sont en voie de dégradation. Ce constat de rareté et de finitude des ressources naturelles se traduit par la nécessité de protéger ces grands équilibres écologiques pour préserver nos sociétés et la vie sur Terre. Parmi les principaux enjeux environnementaux, les thématiques suivantes ont été identifiées -Economiser et préserver les ressources naturelles

- Protéger la biodiversité, c'est-à-dire maintenir la variété des espèces animales et végétales pour préserver les écosystèmes.
- Eviter les émissions de CO2 pour lutter contre le changement climatique :
- Gérer et valoriser les déchets.

1.2.2 Favorise la cohésion sociale

C'est la capacité de notre société à assurer le bien-être de tous ses citoyens. Ce bien-être se traduit par la possibilité pour tout un chacun, d'accéder, quel que soit son niveau de vie, aux besoins essentiels : alimentation, logement, santé, accès égal au travail, sécurité, éducation, droits de l'homme, culture et patrimoine, etc. Parmi les principaux enjeux sociaux, les thématiques suivantes ont été identifiées :

- Lutter contre l'exclusion et les discriminations, c'est-à-dire respecter et protéger les personnes les plus faibles (en situation de handicap, âgées, minoritaires...), donner l'accès aux droits sociaux pour tous.
- Favoriser la solidarité.
- Contribuer au bien-être.
- Valoriser les territoires. .

1.2.3 Promouvoir une économie responsable :

Il s'agit de concilier la viabilité d'un projet, d'une organisation (performance économique) avec des principes éthiques, tels que la protection de l'environnement et la préservation du lien social voire figure 1. Selon ce système, le prix des biens et services doit refléter le coût environnemental et social de l'ensemble de leur cycle de vie, c'est-à-dire de l'extraction des ressources à la valorisation, en tenant compte de la fabrication, de la distribution et de l'utilisation.

Les enjeux d'une économie responsable sont nombreux, souvent liés à l'un des deux autres piliers du développement durable, l'environnement et le social, voir aux deux. Voici quelques pistes identifiées.

ETAT DES CONNAISSANCES LIE A LA BIOCLIMATIQUE

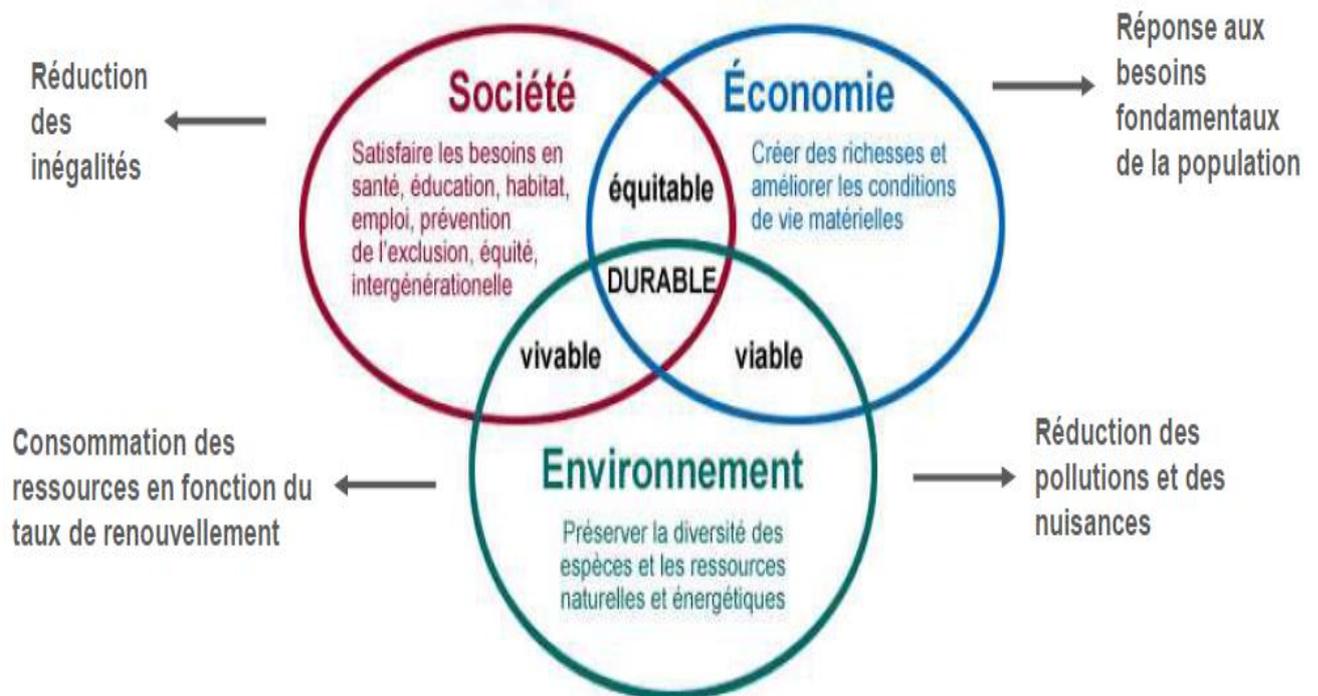


Figure 02 : Les piliers du développement durable (source <http://rse-pro.com/piliers-du-developpement-durable-1066>)

2. LA DEMARCHE HQE

a. UNE DEMARCHE VOLONTAIRE

Définition du HQE : La haute qualité environnementale (HQE) est un concept environnemental français datant du début des années 1990, C'est une démarche volontaire du commanditaire d'une opération architecturale dont le but est d'atteindre une certaine qualité environnementale dans son projet, tant pour respecter l'environnement extérieur du bâti que pour garantir une utilisation économe, saine et confortable pour les occupants.

selon Alain Lieberd et André de Herde ont défini le HQE comme est une démarche globale de management de projet visant à minimiser l'impact d'un bâtiment sur son environnement (l'intérieur, local ou global) durant l'ensemble de cycle de vie .(1).

(1) Alain Lieberd et André de Herde livre (traite d'architecture et d'urbanisme bioclimatique) seconde édition avril 2009 édition moniteur (p 186b)

ETAT DES CONNAISSANCES LIE A LA BIOCLIMATIQUE

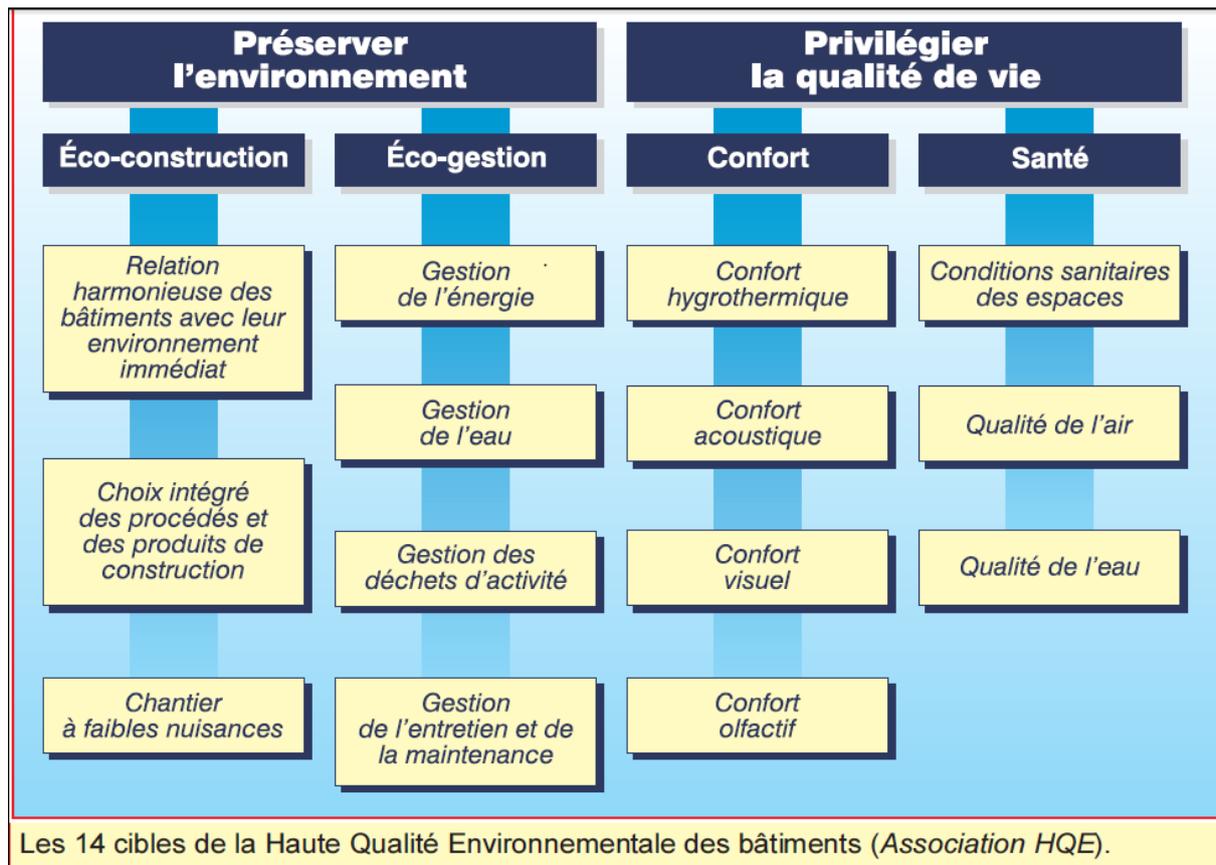


Figure 03: les 14 cibles de l'architecture bioclimatique (.source :livre traite d'architecture et d'urbanisme bioclimatique page 186bédition moniteurFrance avril 2009)

3.L'approche bioclimatique

3.1 L'architecture bioclimatique

3.1.1 Définition du concept « architecture bioclimatique »

- L'architecture bioclimatique appelée aussi architecture passive, est une discipline de l'architecture qui allie l'environnement géographique et climatique avec les modes de vie des habitants pour optimiser le confort, la santé, tout en respectant l'environnement.
- L'architecture bioclimatique est l'architecture spécialisée, qui par un savoir-faire différencié d'un endroit à un autre, la conception architecturale occupe un parti climatique et environnemental immense pour créer l'ambiance et le confort.

3.2 Objectifs de l'architecture bioclimatique

1. Réduire la consommation énergétique et ainsi les dépenses.
2. Gestion des eaux pluviales.
3. Gestion et recyclage de la production des déchets.
4. Favoriser la végétation.

ETAT DES CONNAISSANCES LIE A LA BIOCLIMATIQUE

5. Lutter contre l'étalement urbain non équilibré par une maîtrise basée sur la protection des tous sols.
6. Utilisation des produits de construction locaux adaptés aux climats dominants.
7. Captage des éléments favorables du climat tout en se protégeant des éléments néfastes.

3.3 Principe de l'architecture bioclimatique

1. Compacité simplicité de la forme du bâtiment.

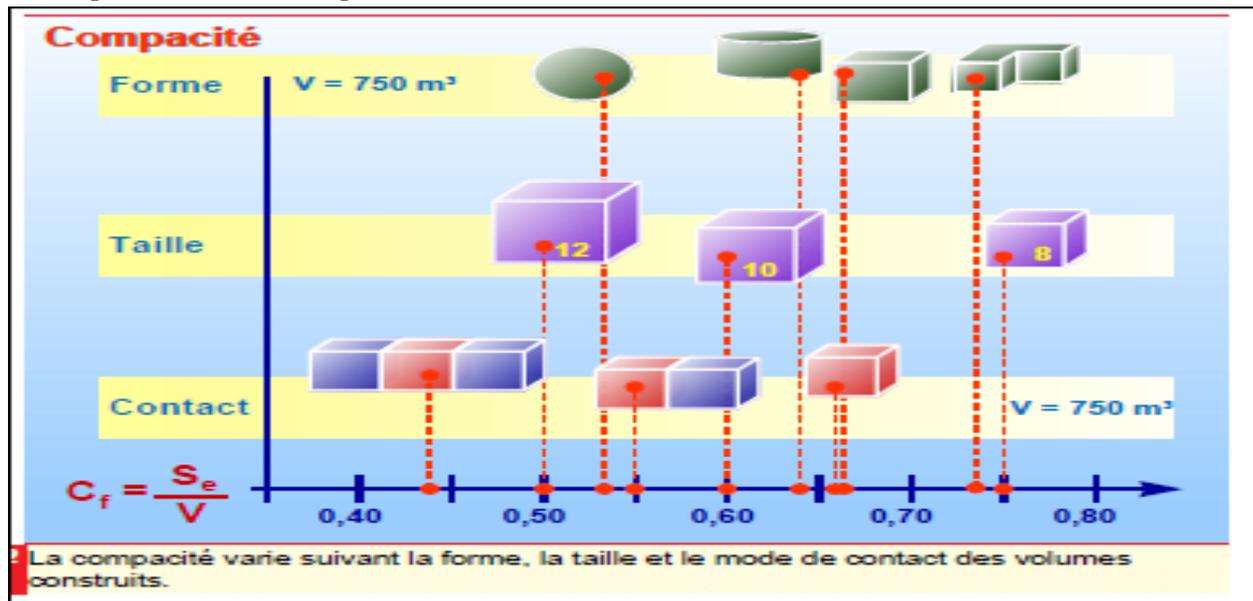


Figure 04: les 14 cible de l'architecture bioclimatique(.source :livre traite d'architecture et d'urbanisme bioclimatique page 84b édition moniteur France 2009

2. Implantation du bâtiment dans un site à obstacles favorables contre les vents dominant et les rayons solaires indésirables.
3. Orientation sud de la façade principale.
4. Orientation nord de la façade contenant les espaces tampons (cuisines, WC, salles de bain...).
5. Choix intégré des matériaux de construction locaux.
6. Utilisation des matériaux à fort inertie thermique
7. Isolation répartie qui assure un bon confort hygrothermique et acoustique.
8. Ventilation passive naturelle ou actif mécanique pour la régulation de température ambiante.
9. Utilisation des ressources naturelles

ETAT DES CONNAISSANCES LIE A LA BIOCLIMATIQUE

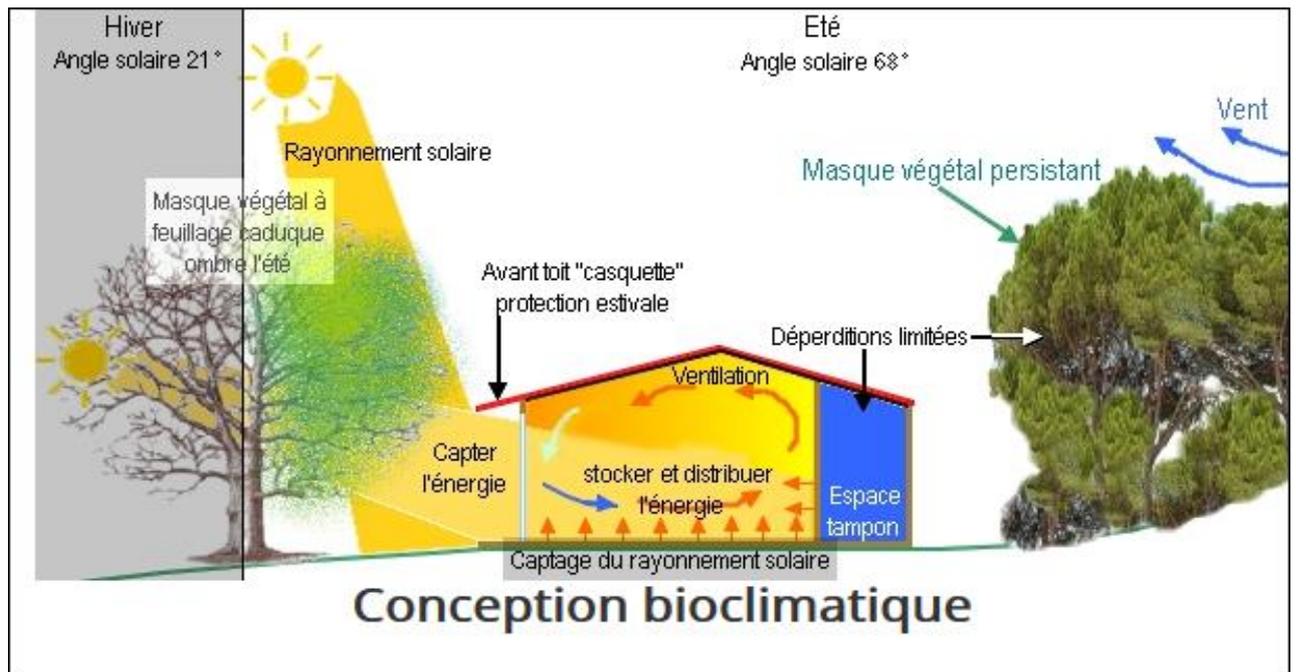


Figure 05 : principe de l'architecture bioclimatique
source:<http://www.eco2travaux.fr/index.php/abc/a/38-glossaire28>

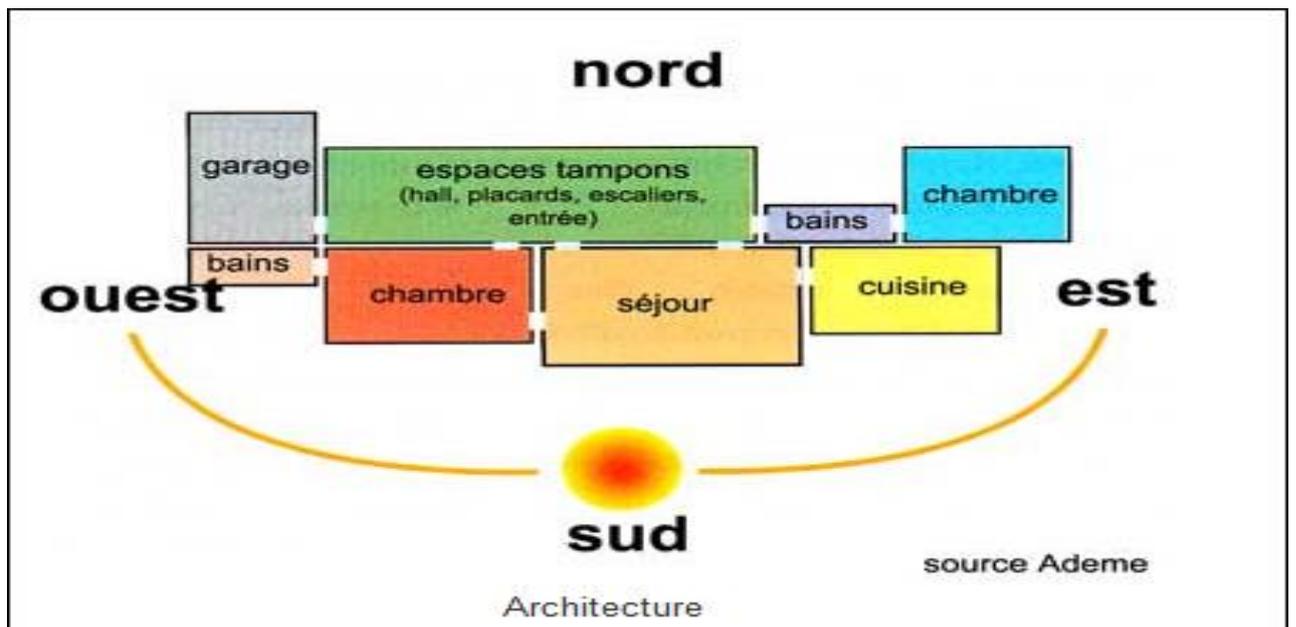


Figure 06 : principe de l'architecture bioclimatique
source:<http://www.eco2travaux.fr/index.php/abc/a/38-glossaire28>

4. définitions, distinction des terminologies et description lie à l'architecture bioclimatique

4.1 Le point commun de tous ces concepts

Ces habitats ont tous pour point commun de présenter des alternatives intéressantes aux habitats traditionnels :

Ils peuvent engendrer un confort plus important pour leurs occupants et éviter des consommations importantes d'énergie par l'usage de technologies plus efficaces.

De plus, ils peuvent mettre en œuvre des matériaux plus naturels et moins émetteurs de substances toxiques pour la santé, celle-ci étant dès lors préservée.

Ce dernier paramètre n'est pas à négliger, et la profusion d'informations disponibles sur internet concernant l'état de la pollution intérieure des bâtiments témoigne de l'importance croissante accordée à ce sujet, la santé pouvant en être largement affectée (allergies, infections des muqueuses, affections pulmonaires, ...). Une ventilation efficace a donc un rôle primordial.

Dans l'ensemble, la qualité de vie de ces habitats s'en voit considérablement améliorée, on comprend dès lors leur succès grandissant auprès des populations sensibilisées.(1)

4.2.a Les maisons « écologiques »

Une maison est dite « écologique » lorsqu'elle tend à se mettre en conformité avec les normes environnementales et les standards de référence en la matière. La maison écologique respecte l'environnement à un triple niveau :

- sur le plan de la conception et de la conceptualisation,
- au niveau de la construction proprement dite,
- et enfin par rapport au fonctionnement de la maison.

Figure 07 : mélange de paille et de terre pour la constitution de murs, (source : passeurs d'Energie asbl(02))



La provenance naturelle des matériaux n'est pas l'unique critère de sélection, leur gestion entre également en ligne de compte. Ainsi, leur provenance, leur acheminement vers l'habitat,

(1) memoire de magister allili sonia RUELLE, François ,Le standard « maison passive » en Belgique : potentialités et obstacles.p16.

(2) Les Passeurs d'Energie » (www.passeursdenergie.be) est une asbl qui propose à des personnes ayant investi dans des technologies d'utilisation rationnelle de l'énergie de partager leur expérience. Certaines des illustrations de ce travail proviennent de leur site internet.

ETAT DES CONNAISSANCES LIE A LA BIOCLIMATIQUE

leur utilisation et la technique avec laquelle ils seront mis en œuvre, leur élimination, la gestion des déchets qu'ils produisent et leur recyclage, tous ces paramètres sont pris en considération (et également repressions le terme (énergie grise) .Quelques exemples de matériaux dits « écologiques »Pour les habitats à toiture plate, la solution écologique souvent préconisée est devégétaliser le toit. L'épaisseur de terre retient bien la chaleur et les matériaux utilisés garantissent une étanchéité à long terme.

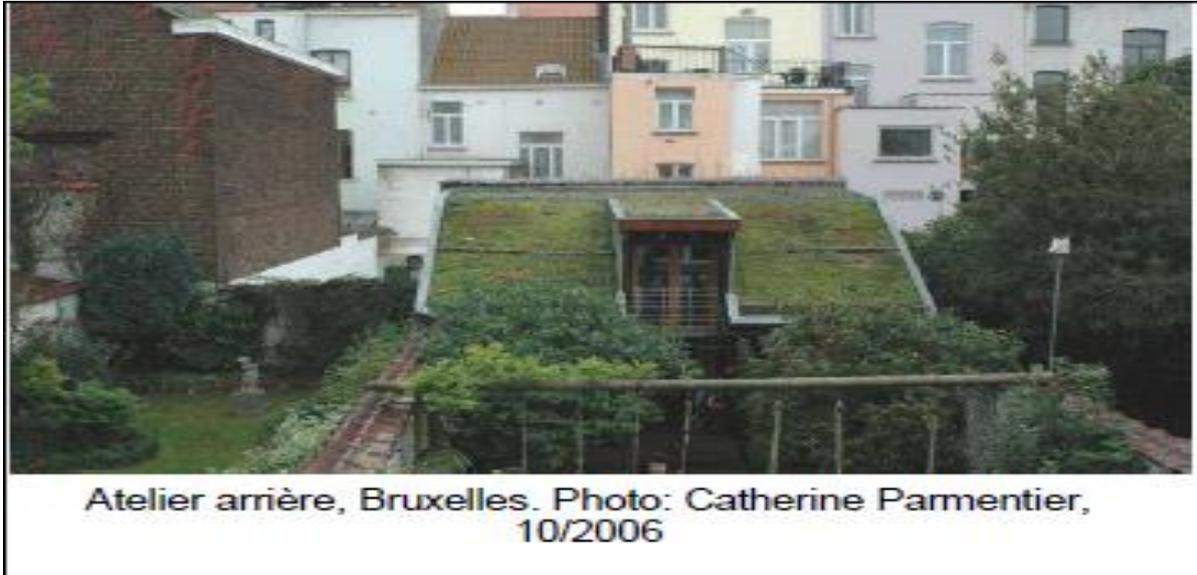


Figure 08 : exemple de toit végétalisé à Bruxelles (source : réaliser des toiture vert) livre delivrè par institut bruxellois pour la gestion de l'envirennement).

Lorsque cette solution n'est pas réalisable, les alternatives sont d'utiliser des tuiles en terre cuite, des ardoises naturelles schisteuses ou encore des planchettes de bois, appelées « tavaillons », clouées sur une ossature. En ce qui concerne l'isolation, les matériaux isolants à base végétale sont recommandés. Citons la laine de chanvre, le chanvre en vrac, les panneaux en fibres de bois, le lin, la laine de mouton, les fibres de coco, le liège, ... Notons également les différentes utilisations de la cellulose, comme le gypse renforcédéfibrés de cellulose, les panneaux rigides en cellulose recyclée et fibres végétales, la cellulose « soufflée », ... Ces matériaux à base de cellulose sont intéressants en ce sens qu'ils peuvent être fabriqués à partir de journaux recyclés dont le papier est moulu et découpé en lamelles puis mélangé à des sels de bore pour le protéger contre ses ennemis naturels : le feu et les insectes.

Bien d'autres équipements peuvent encore se retrouver sous le vocable « maisons écologiques », et l'objet de ce travail n'est pas de les répertorier tous. Citons-en encore parmi les principaux : les citernes de récupération d'eau de pluie, les toilettes sèches, les interrupteurs de champs électriques (« bio rupteurs »), les peintures à base de produits naturels, les enduits à base de terre crue . Les énergies renouvelables sont abondamment rencontrées également, et nous aurons l'occasion d'y revenir plus loin.(1)

4.2.b Les maisons « bioclimatiques »

ETAT DES CONNAISSANCES LIE A LA BIOCLIMATIQUE

Les maisons bioclimatiques relèvent d'un concept architectural qui exploite au mieux les possibilités offertes par le climat. « L'habitat bioclimatique désigne un bâtiment dans lequel l'architecte profite au maximum des apports solaires, de l'orientation du bâtiment, des éléments architecturaux ou végétaux (ombrages, limitation des réflexions...), dans le but de réduire les besoins en chauffage et en climatisation.

Les principes fondamentaux de l'architecture bioclimatique sont de capter, diffuser et conserver la chaleur en hiver (« stratégie du chaud ») et de protéger, minimiser les apports et dissiper l'énergie en été (« stratégie du froid »). L'orientation du bâtiment est primordiale. Ainsi, il convient que la façade sud soit largement pourvue de surfaces vitrées. En été, ces ouvertures seront protégées par des avancées de toiture, de la végétation caduque ou des volets. On privilégiera la ventilation pour dissiper la chaleur excédentaire (par exemple en profitant de la température plus clémente de la nuit pour rafraîchir l'habitat ou encore par l'usage d'un puits canadien). Par ailleurs, on essaiera de minimiser les apports internes (priorité à l'éclairage naturel par exemple).

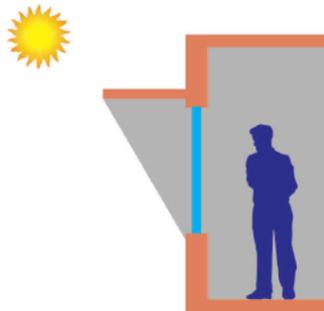


Figure 09 : Stratégie du froid (source : A.DeHerden A.Evrard, Architecture et Climat « Béton et utilisation rationnelle de l'énergie »)

En hiver, le soleil bas sur l'horizon frappera les ouvertures avec un faible rayon d'incidence, pénétrant plus facilement dans l'habitat. La végétation ayant perdu ses feuilles laissera entrer la lumière. Des matériaux à forte inertie (dalles de sol, chapes en béton, murs intérieurs exposés au soleil, ...) capteront ces rayons lumineux durant la journée, les stockeront et diffuseront durant la nuit la chaleur accumulée. La notion de forte inertie est importante, car c'est grâce à elle que la température extérieure variable sera temporisée. Les murs, dalles de sol, chapes en béton et autres éléments denses et à forte capacité calorifique joueront ainsi le rôle d'un tampon qui permettra de réduire les écarts de température intérieure et de conférer une plus grande stabilité à cette dernière. La façade nord ne comportera pas ou peu d'ouverture. Les ouvertures des façades Est et Ouest seront de taille modérée. Une autre caractéristique importante de l'architecture bioclimatique est l'organisation des pièces dans l'habitat. Les pièces de vie seront ainsi placées plutôt du côté sud. Du côté nord, on prévoira les pièces nécessitant peu de lumière (garage, buanderie, WC, ...etc). Le bio climatisme reprend donc un ensemble de recommandations, mais ne formule aucune exigence de performances particulières.

4.2.c Les maisons « basse énergie »

(1) RUELLE, François, Mémoire fin d'étude Le standard « maison passive » en Belgique : potentialités et obstacles. p17.

ETAT DES CONNAISSANCES LIE A LA BIOCLIMATIQUE

Le terme bâtiment « basse énergie » est en général utilisé pour désigner un bâtiment dont les performances énergétiques sont supérieures à celles d'une nouvelle construction ou à celles des exigences légales, et qui aura dès lors une consommation énergétique faible comparée aux bâtiments standards.⁽¹⁾

Ce concept peut évoluer dans le temps, dès lors que les exigences légales deviennent plus strictes ou que les performances énergétiques des nouvelles constructions tendent à s'améliorer. Par ailleurs, un bâtiment « basse énergie » dans un pays pourrait bien être un bâtiment peu efficace dans un autre dont les exigences en matière de performances énergétiques seraient supérieures.

En Belgique, seules les conditions relatives aux primes octroyées pour des bâtiments basse énergie définissent le concept. A Bruxelles par exemple, l'habitation basse énergie répond à un standard correspondant à une consommation pour le chauffage inférieure à 60 kWh/m².an³⁸.

Les bâtiments « basse énergie » mettent en œuvre des techniques d'isolation et de ventilation efficaces, mais pas aussi poussées que dans le cas du passif.

Souvent en rénovation, la prise en compte du bâti existant, de la préservation du cachet original du bâtiment et des contraintes techniques ne permet pas l'implémentation des mesures permettant d'atteindre les performances du passif, et seule la rénovation basse énergie est possible.

Les constructions « basse énergie » font appel à des techniques plus strictes que celles des constructions conventionnelles, mais moins que celles des maisons passives :

- Isolation importante, double ou triple vitrage,
- Étanchéité de l'enveloppe importante, mais sans obligation d'atteinte de
- Performance spécifique,
- Ponts thermiques évités autant que possible mais tolérés,
- Nécessité d'un système de chauffage conventionnel,
- Maintien de la possibilité de la ventilation naturelle sous certaines conditions (notamment, que l'étanchéité du bâtiment la permette).

4.2.d Les maisons « passives »

L'idée de « maison passive » est attribuée au Professeur Wolfgang Feist de l'institut Habitat et environnement de Darmstadt (Allemagne). Elle a été élaborée à la fin des années 1980 en collaboration avec le Professeur Bo Adamson de l'université de Lund (Suède). La ville de Darmstadt manifesta son intérêt pour accueillir les premières maisons expérimentales et les 4 premiers logements furent habités en 1991.

« Une maison passive est un bâtiment avec un climat intérieur agréable en hiver comme en été sans installation de chauffage ou de refroidissement conventionnelle ».

Cela est rendu possible par la réduction drastique des besoins en énergie de chauffage, réalisée essentiellement par des mesures architecturales et constructives.

La maison passive est définie entre autres par des critères relatifs à sa consommation d'énergie, celle-ci étant essentiellement liée à l'isolation et à l'étanchéité à l'air du bâtiment:

(1) RUELLE, François, Le standard « maison passive » en Belgique : potentialités et obstacles. p17. (Jens Laustens, Energy efficiency requirements in building codes, energy efficiency policies for new buildings, 65).

ETAT DES CONNAISSANCES LIE A LA BIOCLIMATIQUE

4.3 Une obligation de performances

Il est important de signaler que le concept de maison passive s'appuie sur une obligation de performance, mais non sur une obligation de moyens. Ainsi, peu importent les moyens employés pour satisfaire aux exigences du standard passif, tant que les résultats sont atteints. En pratique, cela signifie, par exemple, que les matériaux et les techniques utilisées ne doivent pas obligatoirement être respectueux de l'environnement. D'un point de vue purement énergétique, il est d'ailleurs intéressant de signaler que la différence d'énergie grise, nécessaire pour la fabrication d'isolants naturels (c'est à dire fabriqués à partir de végétaux, de fourrure animale, ...) et non naturels (c'est-à-dire fabriqués à base de pétrole, de minéraux, ...) est relativement insignifiante par rapport à la quantité d'énergie totale consommée par un bâtiment traditionnel au cours de sa durée de vie. Pour une maison passive, en revanche, cette différence revêt un caractère bien plus important étant donné ses faibles consommations énergétiques.

De même, l'impact sur la santé est contrasté entre l'usage de matériaux naturels ou non naturels, dans la mesure où ces derniers sont réputés émettre de nombreux polluants au cours de leur vie. De plus, ils ne seront pas ou peu recyclables par rapport aux matériaux naturels. Bien qu'ils ne soient donc pas obligatoires, les moyens utilisés pour atteindre les performances souhaitées du bâtiment sont souvent en adéquation avec les principes de leur(s) constructeur(s) ou propriétaire(s), ceux-là mêmes qui ont choisi de construire ou de vivre dans un habitat énergétiquement sobre, durable, sain et respectueux de l'environnement.

5. Comparaison de la maison passive avec les autres concepts

La comparaison entre une habitation passive et une habitation « classique » peut être mise en parallèle avec la comparaison entre un thermos et une cafetière (voir illustrations ci-dessous) :

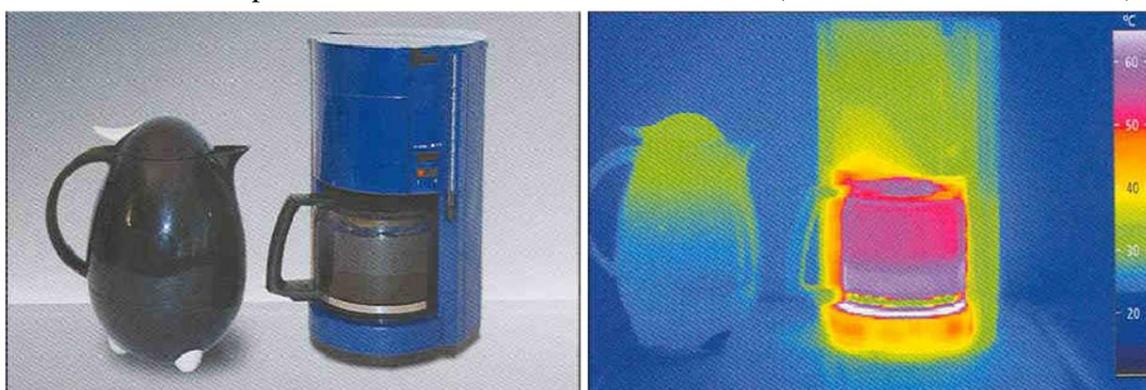


Figure 10: Comparaison des déperditions thermiques d'un thermos et d'une cafetière (source : wouter Hilderson et C. Ferdinand, *Miaosnpaassives: rêve ou réalité ?* une introduction au concept de maison passive (présentation du midi du développement durable du SPF économie, 18 mars 2008)

On voit très nettement sur la thermographie que les parois de la cafetière sont chaudes et occasionnent de ce fait des pertes que le système doit compenser en apportant de l'énergie. Le thermos, par contre, du fait de son étanchéité efficace, retient beaucoup mieux la chaleur. Les

ETAT DES CONNAISSANCES LIE A LA BIOCLIMATIQUE

parois sont moins chaudes et les pertes par conséquent sont faibles. Un bâtiment réagit selon les mêmes principes. La maison « classique » peu isolée sera dès lors comparable à la cafetière : des pertes importantes y seront constatées. La thermographie de la Figure 10 illustre bien ces pertes thermiques, particulièrement prononcées au niveau des surfaces vitrées et des châssis. La maison passive, quant à elle, sera comparable au thermos en conservant la chaleur d'une manière bien plus efficace.

6. Les notions concernent la thermique

L'évaluation de la thermique dans les bâtiments permet de mieux comprendre l'impact de la conception sur la qualité de l'ambiance et le confort des usages, plusieurs méthodes et approches ont été développées.

6.1.a Les indices thermiques

Afin d'évaluer les effets combinés des facteurs d'ambiance sur la sensation thermique et d'exprimer leur combinaison sous la forme d'un seul paramètre, des indices thermiques ont été développés. Primitivement, leur but était limité à l'estimation des effets combinés de la température de l'air, de l'humidité et de la vitesse de l'air sur la sensation thermique. Plus tard, il a été inclus la température radiante, puisque, les effets du métabolisme, des vêtements et du rayonnement solaire. Il en résulte de ces progrès qu'un grand nombre d'indices ont été développés⁽¹⁾. Les principaux indices, couramment utilisés dans l'ensemble des normes de confort sont :

6.1.b Les indices environnementaux simples

Pour une évaluation simplifiée du confort thermique, un ensemble de mesures qui prennent plus aux moins en considération les différents facteurs physiques de l'ambiance ont été développés comme indices de confort. Toutefois, ils revêtent un caractère limité pour la caractérisation complète du confort thermique du fait qu'ils ne prennent en considération que les paramètres physiques, nous citons :

- La température de l'air ambiant (T_a) : c'est l'indice le plus utilisé pour le contrôle des ambiances intérieures du fait qu'il ne présente pas de grandes difficultés de mesure. Il ne prend en considération que la température de l'air ambiant.
- La température opérative (T_{op}) : c'est un indice de confort thermique intégrant deux paramètres physiques, la température de l'air ambiant et la température moyenne radiante.
- La température équivalente (T_{eq}) : elle permet de prendre en considération les effets de la température de l'air, de rayonnement et de la vitesse de l'air.
- La température effective (T_{ef}) : les facteurs qui rentrent dans cet indice sont : la température de l'air, l'humidité et la vitesse de l'air.

6.1.c.v Les PMV et les PPD

(1) B. GIVON 1978: livre (l'homme, l'architecture et le climat) édition moniteur France)

ETAT DES CONNAISSANCES LIE A LA BIOCLIMATIQUE

Le PMV (Vote Moyen Prévisible) est un indice établi à partir du modèle Fanger (1972)⁽¹⁾ pour caractériser le confort thermique. Il exprime l'appréciation moyenne d'une population dans un environnement donné et permet de mesurer une sensation thermique globale du corps humain à partir du métabolisme.

La valeur numérique de PMV peut se calculer à partir d'un système d'équations en fonction d'un certain nombre de paramètres : le métabolisme énergétique, la résistance thermique des vêtements, la température de l'air, la température moyenne de rayonnement et la vitesse de l'air. Ainsi, il peut être obtenu rapidement en mesurant les paramètres physiques et par la connaissance de l'isolement vestimentaire et l'activité de l'opérateur.

Par ailleurs, Fanger a développé un autre indice, le PPD (Pourcentage prévisible d'insatisfaits) qui exprime la part des sujets insatisfaits. « Le minimum d'insatisfaction est de 5%, traduisant le caractère subjectif de l'évaluation du confort thermique et la difficulté d'obtenir, dans ce domaine, une unanimité sur le jugement ».⁽²⁾

6.2 Evaluation du confort thermique par des enquêtes in situ

Les enquêtes in situ visent à explorer le confort auprès des sujets sur leur lieu de vie ou de travail habituel. Les méthodes d'enquête sont aussi variées que leurs objectifs, elles peuvent comporter des mesures physiques, des questionnaires, des observations, des interviews...etc. L'avantage des enquêtes in-situ réside dans le fait qu'elles sont basées sur la synthèse de tous les facteurs affectant le confort thermique. Elles tiennent compte donc de sa complexité, les enquêtes in situ peuvent être classées en trois niveaux :

-Niveau I : des mesures physiques de la température de l'air, avec ou sans l'humidité de l'air, sont effectuées en un seul endroit dans le local, Elles peuvent être accompagnées d'une description succincte des sujets et de certaines caractéristiques du bâtiment

- -Niveau II : ce niveau correspond à l'enquête classique sur le confort thermique pendant laquelle les différentes grandeurs physiques de l'ambiance thermique (température de l'air, température radiante, vitesse de l'air et humidité de l'air) sont mesurées, et parallèlement à l'évaluation subjective de l'ambiance.
- -Niveau III : par rapport au niveau précédent, les enquêtes doivent inclure des informations sur les vêtements et les activités des sujets pour permettre de calculer les différents indices de confort, notamment le PMV et le PPD. Le confort déduit de ces indices peut-être comparé à celui perçu par les sujets in situ

6.3 Les outils graphiques d'évaluation du confort thermique

Les diagrammes bioclimatiques sont l'aboutissement de la connaissance des variables climatiques afin de déterminer l'effet des caractéristiques architecturales et constructives sur le confort thermique dans les bâtiments.

Le premier diagramme bioclimatique a été proposé par V.Olgyay en 1953. Il a mis en évidence une zone de confort avec des plages d'été et d'hiver pour systématiser l'intégration des conditions climatiques dans la conception des bâtiments.

En 1973, Koenigsberger et al, ont élaboré la méthode basée sur les tableaux de Mahoney. Il s'agit d'une série de tableaux utilisés comme guide pour obtenir des bâtiments confortables et adaptés à leurs environnements. Ainsi, en fonction des données climatiques du site

(1)Fanger (1972) livre (thermale ,comfort, analysis,and application in envirenementengeneering) mc graw.

(2).Cordier N, 2007)mémoire(developpement et evaluation de strategie de controle de ventilation appliquees aux locaux e grandes dimensions)these de doctorat a l'institut national de science appliquees de lyon.

ETAT DES CONNAISSANCES LIE A LA BIOCLIMATIQUE

d'intervention, la méthode de Mahoney permet à l'architecte de prendre les meilleures décisions en phase d'esquisse.

B.Givoni en 1978⁽¹⁾ a remis en cause les diagrammes d'Olgay. Il a établi un autre diagramme bioclimatique basé sur une méthode plus performante dans la mesure où il évalue les exigences physiologiques du confort en considérant la personne en état d'activité. Toutefois, ce diagramme représente des limites du fait que les zones de confort et de contrôle sont définies dès le départ. C'est donc un diagramme standard dont l'utilisation est étroite, son applicabilité est limitée à des régions spécifiques du monde (Badeche M,2008)⁽²⁾.

En 1980, M. Evans et S.V.Szocolay ont critiqué les outils précédemment proposés à cause de l'incohérence entre les résultats du confort thermique calculés et le confort réel perçu par les sujets. Ces auteurs stipulent que la zone de confort doit être propre à chaque région, et doit tenir compte des caractéristiques du climat local³ (Benhalilou K,2008)⁽³⁾.

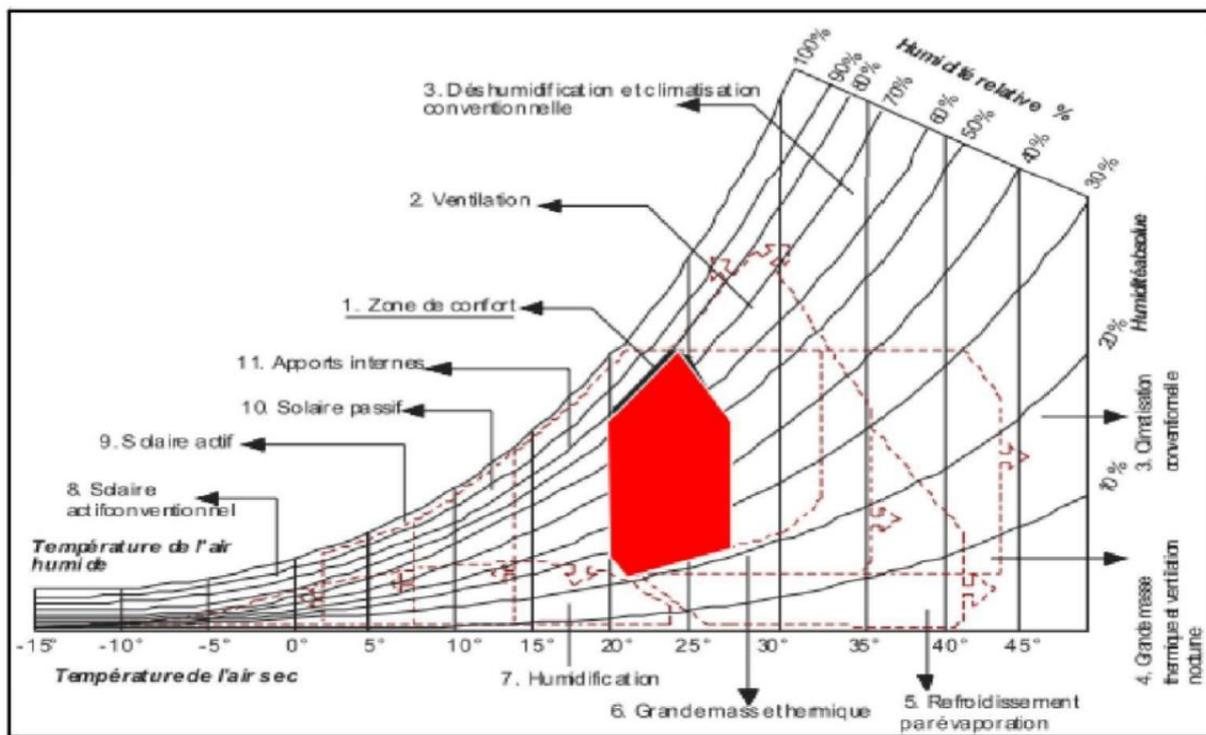


Figure 11 : Diagramme bioclimatique de Givoni (source : Givoni B.1978)

6.4 Les outils numériques d'évaluation du confort thermique (logiciels de simulation)

Avec l'évolution technologique, le secteur du bâtiment s'est vu assisté par l'outil informatique. « Par le terme logiciel de simulation du comportement dynamique des bâtiments, on entend un programme qui calcule, pour certains intervalles de temps, toutes les grandeurs déterminantes du bilan énergétique des bâtiments »⁽¹⁾. Les logiciels de simulation

(1) B.GIVONI 1978: *l'homme, l'architecture et le climat* édition moniteur France .

(2) Badeche M, 2008 (impact de loggia sur le confort thermique dans la région de Constantine) thèse de magister soutenue à l'université de Mentouri de Constantine.

(3) Benhalilou K, 2008 (impact de la végétation grimpante sur le confort hygrothermique estivale de bâtiment cas du climat semi aride) mémoire de magister soutenu à l'université de Mentouri

ETAT DES CONNAISSANCES LIE A LA BIOCLIMATIQUE

permettent d'estimer le comportement thermique et les consommations énergétiques d'un bâtiment à partir de ses propres caractéristiques (géométrie, matériaux, orientation... etc.) et les caractéristiques climatiques de son site d'implantation. Par ailleurs, cet outils permettent d'évaluer, de tester et de comparer entre plusieurs variantes possibles afin de valider des options (implantations, structure, ouvertures... etc.) susceptibles d'assurer le confort thermique.

7. matériaux de construction écologiques

Les matériaux de construction, jouent un rôle déterminant dans la définition de l'architecture écologique. Ils participent à l'insertion de l'habitat dans son territoire, ils réduisent les impacts environnementaux engendrés par la conduction à deux échelles. D'une part, disponibles localement, ils réduisent, si non à tout le moins, limitent les impacts du transport. D'autre part, sur le plan économique, en plus de leurs prix de revient revue à la baisse, ils apportent une plus-value sociale en dynamisant l'économie locale. D'après Dutreix A, pour être qualifié d'éco-matériaux, ils doivent satisfaire à l'exigence suivante :

1-Environnementale : une bonne qualité isolante, une faible énergie grise, un bilan carbone favorable, être issue d'une filière renouvelable et soutenable, être recyclable, donc réutilisable ;

2-Sociablement équitable : respectueux de son territoire, produit localement et mis en œuvre par un savoir-faire de proximité, donc enrichissant l'économie locale, incitant au travail bien fait, être financièrement accessible à tous ;

3-Sain : respecter la santé de l'artisan et de l'occupant, ne pas émettre de COV, être insensible à la vapeur d'eau, ne pas présenter de risque dégradation in situ.(2)

Ci-après deux matériaux susceptibles de satisfaire aux critères écologiques .Ces deux matériaux ne sont autres que la terre et le bois.

A.La terre crue

Pour l'être humain, par analogie à une fœtus dans la poche amniotique de sa maman, le matériau terre serait assimilé à un des composants du liquide amniotique. De ce fait c'est naturellement que l'homme a recouru à ce matériau qui lui est si familier, quand il s'agit d'édifier ses premiers abris sédentaires, bien sur avec d'autres matériaux (bois, pierre et végétaux) tout aussi familiers pour l'humain. « les potentialités constructives du matériau terre sont inestimables. Il n'y a pas de terre qui ne soit pas utile pour construire, hors les espaces désertiques et glacières, comme le confirment l'existence d'un patrimoine architectural mondial aussi divers que remarquable. »(3).

Quoi de plus naturel que de construire en terre pour un terrain ? , en effet, la terre crue, aux traditions confirmées sur la plupart des continents, offre une alternative fort intéressante, dans le cadre de l'écoconstruction. Sophie Nemoz affirme en se fiant aux propos, recueillis en 2007 auprès d'un des enseignants-chercheurs du CRAterre, sans les occulter, les préjugés pénalisants dont souffre ce matériau : (ce professeur d'architecture a tenté de nous montrer les potentialités constructives et durables de la terre crue qu'il définit comme une 'matière locale accessible, économique, peu énergivore, sans déchet ultime et appropriable par les usages).

(1) memoire de magister (saddok amel) source (alainlieberd et andrè de herde livre(traite d'architecture et d'urbanisme bioclimatique)second edition avril 2009 édition moniteur)

(2) Durtrix Armand,Bioclimatisme et perfonnce séneergitique des batiments, Ed.Eyrolles,Paris,2010,P96.

(3) CRAterre-ENSAG, la terre. <http://www.archinomie.net>

ETAT DES CONNAISSANCES LIE A LA BIOCLIMATIQUE

. Elle ajoute plus loin en reprenant l'aphorisme de John Turner, architecte anglais, selon lequel : « un matériau n'est pas intéressant pour ce qu'il est mais pour ce qu'il peut faire pour la société.

Le seul matériau qui soit encore plus universel que le bois, c'est la terre . Diversement creusée, tassée, séchée ou cuite, la terre a historiquement constitué la plus large part des matériaux de construction, et de récentes estimations suggèrent qu'entre un tiers et la moitié des êtres vivants vivent dans des demeurs en terre.

A.1 Les techniques constructives en terre crue

Les techniques constructives en terre crue sont multiples et variées : terre excavée, de recouvrement, découpée, de remplissage, comprimée, modelée, empilée, moulée, extrudée, coulée, paille et garnissage. Néanmoins les plus utilisées sont le pisé, l'adobe et les briques de terre compressées.

Le pisé : Francois Cointeraux définit le pisé comme suit : « Le pisé est un procédé d'après lequel on construit les maisons avec de la terre, sans la soutenir par aucune pièce de bois, et sans la mélanger de paille, ni de bourre. Il consiste à battre, lit par lit, entre des planches, à l'épaisseur des murs ordinaires de moellons, de la terre préparée à cet effet. Ainsi battue, elle se lie, prend de la consistance, et forme une masse homogène qui peut être élevée à toutes les hauteurs données pour les habitations. » . (1)

La terre mise en œuvre par cette technique constructive est généralement issue du site même de la construction et elle ne subit aucune transformation. La terre à pisé doit avoir une granulométrie variée :

Graviers, sables, limons et argiles dans des proportions bien définies :

-15% de gravier : $\emptyset > 5\text{mm}$

-50% de sables : $5\text{mm} > \emptyset > 0.05\text{mm}$

-20% de limons : $0.05\text{mm} > \emptyset > 5\mu\text{m}$

-15% d'argiles : $\emptyset < 5\mu\text{m}$

Selon Richard Weston, le pisé est également utilisé tel quel, à la fois pour des raisons esthétiques et écologiques, par un nombre croissant d'architectes, dont le pionnier est l'Autrichien Martin Rauch. Poursuivant plus loin par, bien que la construction en pisé ne fasse encore que peu d'adeptes dans le secteur du bâtiment (il est sans doute difficile de s'enrichir avec un matériau aussi universellement disponible que la terre), il est indéniable que le matériau offre de sérieuses possibilités et qu'il bénéficie d'un regain d'intérêt dans ce monde pollué et soucieux de ses ressources énergétiques. La construction d'un édifice en pisé nécessite dix à vingt fois moins d'énergie qu'un bâtiment en béton ou en brique... enfin, lorsque la construction a fait son temps, elle peut être entièrement recyclée dans la terre d'où elle provient.

(1) CRAterre-ENSAG, la terre. <http://www.archinomie.net>

ETAT DES CONNAISSANCES LIE A LA BIOCLIMATIQUE

-L'adobe : la technique de l'adobe consiste a mouler sans compactage des briques avec de la terre et a les laisser sécher au soleil. La brique d'adobe utilisée depuis des millénaires est certainement un des premiers matériaux de construction élaboré par l'homme. Le terme « Adobe » vient de l'égyptien « Thobe » signifiant : brique, il a donné naissance au mot arabe « ottob » devenu « adobe » en espagnol, et « TOUB » en français. On le connait aussi sous le nom de « brique de terre crue » et « Banco ». (1)

Le mélange d'argile et de sable qui compose les briques d'adobe est parfois renforcé de fibre naturelles, les sols constitués de sable, de limon et d'argile sont les plus indiqués a la fabrication de l'adobe dans les proportions suivantes.

-sable : 55 à 75%

-Limon : 10à 28%

-Argile : 15 à 18%

-Matières organiques inférieurs à 03%.

B. Les briques de terre compressées

La terre dit « sèche », qui a la même teneur en eau que le pisé est comprimé à l'aide d'un fouloir ou au moyen d'une presse pour façonner des briques de terre compressées. Après séchage, elles seront utilisées de la même façon que les briques d'adobe, les briques cuites ou les agglomérés de ciment.

C. Les atouts du matériau terre crue

Les atouts du matériau terre sont très nombreux, on peut les résumer en ceci :

Elle est disponible sur les sites de construction, ce qui permet une économie de transport, son extraction et sa mise en œuvre ne demandent pas grands outillages. Son énergie grise est très faible du fait qu'elle est utilisée à l'état cru.

De bonne qualité hygroscopique, elle présente une bonne inertie thermique. En outre, elle consomme moins d'eau que pas mal d'autres matériaux de construction, elle est recyclable à souhait, elle peut, soit être réutilisée a nouveau soit retourné à la terre sans aucune trace.

D. le bois

Le bois peut être considéré comme le matériau privilégié de l'architecture éco-responsable lorsqu'il provient d'une forêt gérée « durablement », assez proche du site de construction, et qu'il n'a pas reçu de traitement chimique. Sa transformation demande peu d'énergie. Comme matériau de construction, le bois présente de nombreux avantages techniques économiques et esthétiques.

-A surface hors œuvre égale, une maison a ossature bois, avec une isolation renforcée entre les montants, présente une surface habitable supérieure de 5 à 10 % à celle d'une construction en maçonnerie.

- Le montage d'une structure en bois ne demande pas de gros engins. Une mise en œuvre en filière sèche et la préfabrication en atelier raccourcissent la phase de construction, ce qui entraine des répercussions intéressantes sur les couts de revient.

(1) Doat Patrice et al, Construire en terre, CRAterre, Ed, Alternatives et Parallèles,Paris,1979,p106

ETAT DES CONNAISSANCES LIE A LA BIOCLIMATIQUE

-La légèreté du matériau préserve l'intégrité des milieux naturels fragiles et autorise une édification sur des sols difficiles, ou des sites inaccessibles aux engins de chantier. Atout a la fois écologique et économique, la légèreté facilite également l'auto-construction.

7.1 Isolation thermique écologique

L'isolation écologique s'intéresse à l'impact des techniques et des matériaux choisis sur l'environnement, sur la santé sur le bien-être, en évitant les matériaux dont la fabrication est polluante ou dont le recyclage est impossible. La crise énergétique des années 1970 conjuguée à une prise de conscience quant à la finitude des énergies fossiles ont mis en avant la nécessité d'économiser l'énergie.



Figure 13 : Les postes de déperdition thermique (site internet .wikipedia.com)

L'isolation thermique s'est imposée comme l'une des solutions pour cette économie d'énergie. On s'est aperçu, chemin faisant, que certains des matériaux isolants mis sur le marché ne sont pas sains, de même qu'ils requièrent une grande quantité d'énergie grise. Aussi une seconde prise de conscience. Environnementale cette fois, a lieu, C'est ainsi que, de nos jours, dans le domaine de la construction, on a recours, de plus en plus, à des matériaux isolants dits écologiques d'origine végétale ou animale.

7.2 Propriétés d'un matériau isolant thermique

Les performances dans le domaine de l'isolation est fonction de deux facteurs principaux : la résistance thermique (R) et le coefficient de conductivité (λ). Ils conditionnent notamment l'épaisseur de matériau nécessaire pour obtenir une isolation satisfaisante.

-La conductivité thermique (λ) :

C'est la capacité de transmission de chaleur d'un matériau par conduction, plus la conductivité est faible, plus le matériau est isolant.

-La résistance thermique (R) :

ETAT DES CONNAISSANCES LIE A LA BIOCLIMATIQUE

C'est l'épaisseur divisée par la conductivité. C'est la donnée utilisée pour déterminer l'isolation d'une paroi ou d'un bâtiment.

PHASE 03 : ETAT DE L'ART LIE AU PROCEDE DE RECHERCHE« INERTIE THERMIQUE »

1. confort thermique

1.1 Définition :

Le confort thermique est défini comme un état de satisfaction vis-à-vis de l'environnement thermique. Il est déterminé par l'équilibre dynamique établi par échange thermique entre le corps et son environnement.

Cette sensation varie selon les individus, tout le monde n'ayant pas les mêmes critères de confort, ne s'habillant pas de la même manière, s'accoutumant plus ou moins bien aux conditions climatiques extérieures, n'ayant pas besoin du même niveau de température pour se sentir bien.

alain liebard et andrè de herde ont définie confort thermique: état de satisfaction vis a vis de l'environnement thermique est déterminé par l'équilibre thermique établi par l'échange entre le Corp. et son environnement.

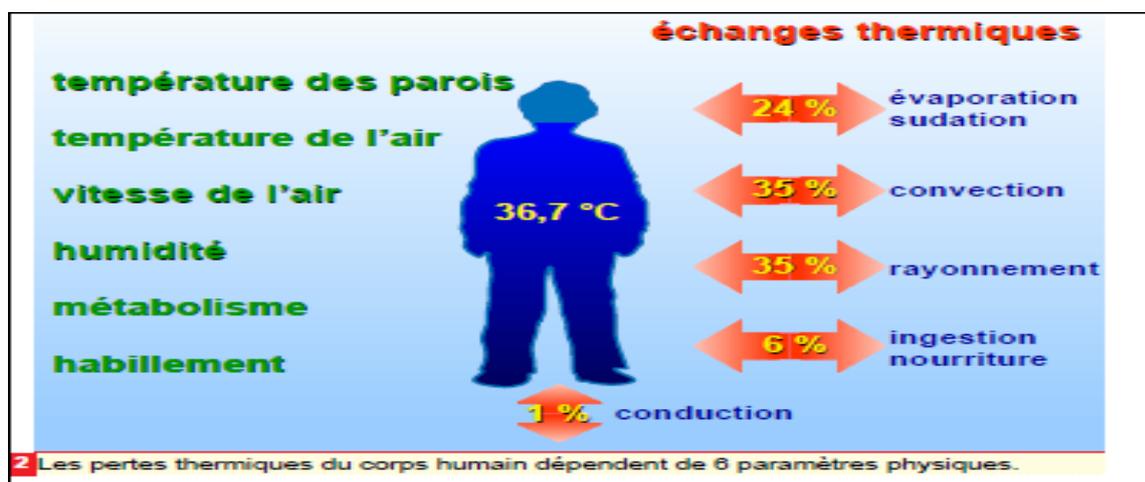


Figure 14: Les échanges thermiques du corps humain avec son environnement (.source : livre traite d'architecture et d'urbanisme bioclimatique P.27b Edition moniteur France avril 2009).

1.2 Les paramètres du confort thermique :

Le confort thermique est traditionnellement lié à 6 paramètres :

1. Le métabolisme est la production de chaleur
2. L'habillement représente une résistance thermique aux échanges de chaleur entre la surface de la peau et l'environnement.
3. La température ambiante de l'air T_a .

ETAT DES CONNAISSANCES LIE A LA BIOCLIMATIQUE

4. La température des parois TP. De façon simplifiée, on définit une température (opérative) de confort ressentie (appelée aussi température résultante sèche) : $Trs = (Ta + Tp) / 2$.

5. L'humidité relative de l'air (HR) est le rapport exprimé en pourcentage entre la quantité d'eau contenue dans l'air à la température Ta et la quantité maximale d'eau contenue à la même température.

6. La vitesse de l'air influence les échanges de chaleur par convection. Dans l'habitat, les vitesses de l'air ne dépassent généralement pas 0,2 m/s. En effet, l'individu commence à ressentir le mouvement de l'air à cette vitesse.

1.3 Paramètres liés aux conditions climatiques

1.3.1 Modes de transfert de chaleur

Plusieurs facteurs interagissent dans l'équilibre thermique des bâtiments. Pour mieux comprendre le mécanisme de fonctionnement de ces paramètres, il est important de présenter les différents modes de transfert de chaleur.

- **A. La conduction** : c'est le moyen par lequel la chaleur circule de proche en proche dans un matériau ou passe d'un corps à un autre en contact physique direct par simple interaction moléculaire.
- **B. La convection** : correspond au mode d'échange de chaleur entre une surface et un fluide mobile à son contact ; ou bien au déplacement de chaleur au sein d'un fluide par le mouvement de l'ensemble de ses molécules d'un point à un autre.
- **C. Le rayonnement** : la chaleur se transmet d'un corps à l'autre par émission et absorption de rayonnements électromagnétiques par les surfaces des corps.
- **D. L'évaporation (le changement de phase)** : ce phénomène implique un changement d'état liquide ou gazeux) et produit une absorption ou une émission de chaleur. L'agitation des molécules est telle que les forces intermoléculaires ne suffisent plus à les lier et qu'elles se libèrent les unes des autres en formant un gaz.⁽¹⁾

(1)(Roulet C.A.2012).eco confort pour une maison saine a basse consommation énergétique laid polytechniques univers romande.

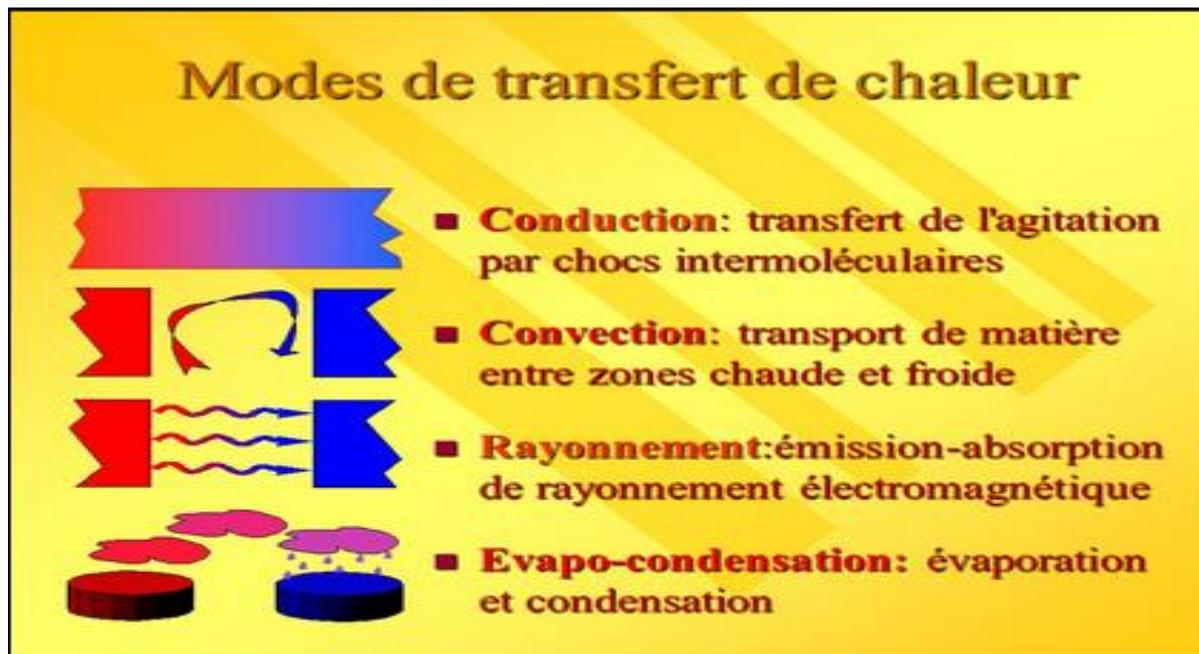


Figure 15: Mode transfert de chaleur : la photo extrait d'une vidéo solidePlayer animée par Marie-Claire Picard prof d'université du Grenoble

1.3.a La température de l'air

La température est un état instable dont les variations au voisinage de l'environnement humain dépendent du rayonnement solaire, du vent, de l'altitude et de la nature du sol.⁽¹⁾ Cette grandeur physique est liée immédiatement à la notion du chaud et du froid. Le taux de réchauffement et de refroidissement de la surface de la terre est le principal facteur qui détermine la température de l'air qui est à son contact. La température extérieure affecte l'ambiance thermique d'un bâtiment en chauffant directement l'air intérieur à son contact quand la ventilation naturelle est assurée et en chauffant les parois externes de l'enveloppe. Cette chaleur est transmise à la surface interne de la paroi qui, à son tour, chauffe l'air intérieur par convection.

1.3.b L'enseillement

Le rayonnement solaire est une source importante d'apports énergétiques notamment quand l'orientation est bien choisie. Le rayonnement solaire disponible en un lieu consiste en une composante directe et une composante diffuse. Le taux d'enseillement dépend du rayonnement solaire, de la durée d'exposition au soleil, de l'altitude et des conditions locales de nébulosité, la pureté de l'air, du vent et enfin de la saison et de l'heure de la journée.⁽²⁾

Le rayonnement solaire incident élève la température d'un bâtiment de deux manières. Premièrement, lorsque le rayonnement solaire atteint l'enveloppe externe d'un bâtiment, cette énergie absorbée augmente la température des surfaces externes, ces dernières la transmettent à l'intérieur par le mur et le toit. Deuxièmement, lorsque le rayonnement solaire arrive sur une fenêtre, la presque totalité de l'énergie passe directement à travers le verre à l'intérieur ou elle est piégée par le processus d'effet de serre.

(1) Liebard A, DeHerde, avril 2009 dans le livre traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique page 28

(2) b. GIVON 1978: livre (l'homme, l'architecture et le climat) édition moniteur France .

ETAT DES CONNAISSANCES LIE A LA BIOCLIMATIQUE

1.3.c Le vent

Le vent est un déplacement d'air, essentiellement horizontal, d'une zone de haute pression vers une zone de basse pression. Le vent a une action déterminante dans les transferts de chaleur à la surface des parois des constructions ainsi que pour la ventilation des locaux. En effet les échanges convectifs entre les surfaces externes des parois et l'air sont en fonction de la vitesse du vent, en particulier, quand la ventilation transversale est possible.(1)

Le vent est généralement bienvenu en été, particulièrement dans les climats chauds et humides car il a un effet de rafraîchissement. Tandis que les vents d'hiver sont des sources importantes de refroidissement par convection.

1.3.d L'humidité

Le terme d'humidité est relatif à la teneur de l'atmosphère en vapeur d'eau. La capacité de l'air à contenir de la vapeur d'eau augmente progressivement avec sa température qui est donc parmi les principaux facteurs déterminants. L'humidité de l'air peut être exprimée de diverses manières : humidité absolue, humidité spécifique, humidité relative. Cette dernière correspond au rapport exprimé en pourcentage entre la quantité d'eau contenue dans l'air sous forme de vapeur à la température ambiante, et la quantité maximale qu'il peut contenir à cette même température(2). Dans un bâtiment, l'humidité de l'air a des effets de réduction des températures de surfaces et d'augmentation de la possibilité de condensation ; elle affecte aussi la capacité de l'évaporation de la sueur à la surface de la peau des occupants .

1.3.e Les précipitations

Les précipitations recouvrent une réalité multiple ; pluie, grêle et neige qui sont les manifestations d'un même processus fondamental, le cycle de l'eau (3). Les météorologues définissent les précipitations comme un ensemble organisé de particules d'eau liquides ou solides tombant en chute libre au sein de l'atmosphère. Les précipitations peuvent affecter les bâtiments par le phénomène d'aspiration capillaire dans un mur, ou par leur pénétration par les ponts, les joints et les failles causant ainsi des variations dans les températures et les humidités des surfaces du bâtiment.

1.4 Paramètres liés au cadre bâti

Dans un cadre conceptuel lié à l'architecture bioclimatique, les paramètres affectant le confort thermique liés au cadre bâti sont :

1.4.a L'implantation

Le choix du site d'implantation d'un bâtiment influe principalement sur son rapport au soleil et aux vents dominants. Selon Pierre Fernandez, la localisation dans le site est un acte préalable de l'intégration de la composante énergétique dans la maîtrise des ambiances architecturales, réussir une insertion du bâtiment revient à exploiter le potentiel du site et à analyser l'interaction du projet avec les éléments caractéristiques de son site, comme le relief, le contexte urbain, le type de terrain, la végétation et enfin le vent.

(1) Benhalilou K, 2008 (impact de la végétation grimpante sur le confort hygrothermique estivale de bâtiment cas du climat semi-aride) mémoire de magister soutenu à l'université de Constantine.

(2) Benhalilou K, 2008. (B. GIVONI 1978: l'homme, l'architecture et le climat) édition moniteur France).

(3) Alain Lieberd et André de Herdelivre (traite d'architecture et d'urbanisme bioclimatique) seconde édition avril 2009 édition moniteur

ETAT DES CONNAISSANCES LIE A LA BIOCLIMATIQUE

L'orientation par rapport au rayonnement solaire, place le concept de l'orientation au centre des éléments influant sur les ambiances intérieures d'un bâtiment. Il précise que le choix de l'orientation est soumis à de nombreuses considérations telles que la vue, la position du bâtiment par rapport aux voies, la topographie du site, la position des sources de nuisance, les déperditions possibles, l'aération et la nature du climat.

L'orientation affecte les conditions thermiques intérieures de deux manières et par l'influence de deux facteurs climatiques distincts. Le premier est le rayonnement solaire et ses effets d'échauffement sur les murs et les pièces orientées selon différentes directions. Le second est la ventilation en rapport avec la direction des vents dominants et l'orientation de la construction (1). Les puissances reçues du soleil diffèrent selon l'exposition des façades aux différentes orientations (figure16).

- L'exposition Sud : c'est la plus intéressante d'un point de vue bioclimatique du fait qu'elle reçoit le minimum de radiations solaires en été grâce à la hauteur du soleil et le maximum en hiver.
- Les expositions Est et Ouest : ce sont les orientations les plus défavorables comparativement aux autres ; le soleil est bas et la direction de ses rayons se rapproche de l'horizontal. Ainsi, l'inclinaison des rayons solaires est importante sur ces façades, ce qui accroît leur facilité de traverser les ouvertures ont été (2).
- Les façades Est et Ouest reçoivent le maximum de radiations solaires en été et le minimum durant les mois d'hiver.
- L'exposition Nord : il est déconseillé des ouvertures au côté Nord notamment en climat tempéré du fait qu'elles ne reçoivent pas du rayonnement solaire.

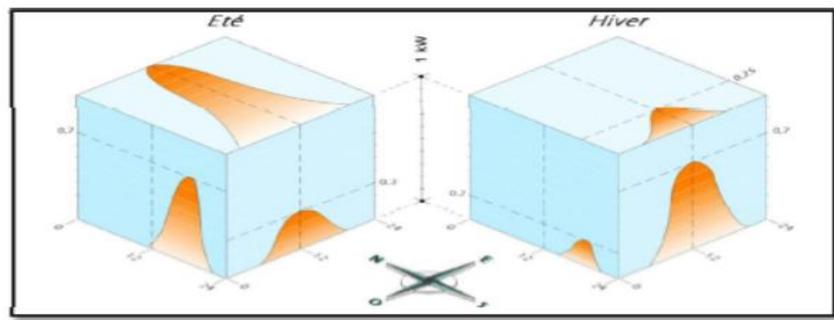


Figure 16 : Répartition des puissances reçues du soleil suivant les orientations des façades (source :thèse SADDOK amel qui a référencé a Izard J.L, Guyot A.1979)(1)

(1)B.GIVONI1978: livre (l'homme ,l'architecture et le climat) édition moniteur France.

(2).P.Lavigne P.2009 a Fernande p1994 (architecture climatique une contribution au développement durable) tom2 édition Ebisu paris.

ETAT DES CONNAISSANCES LIE A LA BIOCLIMATIQUE

Il est admis que, toute forme allongée suivant l'axe Est-Ouest présente les meilleures performances thermiques (1). L'exposition principale Sud s'adapte le mieux au climat méditerranéen du fait que le soleil est disponible toute la journée et toute l'année, avec une facilité de se protéger en été.

a) L'orientation par rapport au vent

L'orientation des fenêtres vis-à-vis de la direction des vents a un impact remarquable sur la ventilation intérieure.(2) exige la disposition des ouvertures aussi bien sur la façade « au vent » que sur sa face « sous vent » pour qu'une ventilation soit satisfaisante. Toutefois, le vent peut avoir des effets dérangeants, ceux d'hiver peuvent être des sources importantes de déperditions par convection ou infiltration.(3)

Signale que les orientations sont choisies à partir de l'utilisation que l'on désire. Ainsi, les parois exposées aux vents doux peuvent être ouvertes. Par ailleurs, l'impact du vent sur une façade peut être réduit en protégeant des parties du bâtiment par la topographie du site, des plantations et des remblais...etc.

1.4.c La forme architecturale

La forme du bâtiment influe sur son bilan global de l'éclairage énergétique du au soleil, sur le taux de déperditions thermiques et sur l'écoulement des flux d'air aux abords, en conséquence sur les conditions thermiques intérieures (5).la forme optimale correspond à celle qui permet de perdre un minimum de chaleur en hiver et d'en gagner un minimum en été.

Une forme compacte est plus efficace qu'une forme éclatée puisque les déperditions sont Proportionnelles à la surface d'échange entre l'intérieur et l'extérieur. En effet, différentes études ont traité l'impact de la forme sur les conditions thermiques des bâtiments. Elles ont développé une méthode simplifiée qui permet de quantifier les volumes construits en indiquant leur degré d'exposition aux conditions climatiques extérieures ; il s'agit du coefficient de forme (Cf). Ce dernier mesure le rapport de la surface de l'enveloppe au volume habitable (m^2/m^3).Ainsi, pour limiter les déperditions thermiques, le coefficient de forme doit être réduit au maximum.

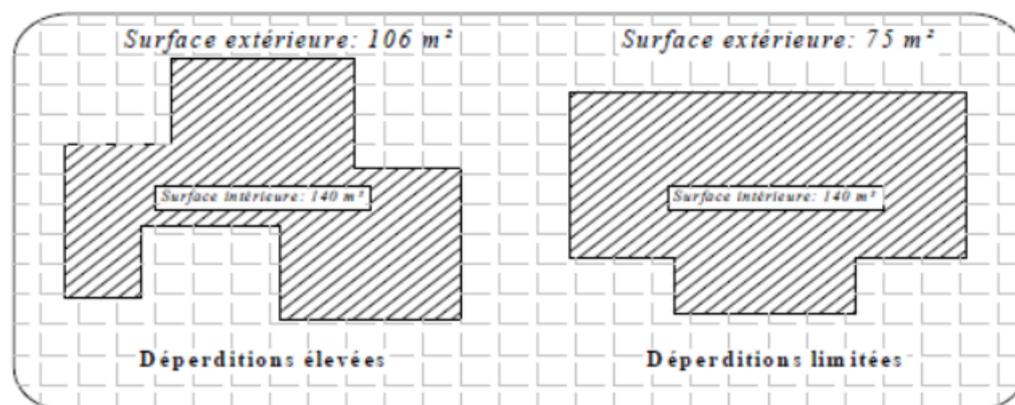


Figure 17: Impact de la forme du bâtiment sur l'importance des surfaces de déperditions thermiques. (5)

(1) Izard J.L., Guyot a 1979 archbio édition parenthèse Marseille

(2) Mazouz S.2008element de conception architecturale édition opus 4eme édition

(3) B.GIVONI1978: ivre (l'homme ,l'architecture et le climat) édition moniteur France

(4) Izard J.L., Guyot a 1979 archbioédition parenthèse Marseille

(5)Chabbi M.2009 (étude bioclimatique de logement social participatif la vallée du m'zabre cas du ksar du Tafilet)mémoire magister soutenu a l'univ mouloud Mammeri tiziouzoou..

ETAT DES CONNAISSANCES LIE A LA BIOCLIMATIQUE

1.4.d Les surfaces vitrées

Les surfaces vitrées participent activement dans les échanges thermiques entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment. Le verre permet au rayonnement solaire de pénétrer à l'intérieur ou il est absorbé par les surfaces et les objets que contient le bâtiment. Ces surfaces chauffées émettent à leur tour un rayonnement dont la longueur d'onde n'est pas transmise à l'extérieur par le verre ; le rayonnement se trouve donc piégé à l'intérieur. Par ce processus connu sous le nom de « effet de serre », une surface vitrée exposée au soleil provoque une élévation des températures intérieures supérieures à celle que pourra provoquer la pénétration du rayonnement solaire par une fenêtre ouverte.(1)

Toutefois, en hiver ces vitrages fonctionnent en régime permanent comme des surfaces privilégiant les déperditions. Ce phénomène se produit aussi en été où les surchauffes peuvent plus facilement être dissipées sous l'effet d'un gradient thermique pendant la nuit, compensant en partie les effets diurnes.

La dimension des baies vitrées fixe par proportionnalité directe la quantité totale d'énergie solaire susceptible de pénétrer dans le bâtiment. En outre, cette quantité dépend aussi de :(2)

- L'environnement extérieur : celui-ci commande la durée réelle de l'ensoleillement utile de la baie : montagnes, collines, arbres à feuilles persistantes, autres immeubles...etc.
- L'orientation : elle détermine la durée d'ensoleillement, mais aussi la répartition diurne et annuelle de l'énergie incidente.
- Le type du vitrage utilisé : il influe sur la quantité d'énergie transmise à l'intérieur en fonction du rayonnement incident et des propriétés thermiques du verre utilisé.
- L'architecture du bâtiment : les façades contenant les baies vitrées peuvent avoir certains masques qu'il convient de connaître l'impact sur l'ensoleillement réel comme les linteaux, les balcons avancés, ...etc.
- Les brises soleil : ce sont des dispositifs destinés à régler la pénétration solaire à l'intérieur du bâtiment ou même à l'interdire en saison chaude.

1.4.e Les parois opaques

L'enveloppe d'un bâtiment est le siège d'un flux de chaleur entre le climat extérieur et l'ambiance intérieure. Quantitativement, ce flux dépend de l'épaisseur des matériaux et leurs propriétés thermophysiques. Les parois opaques transmettent la chaleur résultante de leur exposition au rayonnement solaire comme suit : l'air ambiant extérieur et le rayonnement solaire chauffent les surfaces externes de l'enveloppe, la grandeur de la température de cette surface dépend de sa couleur et de son orientation. La chaleur résultante chauffe la masse du mur et se transmet vers la surface intérieure. Cette chaleur est transmise à son tour vers l'air ambiant intérieur par convection et rayonnement. Parler des parois opaques, nous mène à définir les principales caractéristiques thermiques des matériaux de construction.(2)

(1)B.GIVONI1978: ivre (l'homme ,l'architecture et le climat) édition moniteur France.

(2)Izard J.L, Guyot a 1979 archbio édition parenthèse Marseille

ETAT DES CONNAISSANCES LIE A LA BIOCLIMATIQUE

- 1-La conductivité thermique λ (W/m.K) : elle indique la quantité de chaleur qui se propage par conduction thermique en 1 seconde, a travers une surface de 1 m² du matériau, épais d'un 1 m, lorsque la différence de température entre les deux faces est de 1°C. Plus la conductivité thermique est élevée, plus le matériau est conducteur de chaleur. Plus elle est faible, plus le produit est isolant.
- 2-La capacité thermique ρC (Wh/m³.K) : c'est la quantité de chaleur nécessaire pour élever la température du matériau de 1 °C. Plus la capacité thermique d'un matériau est grande, plus la quantité d'énergie qu'il peut stocker et a lui apporter pour élever sa température est importante.
- 3- L'effusivité thermique b (W.h^{1/2} /m².K) : l'effusivité thermique d'un matériau caractérise sa capacité et sa rapidité a échanger de l'énergie avec son environnement .plus l'effusivité est élevée , plus le matériau absorbe de la chaleur .
- 4-La diffusivité thermique a (m²/h) : c'est la capacité d'un matériau continu à transmettre un signal de température d'un point à un autre de ce matériau. Elle dépend de la capacité du matériau à conduire la chaleur (sa conductivité thermique) et de sa capacité à stocker la chaleur (capacité thermique). Plus la conductivité thermique) et de sa capacité à stocker la chaleur (capacité thermique). Plus la diffusivité est faible, plus le front de chaleur mettra du temps à traverser l'épaisseur du matériau.(1)

2. Effet de l'inertie thermique

Dans les conditions courantes, un flux de chaleur s'établit dans les matériaux exposés à des conditions climatiques données, les maximums de température atteint sur la face extérieure n'est pas immédiatement senti sur la face intérieure de la paroi. Le temps de déphasage est en fonction de l'inertie thermique des matériaux. Ainsi, « l'inertie thermique est une notion qui recouvre à la fois l'accumulation de chaleur et sa restitution, avec un déphasage dépendant des caractéristiques physiques, dimensionnelles et d'environnement de la paroi de stockage ». L'inertie thermique a un effet positif sur l'ambiance intérieure du bâtiment en limitant l'inconfort dû aux fortes variations des températures.

Les caractéristiques de l'inertie thermique peuvent être regroupées en deux grandeurs : la diffusivité et l'effusivité thermique. Pour réduire l'amplitude du flux, les parois doivent présenter une faible diffusivité et une forte effusivité.. En outre, l'épaisseur du matériau joue aussi un rôle primordial, plus les murs sont épais et les matériaux sont lourds, plus l'inertie thermique est importante.(2)

(1)Chabbi M.2009 (étude bioclimatique de logement social participatif la vallée du m'zabre cas du ksar du Tafilelt) mémoire magister soutenu a l'univ mouloud Mammeri tiziouzou..

(2) alainlieberd et andrè de herdelivre(traite d'architecture et d'urbanisme bioclimatique)second édition avril 2009 édition moniteur p133a.

ETAT DES CONNAISSANCES LIE A LA BIOCLIMATIQUE

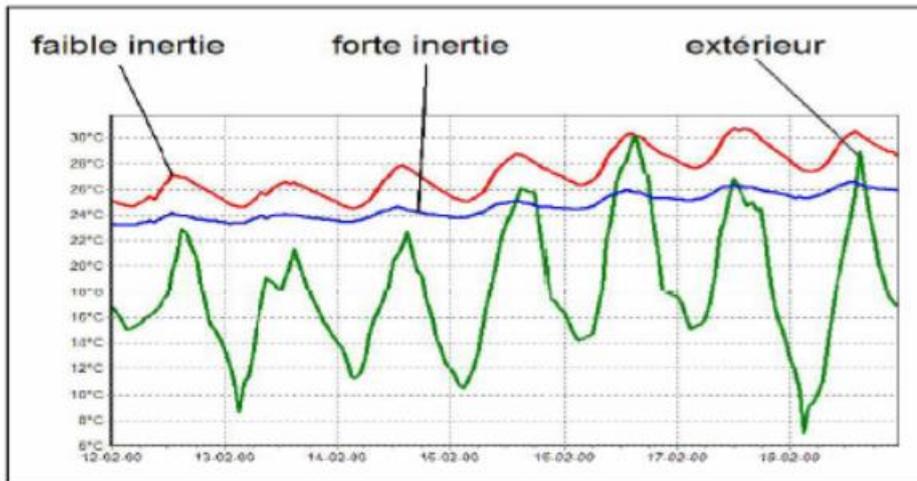


Figure 18: Evolution des températures dans une maison individuelle pour deux niveaux d'inertie (source : Peuportier B, Thiers S.2006)⁽¹⁾

3. Effets de l'isolation thermique

Une grande partie des déperditions thermiques se produit à travers l'enveloppe des constructions. Les grosses fuites s'effectuent notamment par les surfaces : toitures, murs et vitrages. Les joints entre les parois, appelés ponts thermiques, laissent également fuir la chaleur, d'où l'importance d'isoler. Le rôle de l'isolation est de préserver le confort en réduisant les échanges thermiques à travers l'enveloppe.

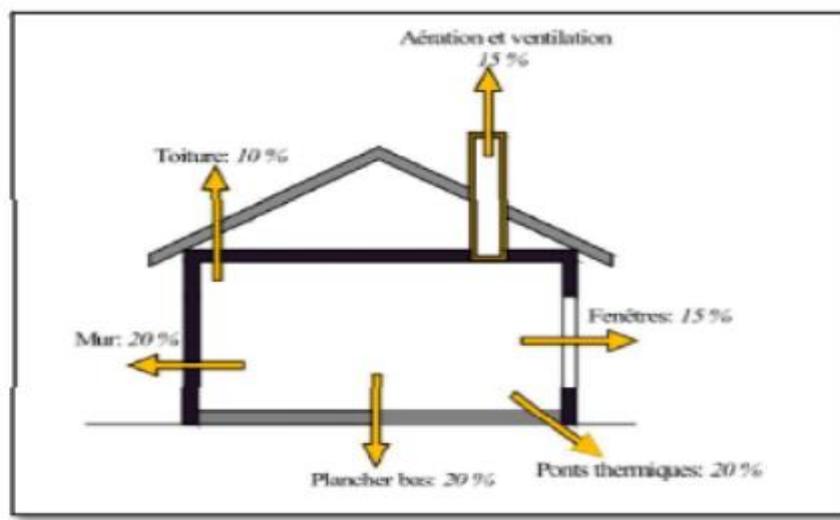


Figure 19 : Répartition moyenne des déperditions dans un local (source : ministère de l'emploi de la cohésion sociale et du logement français, 2005)

L'isolation thermique peut être appliquée en rénovation ou bien intégrée directement dans la conception. En effet, l'avènement de l'isolant comme matériau a libéré l'architecture de la contrainte de la forme, qui devait être compacte pour limiter les déperditions. De nos jours,

(2)Peuportier B, Thiers S.2006des ecotechnique a des ecoconception).actes de journée thématiques efficacité thermique de bâtiment.

ETAT DES CONNAISSANCES LIE A LA BIOCLIMATIQUE

plus les niveaux d'isolation thermique sont poussées, plus l'architecte peut jouer librement avec l'enveloppe sans pour autant provoquer des consommations ou des déperditions excessives

4. La conductivité thermique λ

La résistance thermique (R) : elle traduit la capacité d'un matériau à empêcher le passage de la chaleur pour une épaisseur donnée. Elle correspond au rapport de l'épaisseur d'un matériau à sa conductivité thermique (e/λ). Elle s'exprime en ($m^2 \text{ } ^\circ C/W$). Ainsi, elle permet de quantifier le pouvoir isolant des matériaux selon l'épaisseur donnée. Plus R est élevée, meilleure est la performance d'isolation.

4.1 Les procédés d'isolation

Il existe principalement deux possibilités d'isoler une construction, l'isolant peut être placé à l'intérieur ou à l'extérieur, ce sont les procédés les plus courants. Il existe un troisième procédé intégré au mur qui est l'isolation répartie.

a) L'isolation des murs par l'extérieur

Ce procédé consiste à installer l'isolant sur la surface extérieure du mur avec un système relativement simple à la pose. L'isolation par l'extérieur est une solution très efficace, elle présente plusieurs avantages notamment :

- La facilité et la rapidité de sa mise en œuvre
- Elle permet de supprimer la majorité des ponts thermiques
- Elle augmente la durabilité des façades en les protégeant des variations des températures et des effets de l'eau
- Elle permet de placer les murs porteurs (lourds) du côté intérieur et donc de renforcer l'inertie thermique du bâtiment.
- Elle a l'avantage de ne pas modifier les surfaces habitables.

b) L'isolation des murs par l'intérieur

C'est la technique la plus couramment utilisée du fait qu'elle est la moins onéreuse et la mieux maîtrisée. Néanmoins, l'isolation intérieure annule l'inertie thermique de la paroi isolée et entraîne une réduction de la surface des pièces. En outre, ce type d'isolation ne permet pas de traiter tous les ponts thermiques.

4.1.1 Effets des protections solaires

L'effet thermique et lumineux d'une paroi vitrée dépend, dans une grande mesure, de la présence d'une protection solaire. Il s'agit de tout corps empêchant le rayonnement solaire d'atteindre une surface qu'on souhaite ne pas voir ensoleillée. Leurs principaux rôles sont :

- -Réduire les surchauffes dues aux rayonnements solaires.
- -Améliorer l'isolation en augmentant le pouvoir isolant des fenêtres.
- -Contrôler l'éblouissement.

Les protections solaires peuvent être intégrées à l'architecture comme les porches et les vérandas ou appliquées comme les stores, persiennes, volets...etc. Elles peuvent également

ETAT DES CONNAISSANCES LIE A LA BIOCLIMATIQUE

être fixes ou mobiles, extérieurs ou intérieurs, verticales ou horizontales, Elles peuvent aussi être liées à l'environnement (végétation) et servir comme systèmes d'isolation. Certains dispositifs permettent de remplir tous ces rôles . Le choix de la forme d'une occultation dépend de la latitude, de l'orientation des façades et des profils des masques environnants.

4.1.2 Effets de la couleur des surfaces

Les températures superficielles dues à l'action directe des rayons du soleil varient fortement en fonction de la couleur. En effet, les couleurs sombres se caractérisent par des facteurs d'absorption importants comparativement aux couleurs claires. La figure ci-dessous donne le coefficient d'absorption pour différents matériaux et couleurs.

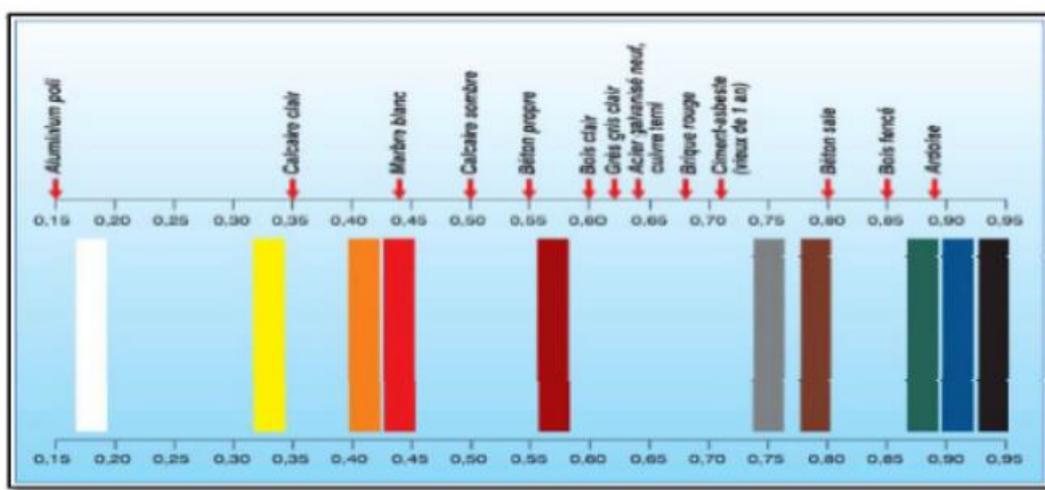


Figure20 : Coefficients d'absorption pour différents matériaux et couleurs (.source :livre traite d'architecture et d'urbanisme bioclimatique edition moniteur france avril 2009)

4.1.3 Effets de la ventilation naturelle

La ventilation naturelle est l'un des aspects les plus importants dans l'approche du confort thermique par ses effets sur la température et la qualité de l'air intérieur. Dans ce contexte, B.Givoni souligne que « les conditions de ventilation a l'intérieur d'un bâtiment sont parmi les principaux facteurs déterminant de l'hygiène de l'homme, de son confort et de son bien-être ». En été, la ventilation apporte de la fraîcheur et accroît les échanges thermiques entre le corps et l'air ambiant par convection et évaporation de la sueur. En hiver, la ventilation peut être une source d'inconfort dû aux déperditions thermiques, il suffit alors de fermer les fenêtres pour empêcher tout écoulement d'air.

La ventilation naturelle est provoquée lorsqu'il y a des écoulements d'air reposant sur les effets du vent et les variations de la densité de l'air dues aux différences de températures. Par ailleurs, la capacité de ventiler naturellement dépend aussi du potentiel des parois extérieures et intérieures du bâtiment a laisser circuler les flux d'air. L'efficacité de la ventilation dépend donc des phénomènes physiques d'écoulement d'air et de la position et dimension des ouvertures dans le bâtiment.

5. Facteurs affectant le confort thermique des occupants :

5.1 Les paramètres liés à l'ambiance thermique

Plusieurs facteurs interagissent dans l'équilibre thermique des occupants. Les six paramètres de base des échanges thermiques entre l'homme et son environnement sont : la température de l'air, la température du rayonnement, l'humidité de l'air, la vitesse de l'air, l'activité et la vêtiture du corps humain. En outre, la perception thermique d'un environnement peut être également influencée par des variables physiologiques et psychologique.

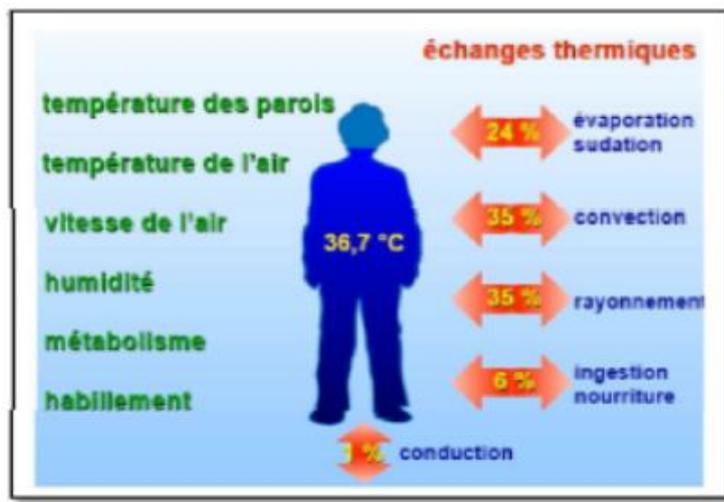


Figure 21: Les échanges thermiques du corps humain avec son environnement (.source : livre traite d'architecture et d'urbanisme bioclimatique P.27b Edition moniteur France avril 2009).

Pour mieux comprendre le mécanisme de fonctionnement de l'ensemble des paramètres agissant dans l'équilibre thermique des occupants. Il est important de faire un rappel des modes de transfert de chaleur entre le corps humain et son environnement qui sont :

- 1- L'échange par conduction : il se produit par le contact physique direct entre le corps humain et les objets a son contact par simple interaction moléculaire. A titre d'exemple, lorsque l'individu exerce une activité de bureau et que son corps se trouve fréquemment en contact avec le mobilier.
- 2- L'échange par convection : il se produit entre un fluide en mouvement qui est généralement l'air et le corps humain. Il dépend de la température de la peau, la température et de la vitesse de l'air. L'influence des échanges convectifs sur le bilan thermique de l'individu est plus grande tant que la vitesse de l'air est importante.
- 3- L'échange par rayonnement : la chaleur se transmet entre le corps humain et les surfaces et objets de son environnement par émission et absorption de rayonnements électromagnétiques. L'échange augmente avec l'augmentation de la surface du corps exposée.
- 4- Les échanges évaporatoires : dans le corps humain, ils se présentent sous deux formes : la respiration et la sudation. La respiration est un phénomène d'évaporation

ETAT DES CONNAISSANCES LIE A LA BIOCLIMATIQUE

permanent et continue, tandis que la sudation est un processus de régulation qui se déclenche dès que le corps n'est plus en équilibre thermique.

5.2 Effet L'inertie thermique

5.2.1 Définition

1-L'inertie thermique peut simplement être définie comme la capacité d'un matériau à stocker de la chaleur et à la restituer petit à petit. Cette caractéristique est très importante

2-Pour garantir un bon confort notamment en été, c'est-à-dire pour éviter les surchauffes.

3-L'inertie thermique, d'un point de vue scientifique, est le déphasage entre la température d'un corps massif et la température extérieure.

5.2.2 But de l'inertie thermique

L'inertie thermique d'un bâtiment est recherchée afin de minimiser les apports thermiques à lui apporter pour maintenir une température constante.

L'inertie thermique est importante pour assurer une ambiance climatique confortable pour ses occupants.

Un bâtiment à forte inertie thermique équilibrera sa température en accumulant le jour, la chaleur qu'il restituera la nuit pour assurer une température moyenne.

Les matériaux à forte inertie thermique sont utilisés pour accumuler la chaleur ou la fraîcheur (radiateur à accumulation, radiateur à inertie thermique, isolants à forte densité, briques réfractaires, etc).

5.2.3 Typologie de l'inertie thermique :

Selon que l'on s'intéresse aux apports gratuits récupérés ou au confort d'été, l'inertie d'un bâtiment peut se définir selon deux notions :

a. L'inertie quotidienne

Elle caractérise l'amortissement de « l'onde » sur 24 heures en température et ensoleillement et qui est liée au taux de récupération des apports gratuits. Pour le béton, ce sont environ les 7 premiers centimètres en contact avec l'ambiance intérieure qui agissent effectivement (surfaces d'échanges suffisantes).

b. L'inertie séquentielle

Elle caractérise l'amortissement de la variation de la température extérieure sur plusieurs jours consécutifs et qui est utilisée pour décrire le comportement d'un bâtiment en période chaude. Pour une séquence de 12 jours, l'épaisseur « efficace » du béton est de l'ordre de 34 cm.

5.2.4 Paramètre de l'inertie thermique :

L'inertie thermique d'un matériau se caractérise par 2 valeurs ; la diffusivité et l'effusivité :

ETAT DES CONNAISSANCES LIE A LA BIOCLIMATIQUE

a. La diffusivité thermique :

Elle caractérise la vitesse à laquelle la chaleur se propage, par conduction, dans un corps. Plus elle est faible, et plus le déphasage est important.

b. L'effusivité thermique :

Elle caractérise la capacité des matériaux à réagir plus ou moins rapidement à un apport de chaleur intérieur au logement (provenant d'une source interne ou du rayonnement solaire). Plus l'effusivité est grande, et plus vite la chaleur interne sera absorbée par le mur, plus l'élévation de la température sera limitée. Une grande effusivité implique une grande capacité thermique du mur, dont la température ne s'élève que lentement.

6. Inertie thermique des matériaux :

Rang	Matériau	Conductivité W/mK
1	Polyuréthane	0,03
2	Fibre de bois SteicoTherm	0,04
3	PSE extrudé	0,04
4	Laine de verre	0,04
5	PSE expansé	0,04
6	Laine de roche	0,044
7	Liège	0,05
8	Béton cellulaire	0,09
9	Laine de bois	0,1
10	Panneau OSB	0,12
11	Bois Sapin	0,15
12	Plaque de plâtre	0,25
13	Plâtre carreaux	0,25
14	Bois Chêne	0,29
15	Brique pleine	0,74
16	Pierre	1,7
17	Béton plein	1,8
18	Acier	50
19	Aluminium	230
20	Cuivre	380

Figure 22: conductivité thermique des matériaux (source: livre traite d'architecture et d'urbanisme bioclimatique P: Edition moniteur France avril 2009).

ETAT DES CONNAISSANCES LIE A LA BIOCLIMATIQUE

6.1 Caractéristique de l'inertie thermique :

Une bonne inertie associe les 3 caractères suivants :

6.1.1 La capacité thermique massique ou chaleur spécifique :

C'est la quantité de chaleur qu'il faut fournir à l'unité de masse pour voir sa température s'élever d'un degré. Un matériau "stocke" d'autant plus d'énergie que sa chaleur spécifique est grande.

6.1.2 La conductivité thermique des matériaux

C'est la propriété des matériaux à transmettre plus ou moins facilement la chaleur d'un point à un autre de leur masse. Un matériau "stocke" ou "déstocke" d'autant plus de chaleur en un temps donné que sa conductivité thermique est grande.

6.1.3 La surface d'échange

L'inertie d'une paroi dépend aussi de la surface d'échange. Un mur de refend intérieur a deux fois plus de surface d'échange utile qu'une paroi en contact avec l'extérieur. Les volumes compacts présentent une petite surface d'échange.

6.2 Fonctionnement de l'inertie thermique

a. Stratégie de l'hiver :

a- Capter : Tout apport solaire est capté par rayonnement. Cela est transmis dans les matériaux à forte inertie thermique tels que : la pierre, le béton armé...

b- Stocker : Une fois que le rayonnement solaire est entré dans le bâtiment, il faut stocker la chaleur générée, grâce à l'inertie thermique des matériaux du bâti.

c- Restituer : l'énergie stockée est restituée pendant la nuit pour éviter les fortes baisses de température à l'intérieur du local.

d- Conserver : Il s'agit de d'éviter les pertes vers l'extérieur des apports solaires et des apports provenant des dispositifs de chauffage.

b. Stratégie de l'été :

L'inertie thermique en été fonctionné de la même façon qu'en hiver. Mais il devient obligatoire de supprimer la stratégie de Conservation par une ventilation nocturne afin d'éviter la surchauffe

Nocturne.

-Pour garantir le confort d'été (éviter les surchauffes) on essaiera d'utiliser un matériau possédant les caractéristiques suivantes :

- Une faible diffusivité, pour que l'échange d'énergie thermique entre le mur et le climat intérieur se fasse le plus lentement possible. Ceci conduit à choisir un matériau possédant une capacité thermique ($\rho * c$) élevée

-Une forte effusivité thermique pour que le mur stocke au maximum l'énergie thermique.

ETAT DES CONNAISSANCES LIE A LA BIOCLIMATIQUE

6.3 Transfert de chaleurs par conduction à travers une paroi pleine :

6.3.1 Loi de fourrier

La conduction thermique est un transfert thermique spontané d'une région de température élevée vers une région de température plus basse, et est écrit par la loi dit de fourrier, ladensité de flux de chaleur est proportionnelle au gradient de température.

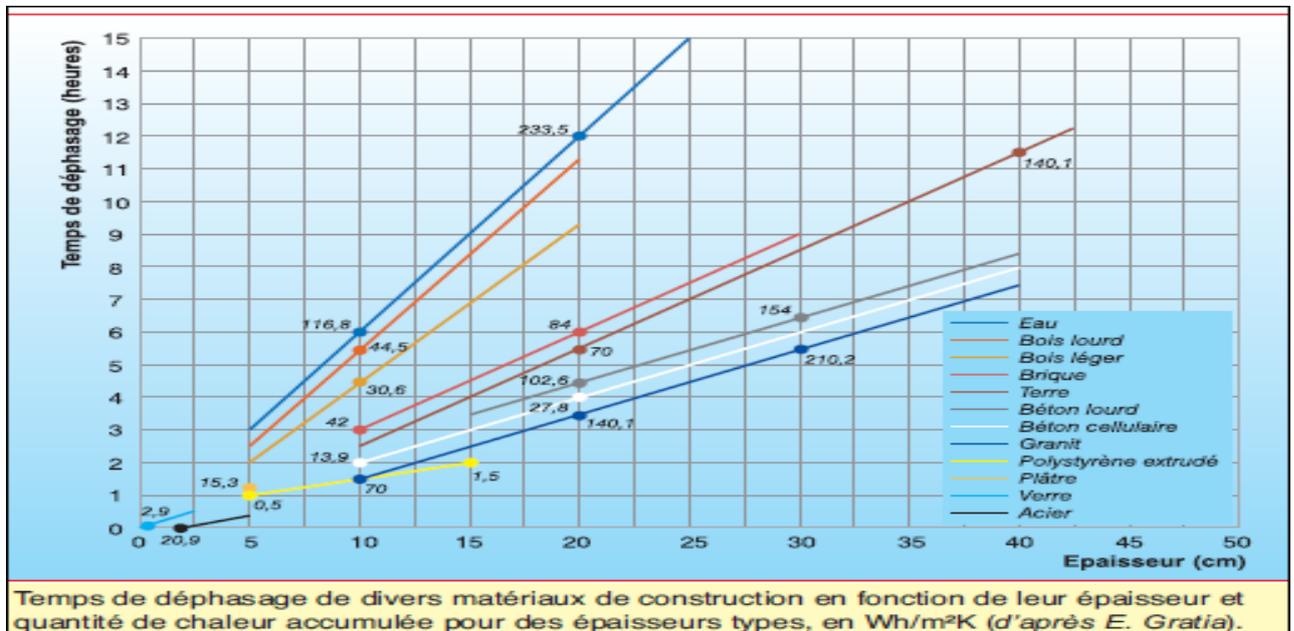


Figure 23: temps de déphasage des matériaux de construction (source : livre traite d'architecture et d'urbanisme bioclimatique P: 133b. Edition moniteur France avril 2009).

CONCLUSION

A la fin de ce chapitre nous concluons que les conditions thermiques des bâtiments sont influées par plusieurs facteurs, qui se regroupe principalement dans deux paramètres, ceux qui sont lie aux conditions climatiques extérieurs et ceux qui sont lié à la conception l'intérieur du bâtiment.

Par ailleurs, la nécessité d'évaluer ces paramètres liés au confort thermique doit être menée à une étude évaluative en concéderont tous les facteurs influent sur le métabolisme humain.

**Étude de l'influence
de l'inertie
thermique sur les
performances
énergétiques de la
maison kabyle**

CHAPITRE II :
L'ARCHITECTURE
VERNACULAIRE
KABYLE

L'ARCHITECTURE VERNACULAIRE KABYLE

INTRODUCTION

Notre pays concentre les plus prestigieux monuments de l'architecture berbère : Les maisons kabyles ou mozabites, les ksars de terre du Sud algérien ou tout simplement la kasbah ont leur propre originalité, leur style et leurs techniques de construction... On a découvert surtout que cette architecture qu'on a qualifiée parfois d'architecture de pauvres, n'était pas aussi pauvre que cela, et qu'elle a l'intelligence d'utiliser des matériaux qui s'intègrent parfaitement dans le paysage et qui ont l'avantage d'être très abondants. Certes pas de matériaux de prestige comme le marbre, l'ardoise, la dalle de sol ou le bois, selon les régions le palmier, le chêne, le cèdre ou le pin, le roseau, le gypse, la terre... Les demeures, même si elles sont frustes et primitive, n'en sont pas moins agréables à habiter : fraîches en été, chaudes en hiver, absorbant l'humidité, assurant de bonnes isolations. Il est intéressant de faire le tour des maisons berbères, de l'Atlantique à l'oasis de Siouah, pour relever les constantes de cette architecture et de ses variantes. Dans cet partie, on aura l'occasion de traiter de la maison berbère et plus précisément de celui des kabyles



Figure 24: vue prise sur un village kabyle a tyboulamine.Aokas

L'ARCHITECTURE VERNACULAIRE KABYLE

1. Généralités sur l'espace villageois traditionnel de Kabylie.

Terre de montagnes densément peuplées, elle est entourée de plaines littorales à l'ouest et à l'est, au nord par la Méditerranée et au sud par les Hauts Plateaux. Dénuée d'existence administrative globale, elle tient son nom des Kabyles, population de culture et de traditions berbères dont elle est le foyer. Composante de l'Atlas tellien située en bordure de la mer Méditerranée, la Kabylie tire son unité physique du relief montagneux qu'évoque son surnom traditionnel de Tamurtidurar, « pays des montagnes ».

L'altitude y connaît cependant des variations et des ruptures qui sont le support de plusieurs subdivisions. La principale est celle qui sépare la Grande de la Petite Kabylie. La grande Kabylie, ou (la Kabylie du Djurdjura) est délimitée au Nord par la Méditerranée, à l'Est et au sud par la vallée de la Soummam, à l'ouest par Oued Isser. La petite Kabylie ou (la Kabylie des Babors), est une région littorale que limitent à l'ouest la vallée de la Soummam, à l'est celle de l'Oued el-Kebir.

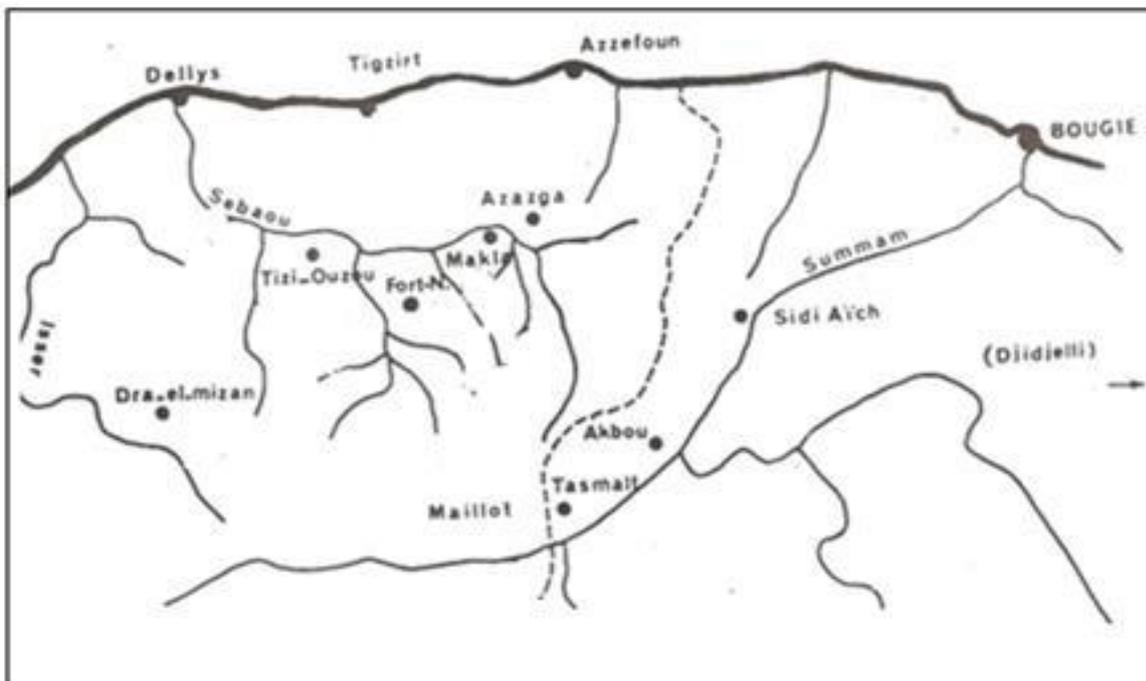


Figure 25 : Limites de la grande Kabylie (Source : R.Basagana et A Sayad.1971)

La grande Kabylie s'étend ainsi sur les wilayas de Tizi-Ouzou, Bouira, et Boumerdes. La petite, sur les wilayas de Bejaïa, Jijel, Bordj- Bouarerdj et Setif. (Figure I.2)

L'ARCHITECTURE VERNACULAIRE KABYLE



Figure 26: les wilayas de la Kabylie (Source : site internet <http://www la-kabylie.com>)

1.2 Les paysages de la Kabylie

Les paysages de la grande Kabylie sont caractérisés par :

- Un relief essentiellement montagneux est siège d'un écosystème varié et d'une biodiversité protégée par plusieurs parcs nationaux



Figure27 :photos représentant le relief de la grande Kabylie.
(Source : site internet <http://www la-kabylie.com>)

- Un territoire est assez boisé : oliviers, figuiers, chêne –liège, chêne zens, chêne glands doux et dans les parties plus élevées chêne-afarès et sur les pentes dénudées à partir de douze ou treize cents mètres d'altitude, de beaux cèdres dominant les bosquets de houx. Parfois, de petits plateaux offrent leurs maigres mais parfumés pâturages

L'ARCHITECTURE VERNACULAIRE KABYLE



Figure 28: paysage boisé de la Kabylie. (Source : site internet <http://www-la-kabylie.com>)

Aux belles saisons, tous les talus et les buissons s'égaient de fleurs rustiques. Le sol ainsi couvert d'une parure fraîche et parfumée, semble être des plus riches. Mais en hiver, il reprend son vrai visage rougeâtre, caillouteux et froid avec çà et là, des ressauts de rocs qui révèlent toute la rudesse de l'ingrate nature de la Kabylie. (Figure 29)



Figure 29: Paysages printanier et hivernal de Kabylie (Source : site internet <http://www-la-kabylie.com>)

L'ARCHITECTURE VERNACULAIRE KABYLE

2. Organisation sociale et politique

La société Kabyle semble selon Bourdieu (1972), être composée comme par une série de collectivités emboîtées (Figure 30), présentant des cercles concentriques de fidélité qui ont leur nom, leurs biens et leur honneur, ils parlent de :

« ...cercles concentriques d'intimité à l'intérieur desquels l'individu et les sous-groupes auraient des rôles et des statuts spécifiques, des droits et des devoirs. Ces cercles d'intimité groupent des systèmes de relations spécifiques, qui varient si l'on passe d'un cercle d'intimité au suivant. ».

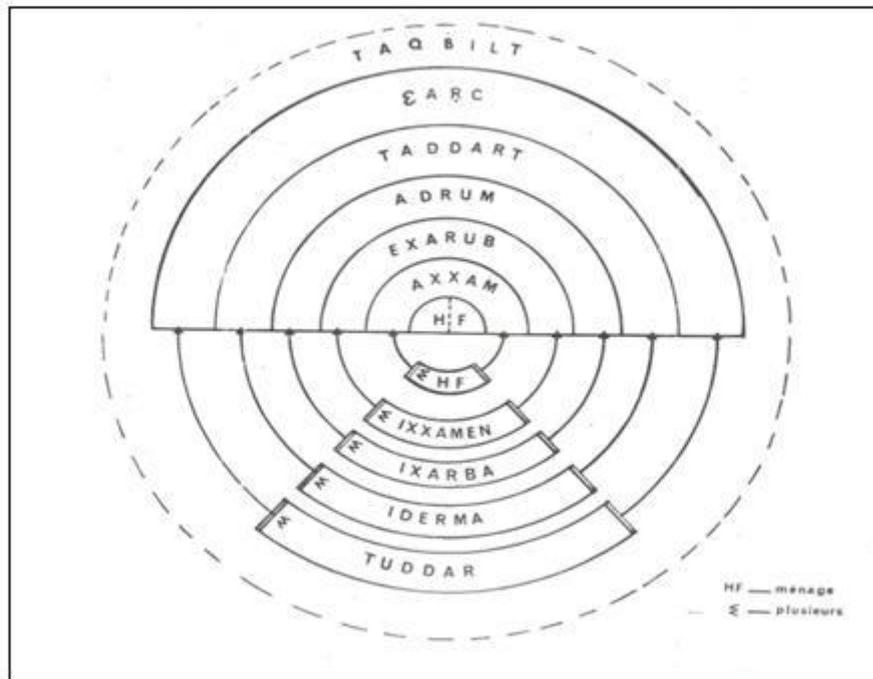


Figure 30 : représentation concentrique des structures sociales. (Source : Basagana et Sayad, 1971).

L'unité sociopolitique et économique de base de la société traditionnelle kabyle est la famille élargie «Axxam».

2.1 L'Hara

L'Hara, l'unité sur laquelle se trame la structure globale du village kabyle, est constituée par un ensemble d'ixxamen (pluriel d'axxam), un nombre variable qui dépend du nombre de familles soumises à l'autorité d'un même chef de famille et vivant groupé autour d'un même espace « afrag ».

L'ARCHITECTURE VERNACULAIRE KABYLE



Figure 31 : L'hara, dans le village de Bou-Mansour.

(Source : ALILI Sonia, Thèse magister en architecture, « guide technique pour une opération de réhabilitation du patrimoine architecturale villageois de Kabylie » (université tizi-ouzou).

2.2 Axxam ou Tazqâ (la maison tripartite)

Maison du chef de famille, axxam apparait comme un espace polyvalent où se déroulent de nombreuses activités (activités relatives à des besoins de base tels que manger, dormir, procréer etc..... et activités culturelles tels que cuisiner, tisser etc.), comme disait R. Maurier (1926) : « *La maison kabyle abrite sous un seul et même toit, dans une même enceinte, les hommes et leurs richesses, c'est comme un organisme à fonctions diverses* ».

3. Description de Axxamou « Tazqâ » (maison tripartite)

Extérieurement, la maison se présente sous un toit à double pente couvert de tuiles, prenant naissance à 2,5m du sol et s'élevant à 3,5 m à son arrête faîtière. La pierre apparente, elle dispose de deux ouvertures, une porte d'entrée en bois et une petite ouverture sur le mur pignon.

L'ARCHITECTURE VERNACULAIRE KABYLE



Figure 32 : Une maison à Bou-Mansour vue de l'extérieur,
(Source : ALILI Sonia, Thèse magister en architecture, « guide technique pour une opération de réhabilitation du patrimoine architecturale villageois de Kabylie » (université tizi-ouzou).).

A l'intérieur, la maison kabyle est d'une grande simplicité, c'est une seule pièce toute en longueur. Les humains et les animaux y cohabitent chacun avec son espace. (Figure 32).

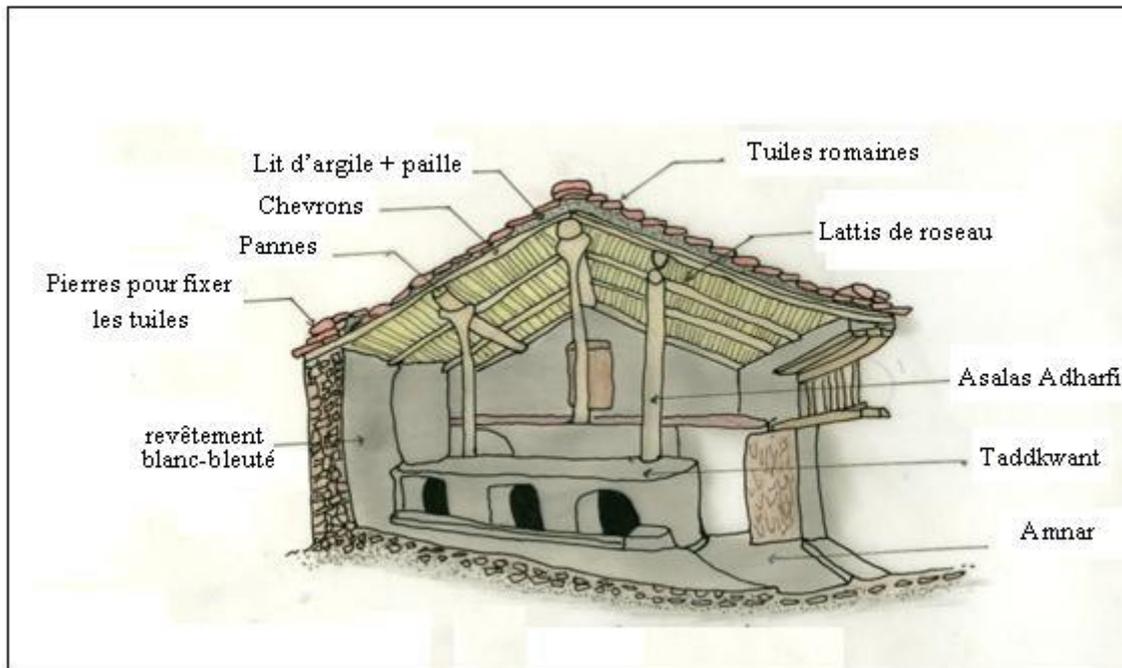


Figure 33 : Croquis de l'intérieur de la maison Kabyle. (Source : inconnu).

La maison kabyle est construite selon trois procédés :

- La pierre sèche : les pierres sont placées les unes sur les autres sans mortier intermédiaire.
- Le deuxième procédé consiste à lier les pierres avec du mortier d'argile, « *takkourt*,

L'ARCHITECTURE VERNACULAIRE KABYLE

abeghli».

- Murs en pisé « *tadabit* » : très fréquents en petite kabylie, sont élevés par des techniques de moulage.

3.1 La division tripartite.

L'intérieur de la maison kabyle traditionnelle présente une division bipartite en longueur et bipartite en hauteur, c'est-à-dire pour l'ensemble, une division tripartite (Figure 34). La première de ces divisions (A), se nomme « *taqqaât* », dans certaines régions « *aguns* » et dans d'autres « *tiyeryert* ». Cette partie est réservée aux humains. C'est là que s'accomplissent les actes ou événements essentiels de l'existence : naître et mourir, manger, dormir et procréer. La deuxième (B), est dite « *addaynine* ». Elle est réservée aux animaux. La troisième (C), s'appelle « *taâricht* ». On pourrait traduire ce terme par grenier, mais certaines de ses fonctions diffèrent considérablement. Cette partie est généralement réservée aux provisions. Parfois, et dans certaines régions on y dort (en particulier en hiver, ou lorsque les enfants étant trop nombreux ou en âge de comprendre la discrétion conjugale).

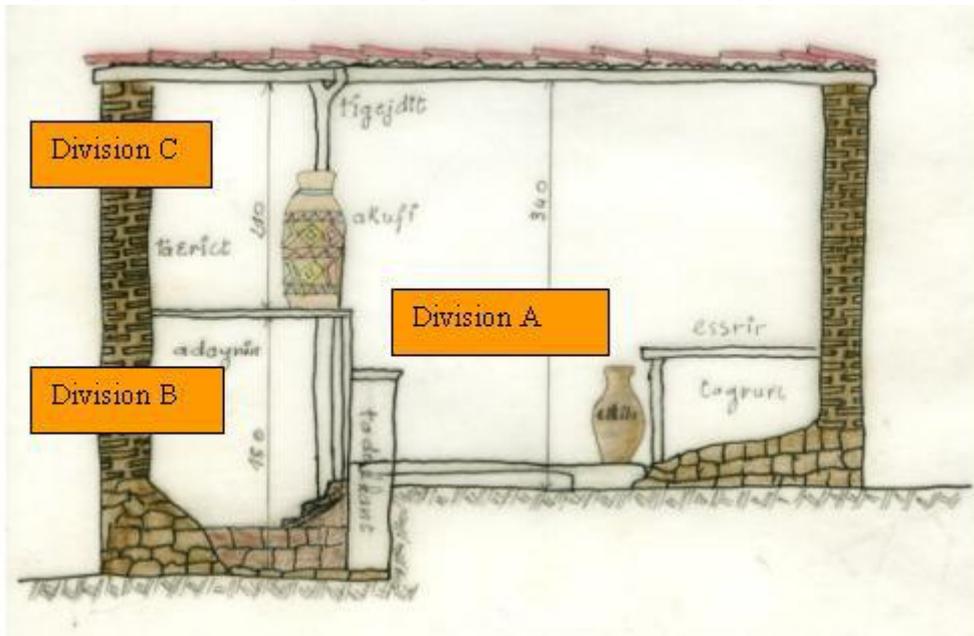


Figure 34 : Coupe d'Axxam selon la longueur. (Source : H.Genevois, 1962, p. 25)

L'ARCHITECTURE VERNACULAIRE KABYLE

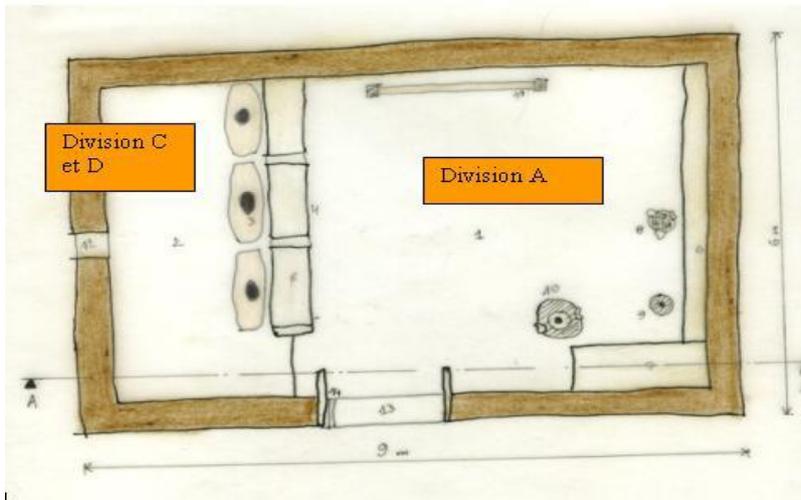


Figure 35 : Plan de Axxam. (Source : H.Genevois, 1962, p. 22)

3.2 Taqaât (Le séjour)

C'est la partie haute de la maison, par opposition à *addaynine* qui se trouve en contrebas. Cette disposition répond à des impératifs topographiques et aux nécessités techniques. Les maisons en effet, bâties le plus souvent sur un piton, un mamelon ou un versant, doivent être construites perpendiculairement aux courbes de niveau pour faciliter l'écoulement des eaux et du purin. *Taqaât* est une pièce rectangulaire occupant les deux tiers du plan rectangle. Le sol est recouvert d'un enduit de graviers et de chaux, que les femmes polissent avec un galet, comme on le fait pour les poteries. Ce mortier est parfois composé d'argile, à laquelle on ajoute de la paille hachée ou de la bouse de vache pour éviter l'effritement. L'argile utilisée étant de préférence schisteuse, l'ouvrage est d'une grande dureté. Tous les ans à la belle saison, les femmes réparent les fissures. (Figure 36).



Figure 36 : Femmes entrain de trier les figes au niveau de Taqaât, Source : site internet <http://www-la-kabylie.com>)

L'ARCHITECTURE VERNACULAIRE KABYLE

3.3 Taâricht (La soupenne) :

Taâricht est une soupenne située au-dessus de *addaynine* et dont les dimensions sont identiques à ce dernier sauf en hauteur, *Taâricht* étant plus basse qu'*addaynine*. Les dimensions sont à peu près les suivantes : longueur environ 4m ; largeur environ 2,5m ; hauteur environ 1,5m. On y dépose les provisions, mais aussi les couvertures, les objets de valeur, le coffre « *asenduq* ». *Taâricht* a une ouverture sur le mur à pignon.

3.4 Addaynine (L'étable) :

Il se trouve en contre bas par rapport à *aguns*. Il est pavé de grosses dalles et occupe le tiers du plan rectangle original. C'est là que passe la nuit les quelques chèvres de la maison, les moutons et les vaches ; l'âne peut coucher dehors.



Figure 37 : A gauche, vue sur Taâricht, à droite, vue sur Addaynine, (Source : ALILI Sonia, Thèse magister en architecture, « guide technique pour une opération de réhabilitation du patrimoine architecturale villageois de Kabylie » (université tizi-ouzou).

3.5 Composants et équipement d'Axxam

Dans la maison kabyle, on peut identifier : « l'kanoun », Aarichoubeloud, Ikufane, s'rir, adekwane, Tadekkant, tisirt, azetta, et taburt. (Figure I. 27).

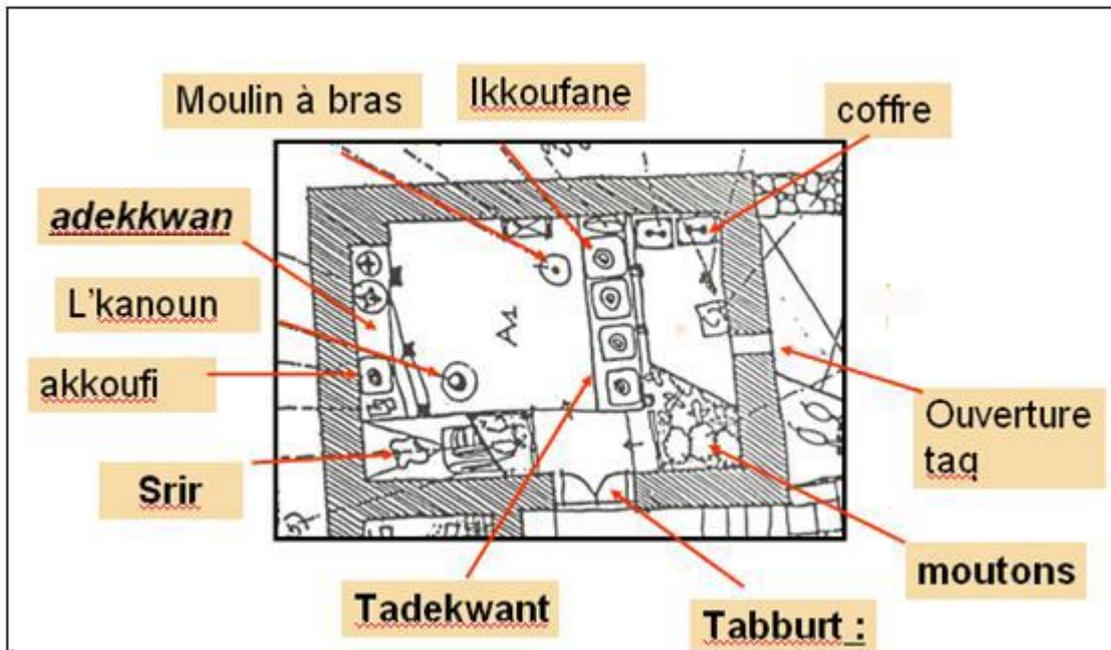


Figure 38: composants et équipement d'une maison de Bou- Mansour, (Source : ALILI Sonia, Mémoire magister en architecture, « guide technique pour une opération de réhabilitation du patrimoine architecturale villageois de Kabylie » (université tizi-ouzou).



Figure 39 : Source (, (Source : ALILI Sonia, Mémoire magister en architecture, « guide technique pour une opération de réhabilitation du patrimoine architecturale villageois de Kabylie » (université tizi-ouzou).

L'ARCHITECTURE VERNACULAIRE KABYLE

a. S'qef (Le toit)

Le toit, « S'qef » se présente en Kabylie sous deux formes : le toit en terrasse et le toit en tuiles. Le premier très rare ne se trouve que sur les pentes du Djurdjura, notamment dans la région de Kouriet. Dans le reste de la Kabylie, c'est le toit en tuile romaine qui prévaut, celle-ci est remplacée aujourd'hui par des tuiles plates, « *lqermudlegliz* »

Le toit en tuile est fait de la manière suivante :

Sur le mur pignon *tacraft* , on place trois poutres, (Une poutre centrale « *assalasalemmas* » et deux poutres latérales « *issulasiderfiyen* »). Elles sont soutenues par trois piliers « *tagwejdît* » qui habituellement sépare *addaynine* de *taqaât*. Des pieux sont parfois ajoutés, tantôt du côté *taqaât*, tantôt du côté *tacraft*.

Sur les trois poutres, allant d'un mur de façade à la poutre faitière, on place des chevrons, carrés ou ronds. Ce sont des branches d'olivier écorcés ou des bois équarris. Les chevrons sont fixés poutres par des cordes dites « *tizukwar* », (sing: *tizikert*). La partie souvent fourchue qui donne sur le mur, est entourée de mortier. Les chevrons sont opposés deux à deux, et attachés à leur sommet.



Figure 40 : Le toit (s'qef) : village de Bou-Mansour, Source :Source : ALILI Sonia, Mémoire magister en architecture, « guide technique pour une opération de réhabilitation du patrimoine architecturale villageois de Kabylie » (université tizi-ouzou).

Conclusion

A la fin de ce chapitre nous avons bien compris, comment l'homme kabyle arrivé a concevoir une maison très adapter à son environnement, et bien respecter l'aspect naturel du site avec ses différents mode et matériaux de constructions naturels qui n'ont pas subi des transformations majeures, pouvant porter atteinte à l'environnement.

Enfin, la maison Kabyle représente un concept d'une habitation très adéquate a son environnement.

L'ARCHITETURE VERNACULAIRE KABYLE

CHAPITRE III : **CAS D'ETUDE**

CAS D'ETUDE

INTRODUCTION

Chercher à identifier l'influence de l'inertie thermique sur les performances énergétique de la maison nécessite avant tout une connaissance de cet espace et cette région., objet recherché dans la présente étude. Dans le but d'arriver à ce résultat, il serait nécessaire de commencer par présenter ce patrimoine architectural et l'environnement dans lequel il est produit, cette présentation se basera sur les connaissances rapportées par les études anthropologiques précédentes. Elle commencera par la plus grande échelle qui englobe tout le territoire de la grande Kabylie ou seront définies la situation et les limites de cette région, suivie par des généralités touchant ses caractéristiques géographiques et paysagères. Ensuite on présente l'organisation sociale et politique de la Kabylie, suivie de l'organisation spatiale et la forme générale de cette maison ou on va déduire

1. Critère de choix du site

Notre choix du site est essentiellement basé sur :

- Dimensionnement majoritaire (hauteur, longueur et largeur).
- Maison kabyle purement traditionnel construit avec des matériaux locaux et passifs.
- Un lieu totalement abandonné malgré sa richesse et sa biodiversité naturelle.

2. Présentation du site d'intervention :

2.1. Présentation

Notre cas d'étude installe sur la crête qui surplombe le village de Mesbah, qui a son tour appartient à la région de la petite Kabylie. Cette dernière. Elle est constituée d'une chaîne montagneuse, le massif du Babor dont le point culminant est de 1500 est délimité au nord par la Méditerranée, à l'est et au sud par la cascade de Mesbah, à l'ouest par Oued Mesbah. Administrativement le village Mesbah est situé dans la commune Aokas qui fait partie de la daïra d'Aokas appartenant à la wilaya de BEJAIA. Il est accroché sur une éminence dépassant les 700m d'altitude au pied des Babors. La forme du site a beaucoup déterminé celle du village. Le village Mesbah est composé d'un ensemble de maisons de propriétés privées ayant un caractère architectural traditionnel et contemporain.

CAS D'ETUDE

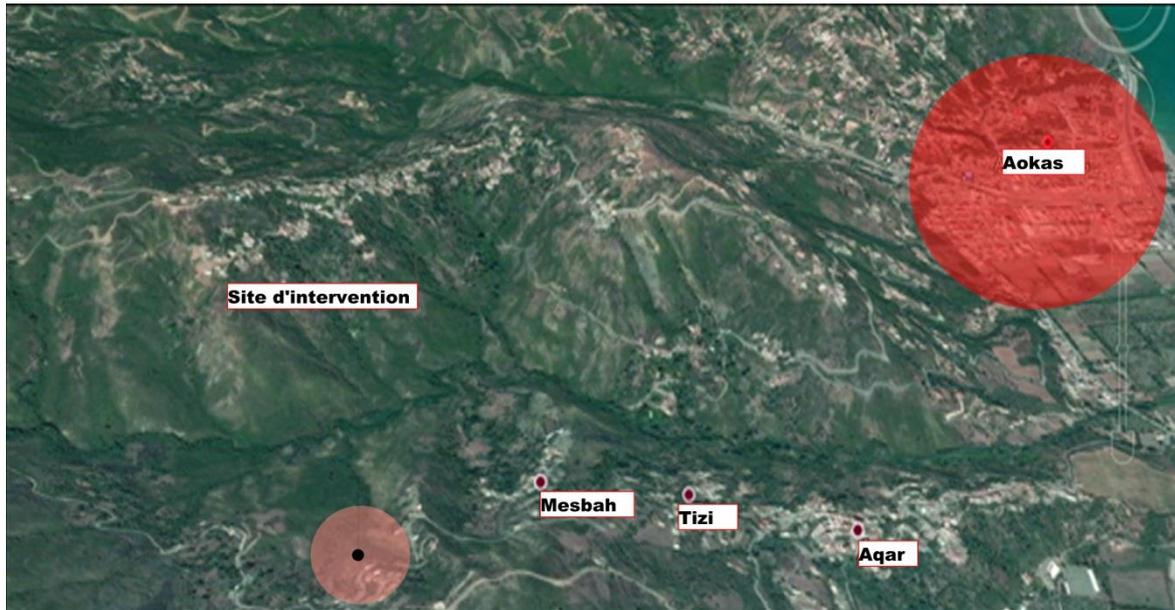


Figure 41 : vue prise sur google earth.

1.2 Situation du site d'intervention :

Nous intervenons sur une maison traditionnelle à 15 Km de la commune de Mesbah, dans un site montagneux.



Figure 42 : plan de situation (source :google earth)

CAS D'ETUDE

2.3 Morphologie du site

Les altitudes décroissent du Sud au Nord, la nature morphologique du site est caractérisée par une topographie en pentes variantes entre 1% sur l'assiette de la bâtisse et 30% sur le cotés. L'assiette du projet est surélevée à une altitude 1070 m.

Notre site d'intervention fait partie du massif montagneux de la chaine littoral des Babors, son aspect géomorphologique se caractérise par un relief variable et accidenté. Sa topographie s'exprime par une succession de lignes de crêtes, les pentes varient entre 10 à 40%.

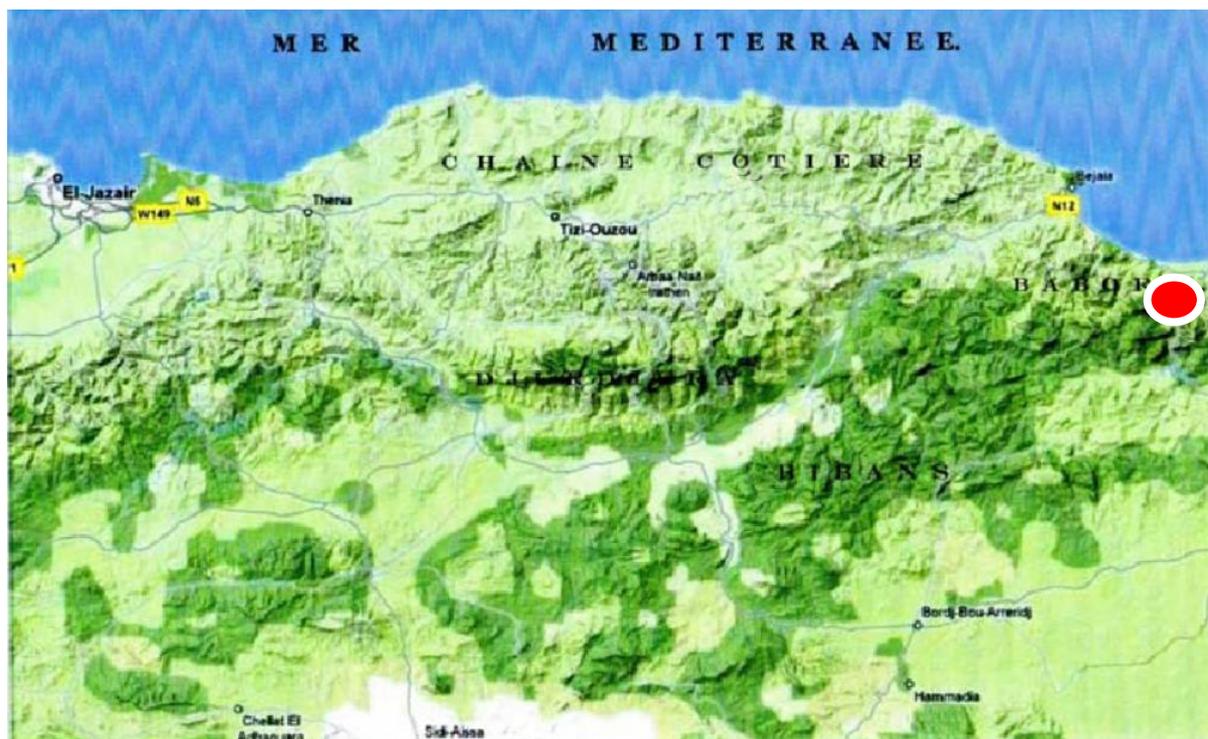


Figure 43: Situation géographique par rapport aux montagnes des Babors.

4. Potentialité bioclimatique du site (Microclimat)

4.1 La pluviométrie

La région de Mesbah bénéficie d'un régime saisonnier de type HAPE²²² caractéristique du climat méditerranéen. Les précipitations concentrées dans la saison froide de l'année.

Les précipitations moyennes enregistrées sont de l'ordre de 940 mm à 1350 mm par an. Les températures minimales et maximales sont de l'ordre de 4,2°C et 28,8°C.

4.2 L'ensoleillement

La situation et l'orientation de la bâtisse répond au besoin d'ensoleillement naturel durant la journée, l'utilisation des arbres à feuilles caduc assure la protection à protection de la maison contre les rayons solaires durant la période chaude.

CAS D'ETUDE

4.3 Les vents

La morphologie et l'orientation du site soumise à une ventilation naturelle pendant toute les périodes l'année ; les arbres qui entourent l'assiette d'intervention assurent la protection contre les vents dominantes d'hiver.

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Température moyenne (°C)	11.5	11.7	13.4	15.3	18.2	21.6	24.3	25.4	23.6	19.5	15.5	12.5
Température minimale moyenne (°C)	8.8	8.9	10	11.4	14.2	17.9	20.7	21.5	19.6	16.2	12.6	9.5
Température maximale (°C)	14.2	14.6	16.8	19.2	22.3	25.3	28	29.3	27.6	22.9	18.5	15.5
Température moyenne (°F)	52.7	53.1	56.1	59.5	64.8	70.9	75.7	77.7	74.5	67.1	59.9	54.5
Température minimale moyenne (°F)	47.8	48.0	50.0	52.5	57.6	64.2	69.3	70.7	67.3	61.2	54.7	49.1
Température maximale (°F)	57.6	58.3	62.2	66.6	72.1	77.5	82.4	84.7	81.7	73.2	65.3	59.9
Précipitations (mm)	118	90	81	72	43	22	4	8	50	96	114	132

Figure 44 : Table climatique Bejaia.(source : fr.climate-data.org/location/3597/)

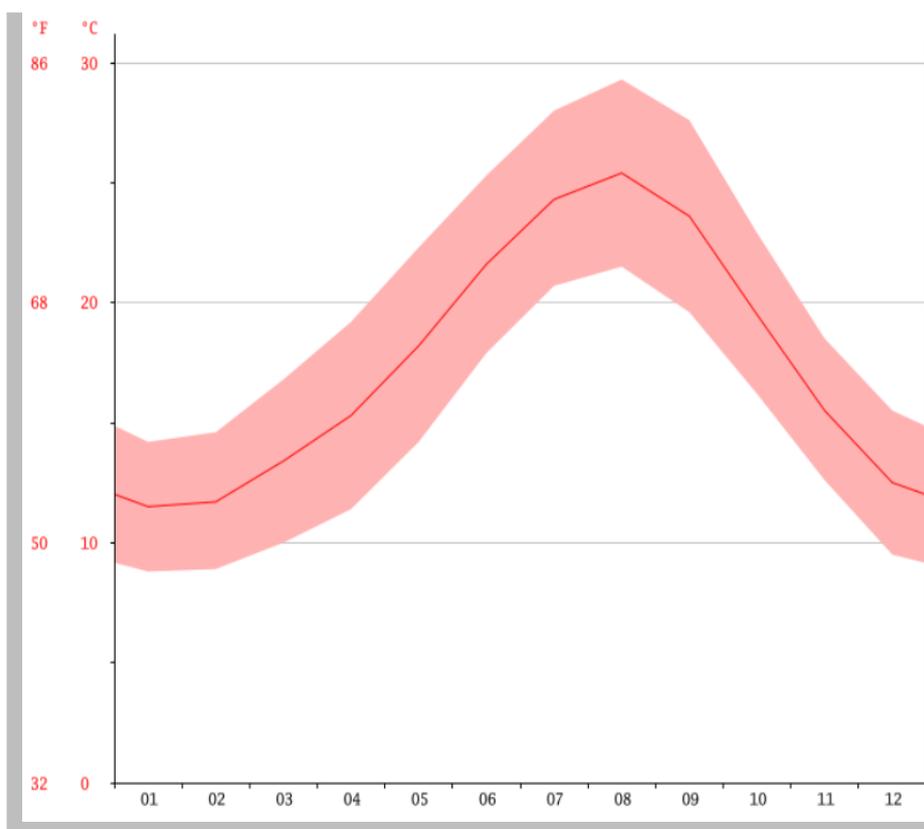


Figure 45 : Courbe de température Bejaia.(source : fr.climate-data.org/location/3597/)

CAS D'ETUDE

PARTIE 01 : A L'ECHELLE ARCHITECTURALE

1. CAS D'ETUDE N°1 (MAISON TRADITIONNEL A)

1.1 Présentation de la maison traditionnelle type A)

Notre cas d'étude est une maison traditionnelle kabyle en forme rectangulaire avec un seul niveau RDC.



Figure 46 : vue prise sur site auteur 2017

1.2 Choix de la maison

Le choix de la maison d'étude est principalement basé sur le bon état de la bâtisse, par rapport à toutes les maisons visité. Et pour une raison qu'elle est toujours fonctionnelle.

1.3 Principes de conception

Notre cas d'étude est composé de trois espaces, la grande salle (takaat) réservée aux humains, l'étable qui est dénommé « addaynin » et la soupenne dénommé « taarict » située juste au-dessus de « addaynin ». Si dessous le plan et la coupe explicatifs de la maison choisie.

CAS D'ETUDE

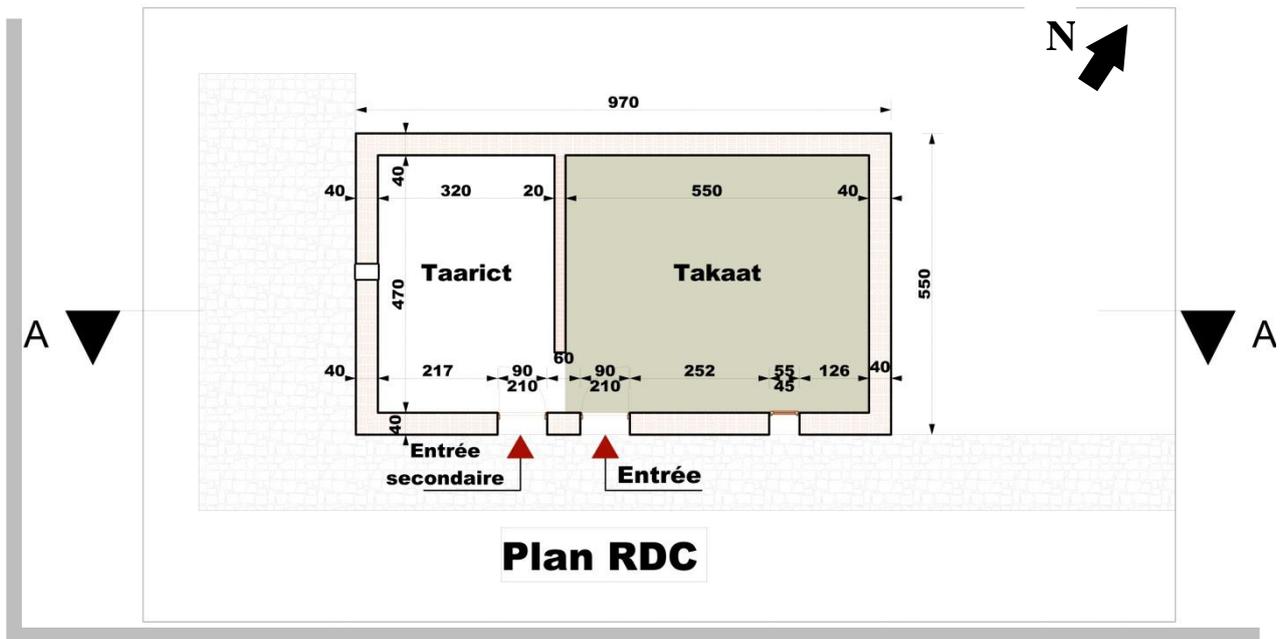


Figure 47: Plan RDC

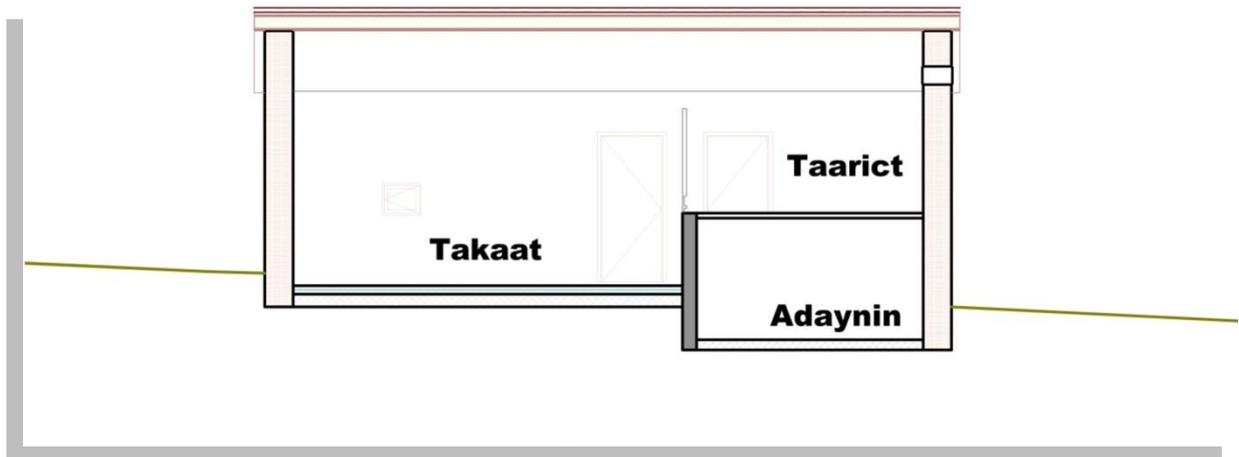


Figure 48 : Coupe schématique A-A

CAS D'ETUDE

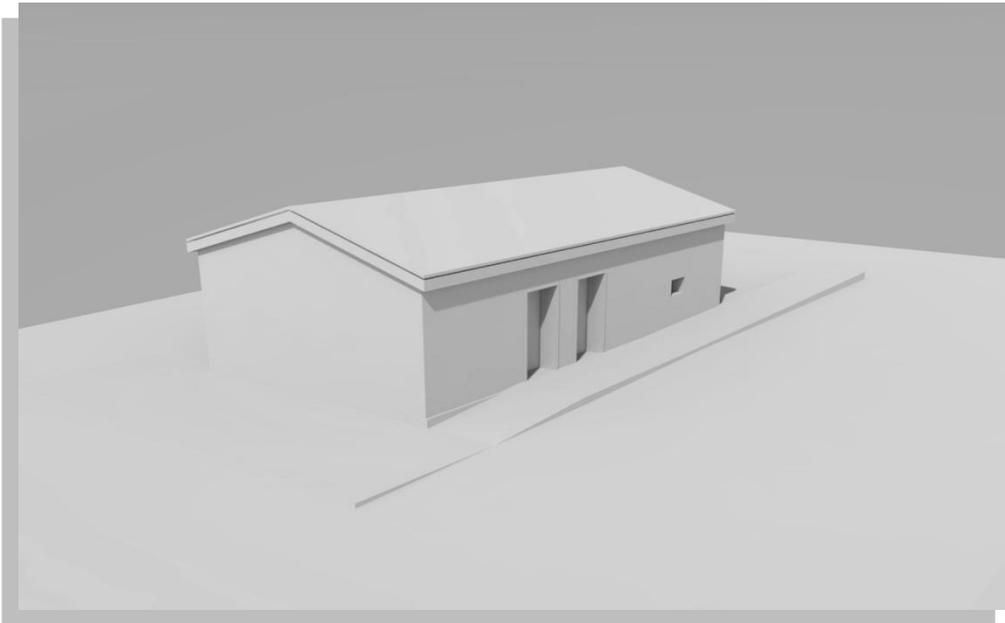


Figure 49 : Maquette 3D (modélisation avec ArchiCad)



Figure 50 : Vue en perspective 3D (modélisation avec ArchiCad)

CAS D'ETUDE

1.4 Système constructif :

Pour la réalisation d'une maison traditionnelle tel que notre cas d'étude, le système constructif est basé sur les murs porteurs en pierres, des piliers « tiguejda » et des poutres « assales » latérales en bois.

Bien que les matériaux de construction sont les éléments essentiels de la structure.

a. Les fondations : les murs de la maison kabyle généralement sont construites sur des bloc de pierres qui émergent du sol, alors il s'agissait de trouvé un sol homogène bien tassé, dans notre cas la profondeur de la fondation est environ 1.5 m a cause de terrain en pente .

b. Les murs porteurs : Les murs sont construits en pierre séché, de taille irrégulière, posées par rangées parallèles, lié par un mortier de terre battue. L'épaisseur du mur entre 40 à 50 cm.



Figure 51 : Vue sur le mur de la maison (source auteur)

b.1.Rigidification des murs : c'est la rencontre des deux murs des façades créant les quatre arêtes, cette angle est formé de pierres superposées en assises. Aucune différence en termes de gabarit et la nature de la pierre.

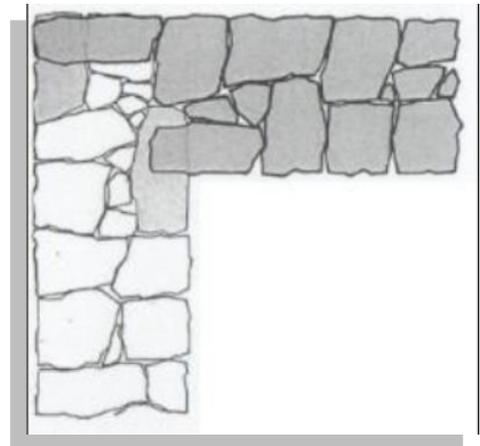


Figure 52 : Chaîne d'angle

CAS D'ETUDE

b. Les linteaux : Les linteaux dans la maison sont en bois pour toutes les portes, y compris la petite fenêtre.

Linteaux en bois



Figure 53 : photo prise sur site (source : auteur)

d. Les planchers :

On distingue deux types de planches dans la maison kabyle, les planches à travure simple et à travure composée qui est le cas de notre maison visitée, la forme du plancher est rectangulaire, concernant la structure du plancher est organisée en trois couches, solives et de poutres qui retiennent ces dernières. Au-dessus de ces ossatures porteuses, vient s'ajouter ce que l'on peut considérer comme un hourdis composé d'un coffrage perdu et d'une chape de remplissage. Le coffrage perdu est constitué d'une pailleasse en roseaux et toutes autres sortes de branchages fins qui supporteront le poids d'une chape de remplissage en terre et de petites pierres recouvertes d'une pâte faite à la fois de terre, de paille et de bouse de vache appliquée à la main et lissée à l'aide d'une pierre lisse.

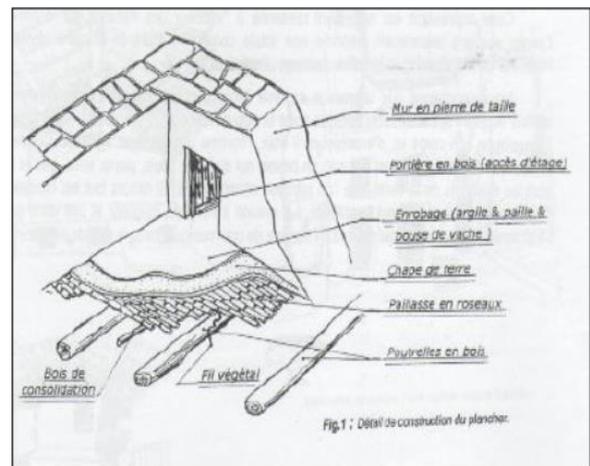
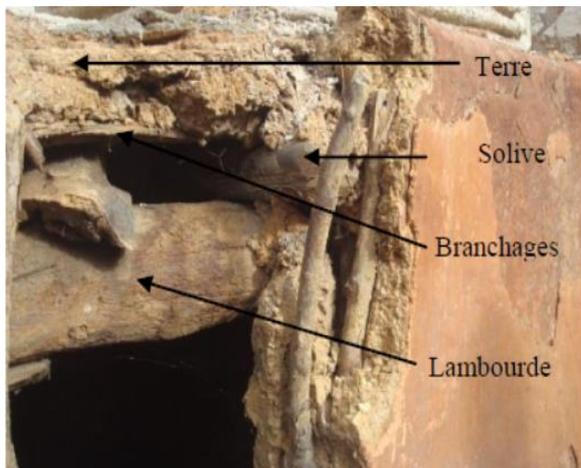


Figure 54: Différentes strates existant sur les planchers.(source :Kaci Mebarek.Op.cite.p100)

CAS D'ETUDE

e. Les poutres et les piliers

Le rôle principal des piliers et les poutres est de soutenir le plancher de la soupenne et la toiture de la maison, les piliers sont de troncs d'arbres fourchus a l'extrémité, pour les poutres se sont de longs troncs d'arbres coupés.



Figure 55 : Vue sur la structure de la maison (source : auteur)

f. Le toit :

les villages kabyles caractérisent par deux types de toitures, toitures en terres et en tuiles , dans le village de Mesbah les toits sont en tuiles ; en deux versants, le toit est couverte par deux couches inversées de tuiles (courant, couvert) posée sur un mortier en terre avant que celui-ci ne sèche.



Figure 56 : Vue sur le toit de la maison (Source : prise sur site)

CAS D'ETUDE

f.1.le sous toitures :

la couverture de la maison repose sur des fermes en bois, au-dessous, il existe plusieurs couches intermédiaires composées de matériaux naturels de capacité thermique importantes extraits de l'environnement immédiat.

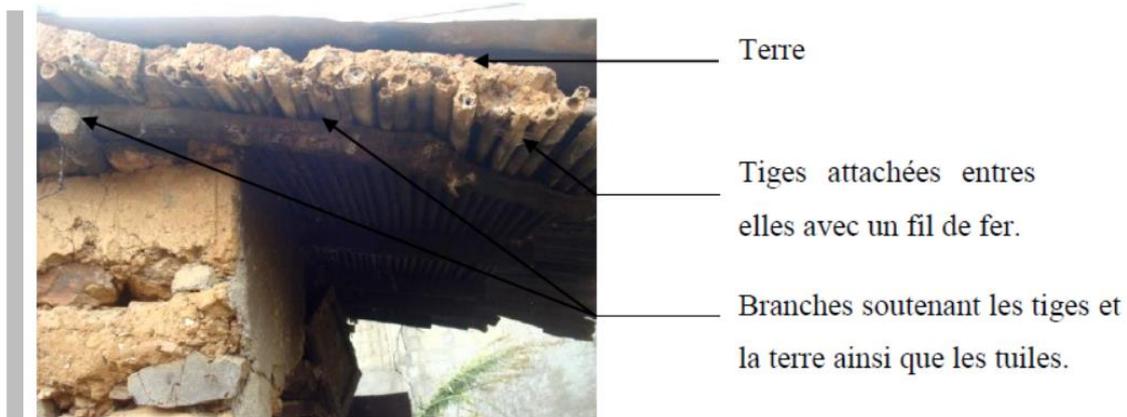


Figure 57 : Détail sur les différentes couches de la couverture en tuiles. Village Maatkas, Tizi-ouzou. (Source : ALILI Sonia, Mémoire magister en architecture, « guide technique pour une opération de réhabilitation du patrimoine architectural villageois de Kabylie » (université tizi-OUZOU).

1.5 Matériaux de construction

Les matériaux de construction utilisés dans notre cas d'étude à Mesbah, sont des matériaux naturels emportés sur place, tel que la terre et le bois et même la pierre utilisée dans les murs porteurs.

a. La pierre

La pierre à Mesbah, comme partout en Kabylie, était utilisée dans la construction des murs de la maison.

La pierre est beaucoup présente dans le paysage général du village. Les pierres semblent naturelles comme si elles sont à l'état brut. Leurs dimensions sont variables au sein même du même mur. L'autre aspect remarquable dans le village est que la pierre est présente même sur le sol et que l'ensemble, sol et murs semblent former un tout si homogène et si naturel.

Caractéristiques thermiques de la pierre

Matériau	λ_{ij} W/(m.K)	λ_{je} W/(m.K)	Masse volumique ρ (kg.m ³)
Pierres lourdes (granit, gneiss, basalte, porphyre)	3.50	3.50	$2\ 700 \leq \rho \leq 3\ 000$

CAS D'ETUDE

b. La terre

Utilisé pour lier, en mortier de terre, les pierres des murs de la maison, il était aussi utilisé pour la préparation de revêtement et d'enduits. Il sert aussi pour la couverture de la maison.

Caractéristiques thermiques de la terre

Pour une masse volumique = 1600 kg/m³, : λ utile = 0,90 W/m.K.

c. La paille

Matériau aussi naturel, la paille rentre dans la composition du mortier en terre dans le but de consolider ce dernier et afin d'améliorer ses caractéristiques physiques.

Caractéristiques thermiques de la paille

Pour une masse volumique = 80 kg/m³ : λ utile = 0,070 W/m.K

d. Le bois

Le bois est utilisé essentiellement pour la charpente et la structure des maisons ; mais aussi pour la menuiserie des portes, des ouvertures, des seuils et des linteaux. Le bois de la charpente comme celui de la structure semblent tout à fait naturel et n'ayant subi aucune modification.

Caractéristiques thermiques du bois

Matériau	Masse volumique ρ (kg.m ³)	λ_{Ue} W/(m.K)	λ_{Ue} W/(m.K)	c [J/kg.K]
Bois de charpente en	≤ 600	0.13	0.15	1880
	> 600	0.18	0.20	1880

e. les enduits

il existe différents types d'enduits dans la maison kabyle, dépend de la région à une autre, les enduits que on a recensé durant notre visite sur place est des enduits à base de terre mélangés à de l'eau et de la paille.



Figure 58: Vue sur les enduits extérieurs de la maison (Source : prise sur site).

CAS D'ETUDE

2. CAS D'ETUDE N°2 (MAISON CONTEMPORAINE B)

2.1 Présentation de la maison contemporaine type B :

Notre prototype est une maison soit disant contemporaine en forme rectangulaire avec un seul niveau RDC

2.2 Choix de la maison

Le choix de la maison est principalement basé sur le dimensionnement, et les caractéristiques architecturales proches par rapport à notre cas d'étude (fenêtres des portes...). Et l'utilisation des matériaux tels que la brique creux le béton.

2.3 Principes de conception

Notre prototype est composé de trois espaces, un grand espace qui comporte deux fonction le séjour et un coin a coucher, une cuisine et une salle d'eau qui comprenne un douche et une toilette. Si dessous le plan explicatif du prototype choisi.

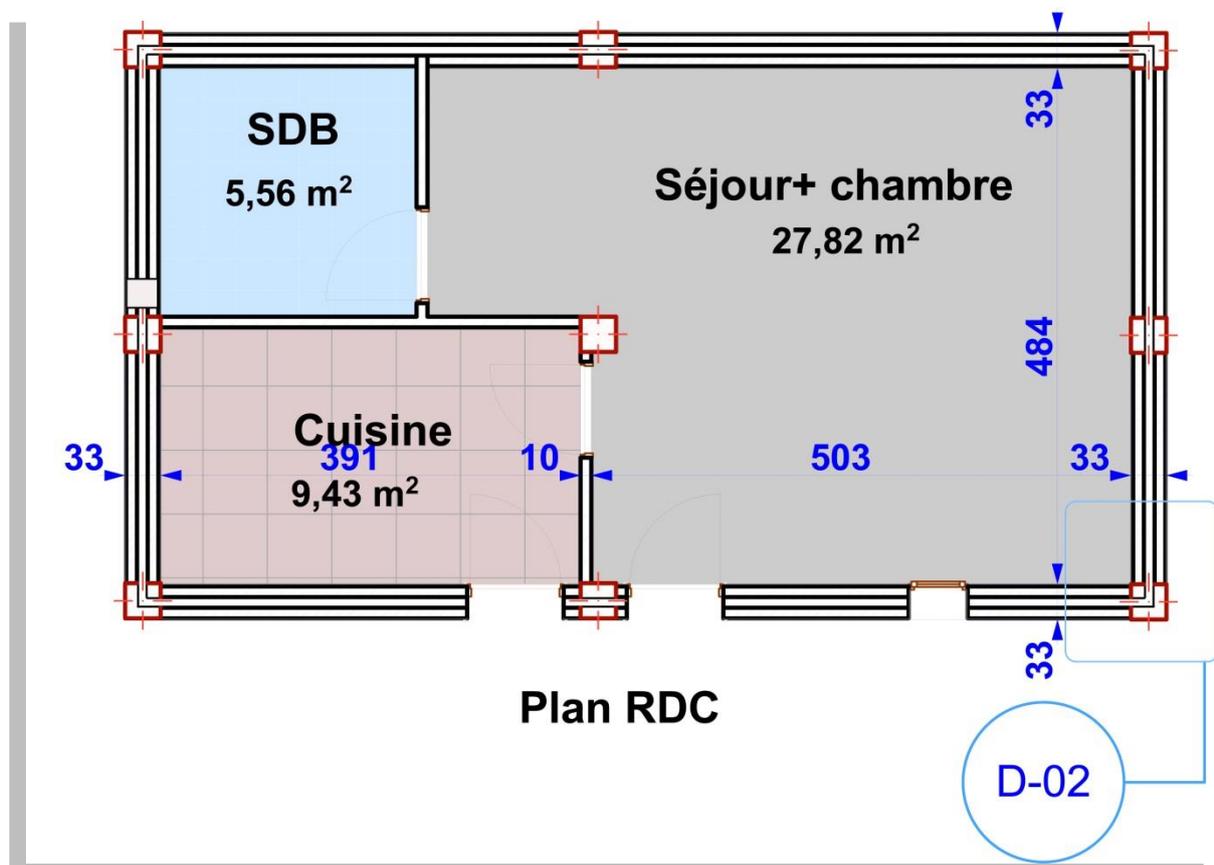


Figure 59 : Plan RDC.(Source : modélisation sur Archicad

CAS D'ETUDE



Figure 60: Vue en perspective 3D (Source : modélisation avec ArchiCad)

2.4 Système constructif :

Le système constructif utilisé dans ce genre de construction est le système poteau-poutre, une structure justifié par des poteaux et poutres en béton armé, des planchers et des dalles nervurées en corps creux.

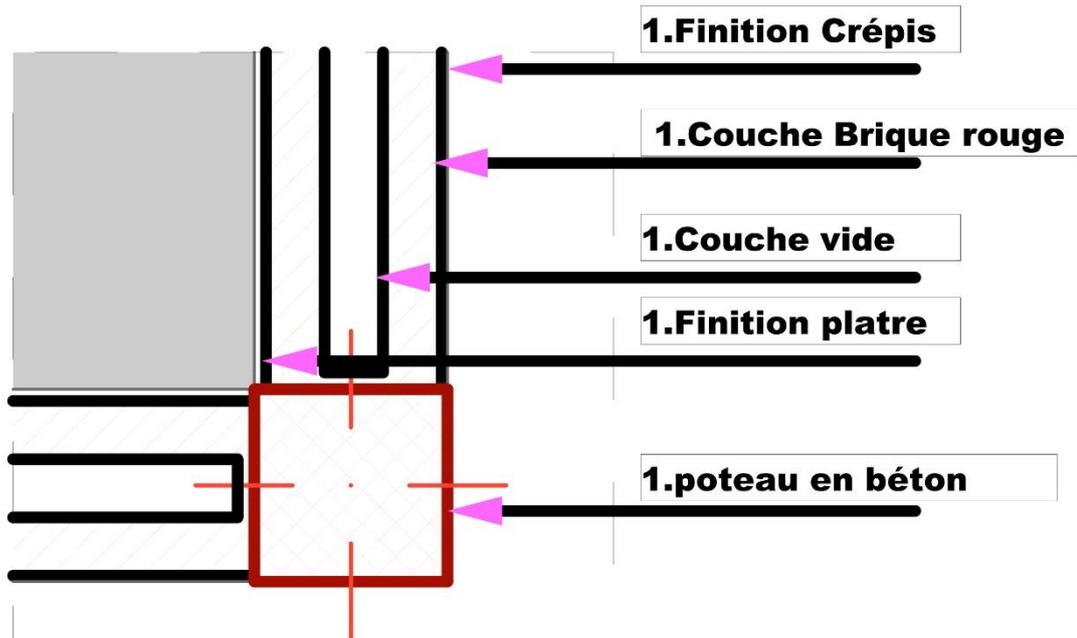


Figure 61 :Détail angle du mur (Source : modéliser sur Archicad)

CAS D'ETUDE

1.4. a. Les planchers : Les planchers corps creux, est le type de planchers le plus répandu, largement utilisés en construction moderne, et spécifiquement dans les structures d'habitations. En raison de leur grande stabilité, résistance thermique ainsi que leurs faibles couts.

La structure du plancher en corps creux est composée :

-dalle de compression en béton $e=4\text{cm}$

-Corps creux $e=16\text{cm}$

Poutre et poutrelles en béton armé.

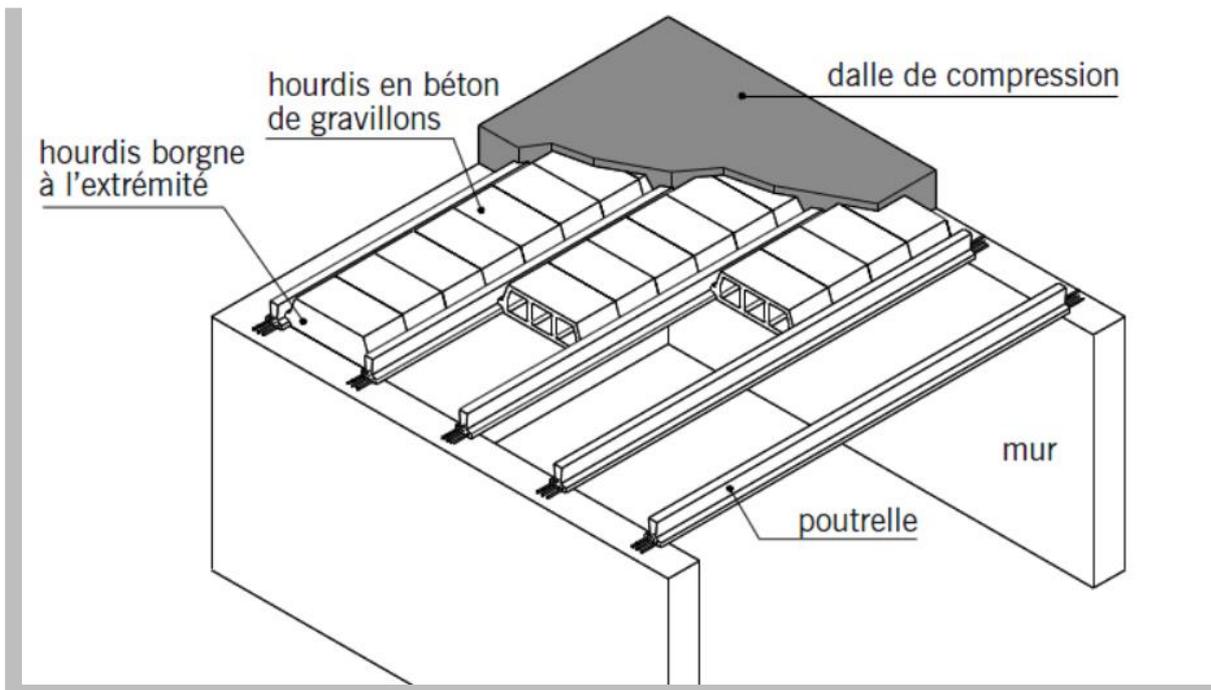


Figure 62 : Structure plancher corps creux. (Source : auteur).

1.5. Matériaux de construction

Notamment les matériaux de construction appliqués dans la réalisation de la maison sont :

.la brique rouge pour la réalisation des murs extérieurs et intérieurs. le béton armé pour la réalisation de la structure tel que les poteaux, poutres et planchers..le corps creux pour les dalles.

1.5. Caractéristiques thermiques des matériaux utilisés dans les planchers

a. Béton armé :

Pour une masse volumique = 2500 kg/m^3 : la conductivité thermique : $\lambda = 1.75 \text{ W/m.K}$

b. Béton :

Pour une masse volumique = 1185 kg/m^3 : la conductivité thermique : $\lambda = 0.952 \text{ W/m.K}$

CAS D'ETUDE

c. Brique creux :

Pour une masse volumique = 1850 kg/m³ : la conductivité thermique : $\lambda = 2.600 \text{ W/m.K}$

d. Lame d'air :

Pour un lame d'air de 10 cm : $\lambda = 0.280 \text{ W/m.K}$

e. Enduit en ciment :

Pour une masse volumique =1900 kg/m³, la conductivité thermique est: $\lambda = 1.150 \text{ W/m.K}$

f. Enduit en plâtre :

Pour une masse volumique =1150 kg/m³, la conductivité thermique est: $\lambda = 0.57 \text{ W/m.K}$

PARTIE 02 :LA SIMULATION

INTRODUCTION

Avec l'entrée du système BIM, qui est devenu un primordial dans toutes les étapes d'étude d'un projet d'architecture, parmi ses outils informatique les plus indispensables ; les études thermiques des bâtiments, une simulation qui nous permet d'arbitrer les différentes performances thermiques du projet avant même que le projet ne soit mis en œuvre ce qui nous permet une exhibition primaire d'une importance capitale pour le bon déroulement du projet en question.

Dans ce chapitre nous présentons les différentes étapes suivies durant la simulation ainsi que les résultats obtenus que nous discuterons et détaillerons afin d'avoir une opinion évaluatrice de notre problématique.

1. Présentation du cas d'étude :

La maison étudiée est une bâtisse en un seul niveau sur une surface habitable de 53 m².

Si dessous l'état des lieux de la maison.

L'emplacement de notre cas d'étude est à 800 m d'altitude du niveau de la mer.

La situation géographique du site est :

-Latitude : 36°36'23.23"N

-Longitude : 5°15'30.33"E

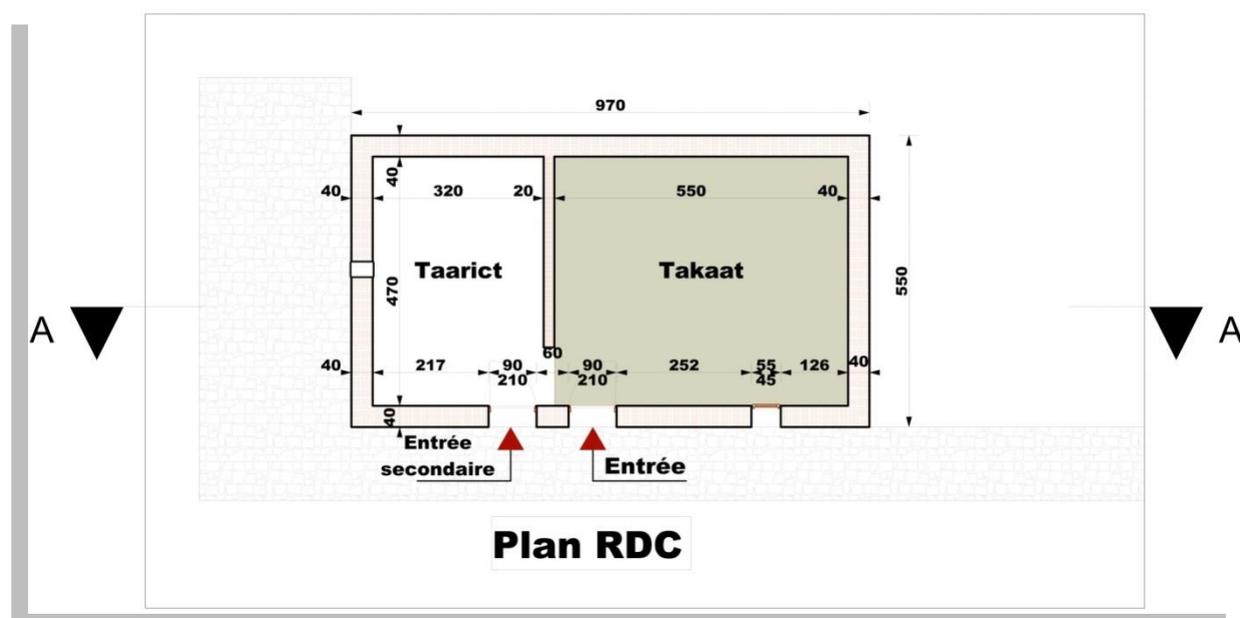


Figure 63 : Plan RDC

CAS D'ETUDE

2. Le paramètre d'étude choisi :

Notre recherche est appuyée sur une étude comparative entre une maison traditionnelle construite en pierre naturelle et une maison contemporaine en brique creux.

Alors le paramètre étudié dans ce cas est l'impact de l'inertie thermique sur le bilan énergétique dans les deux cas.

3. Caractéristiques structurels du cas d'étude :

2.1. Les murs porteurs :

Les murs extérieurs sont en pierre naturelle d'une épaisseur moyenne de $e = 60\text{cm}$

a. La composition des murs extérieurs :

Le mur est composé de

- couche de finition extérieur en paille et terre d'une épaisseur de $e = 5\text{cm}$
- Couche de pierre naturelle d'une épaisseur de $e = 50\text{cm}$
- Couche de finition intérieur en paille et de la terre d'une épaisseur de $e = 5\text{cm}$

b. les planchers :

Les planchers sont en plusieurs couches :

- une chape d'argile environ $e = 5\text{cm}$
- une couche en paille et terre environ $e = 15\text{cm}$
- une paillasse en roseaux $e = 10\text{cm}$
- pierres concassées environ $e = 50\text{cm}$.

c. le toit :

Le toit se compose de :

- couche intérieur en paillasse en roseaux d'une épaisseur de $e = 10\text{cm}$
- couche de la paille et de terre d'une épaisseur de $e = 10\text{cm}$

Enfin couverte avec de la tuile en terre cuite.

3. Les ouvertures :

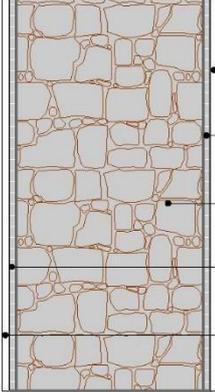
Nous avons deux types d'ouvertures :

- . Deux Portes en bois , $1.9 \times 0.95\text{m}$
- . Une ouverture en bois , $0.55 \times 45\text{cm}$

CAS D'ETUDE

5. Tableaux explicatifs (caractéristiques des structures composites) :

5.1. Maison Kabyle (cas d'étude)

Construction de l'élément (schéma, coup)		Mur extérieur			
		N°	Matériau de construction	λ (W/m.K)	Densité (kg/m ³)
	01	.Finition extérieur : paille	0.070	80	e= 02 cm
	02	.Couche extérieur : terre	0.090	1600	e= 03 cm
	02	.Pierre naturelle	2.300	2600	e= 50 cm
	03	.Couche intérieur terre.	0.090	1600	e= 3 cm
	04	.Finition intérieur Paille.	0.070	80	e= 2 cm
	Maison Kabyle "cas d'étude"				

5.1.1. Mur extérieur :

Tableau 01 : (Source :auteur)

5.1.2. Plancher 01 :

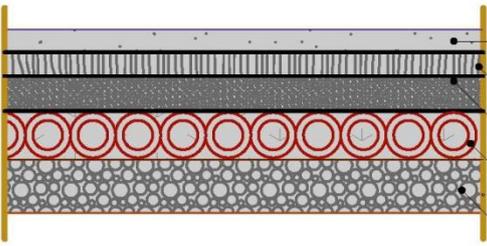
Construction de l'élément (schéma, coup)		Plancher			
		N°	Matériau de construction	λ (W/m.K)	Densité (kg/m ³)
	01	Enrobage: Argile.	0.500	1800	e= 5 cm
	02	.Couche: Paille.	0.070	80	e= 10 cm
	02	.Chape : Terre	0.090	1600	e= 5 cm
	03	.Paillasse : Roseaux	0.240	1000	e= 10 cm
	04	.Couche : Remblait en pierres concassées .	1.400	1800	e= 50 cm
Maison Kabyle "cas d'étude"					e = 80 cm

Tableau 02 : (Source :auteur)

CAS D'ETUDE

5.1.3. Plancher intermédiaire :

Construction de l'élément (schéma, coup)		Désignation de l'élément..... Plancher Intermédiaire			
N°	Matériau de construction	λ (W/m.K)	Densité (kg/m3)	Epaisseur e (cm)	
01	Enrobage: Paille.	0.070	80	e= 5 cm	
02	.Paillasse : Roseaux	0.240	1000	e= 10 cm	
02	.Poutrelle en Bois	0.200	1880	e=15 cm	
Maison Kabyle "cas d'étude"				e = 80 cm	

Tableau 03 : (Source :auteur)

5.1.4. Toiture :

Construction de l'élément (schéma, coup)		Désignation de l'élément..... Toit en tuile			
N°	Matériau de construction	λ (W/m.K)	Densité (kg/m3)	Epaisseur e (cm)	
01	Toit : Tuile en terre cuite.	0.580	1500	e= 10 cm	
02	.Couche: Paille.	0.070	80	e= 5 cm	
02	.Chape : Terre	0.090	1600	e= 5 cm	
03	.Paillasse : Roseaux	0.240	1000	e= 10 cm	
Maison Kabyle "cas d'étude"				e = 98 cm	

Tableau 04 : (Source :auteur)

CAS D'ETUDE

5.2. Maison contemporaine (Prototype) :

5.2.1. Mur extérieur :

Construction de l'élément (schéma, coup)		Maison contemporaine				
		N°	Matériau de construction	λ (W/m.K)	Densité (kg/m ³)	Epaisseur e (cm)
	Int.	01	.Finition extérieur ,Crépi en ciment	1.150	1900	e= 02 cm
		02	.Brique en terre cuite	2.800	1500	e= 15 cm
		03	.Lame d'air	0.280	1	e= 05 cm
		04	.Brique en terre cuite .	0.600	1500	e= 10 cm
		05	.Finition intérieur en plâtre .	0.570	1150	e= 02 cm
		Désignation de l'élément..... Mur extérieur				e= 34 cm

Tableau 05 : (Source :auteur)

5.2.2. Dalle flottante :

Construction de l'élément (schéma, coup)		Dalle Flottante				
		N°	Matériau de construction	λ (W/m.K)	Densité (kg/m ³)	Epaisseur e (cm)
		01	Dalle en béton.	1.750	2500	e= 10 cm
		02	.Couche: Sable	2.300	2200	e= 5 cm
		03	.Couche Mérisson	1.400	1900	e= 30 cm
		04	.Couche en Remblait en TVO.	1.400	1900	e= 50 cm
		Maison contemporaine				e = 96 cm

Tableau 06 : (Source :auteur)

5.2.3.Toiture (Dalle plate) :

Construction de l'élément (schéma, coup)		Maison contemporaine				
		N°	Matériau de construction	λ (W/m.K)	Densité (kg/m ³)	Epaisseur e (cm)
		01	.Dalle de compression en Béton .	1.750	2500	e= 4 cm
		02	.Ferrailage.	T10
		02	.Poutrelle en béton armé	1.750	2500	e= 16 cm
		03	.Hourdi en béton	0.952	1185	e= 16 cm
		Désignation de l'élément..... Dalle				e = 20 cm

Tableau 07 : (Source :auteur)

6. LA SIMULATION

6.1. Définition de la simulation énergétique dynamique (SED) :

Définition de la simulation énergétique dynamique (SED) Avant toute analyse des logiciels existants, nous avons essayé de formuler une définition formelle de la Simulation Energétique Dynamique, qui est la suivante. Une simulation énergétique dynamique d'un ensemble bâtiment – systèmes (SED) est une simulation effectuée par un ou plusieurs outils numériques, pour calculer la consommation énergétique annuelle du bâtiment (les 5 usages réglementaires a minima) et d'une éventuelle production locale d'énergie (photovoltaïque, cogénération, ...). Contrairement à une « simple », appelée « simulation thermique dynamique » (STD), une SED doit permettre non seulement de calculer les différents besoins thermiques (chauffage, rafraichissement, eau chaude sanitaire) qui caractérisent l'enveloppe du bâtiment, mais également de remonter aux consommations liées aux systèmes d'émission, gestion et régulation, distribution, stockage et génération, ainsi qu'aux systèmes d'éclairage artificiel et, éventuellement, aux autres équipements présents dans le bâtiment (bureautique, ascenseurs, éclairage de sécurité, extracteurs spécifiques, etc.). La SED doit permettre également de prendre en compte les interactions entre les différents systèmes d'un même bâtiment ainsi qu'entre les systèmes et le bâti (exemple : impact de la rénovation de l'éclairage sur les besoins en chauffage et rafraichissement). Le calcul est effectué sur une année « type » (généralement du 1^{er} janvier au 31 décembre), au pas de temps horaire ou infra-horaire. Les données liées à la météo et l'utilisation du bâtiment (planning d'occupation, ratio d'occupation, périodes de fermeture, etc.) doivent être définies d'un commun accord avec la maîtrise d'ouvrage, et sont censées représenter au plus près les conditions effectives d'exploitation du bâtiment.

6.2. Les logiciels de simulation :

6.2.1. ArchiWIZARD :

ArchiWIZARD est un logiciel de maquette numérique dédiée au calcul thermique, compatible avec les maquettes numériques « principales » (Revit, ArchiCAD,...) et le logiciel de modélisation 3D Sketch Up. Son atout principal est de permettre d'importer la géométrie de conception ou de l'existant à partir de tous les formats actuellement existants, et d'effectuer en temps réel le calcul thermique et d'éclairement. ArchiWIZARD permet d'effectuer une SED (partielle) en appelant le moteur de calcul Energy+. Pour l'instant, le modèle Energy+ est lancé sous la forme de besoins : les équipements d'émission, distribution et génération ne

CAS D'ETUDE

sont pas modélisés. Seulement les systèmes de ventilation (simple flux ou double flux) sont exportés en EnergyPlus.

6.2.2.ClimaWin :

ClimaWin est un logiciel national multi-fonctions qui permet de combiner calcul apports / déperdition (méthode ASHRAE), calcul réglementaire et calcul SED, avec une saisie commune. Le modèle de bâtiment est basé sur la norme NF EN ISO 13790 (méthode RTS). Les systèmes sont modélisés selon les règles Th-BCE 2012 (algorithmes développés par le CSTB pour le moteur de calcul de la RT 2012), recodées par BBS Slama. Par rapport au calcul RT, le module SED permet en plus de saisir un site ou un fichier météo utilisateur et des plannings d'occupation, équipements et éclairage.

6.2.3.DesignBuilder :

DesignBuilder repose, depuis sa création, sur le concept de BIM et les meilleurs moteurs de calcul afin d'offrir de nombreuses possibilités de simulation en conservant une ergonomie aisée. Son interface est pensée pour améliorer la productivité des bureaux d'études, réduire la redondance des saisies et permettre une évolution fluide du modèle à chaque phase du projet. Le logiciel est basé sur le moteur de calcul Energy+, qui est un moteur de calcul développé par le DOE (département de l'énergie des US), et qui permet d'effectuer une simulation couplée du bâtiment et des systèmes CVC et d'éclairage naturel et artificiel.

6.2.4. Pleiades :

Pleiades est un logiciel complet de conception et évaluation énergétique et environnementale du bâtiment, développé par Izuba Energies. Le modeleur graphique Alcyone permet une saisie rapide de l'enveloppe du bâtiment, de ses caractéristiques thermiques, des masques, des systèmes et des informations concernant l'usage. Le calcul thermique est basé sur le moteur Comfie, qui a été développé par le Centre Efficacité énergétique des Systèmes de l'Ecole de Mines de Paris. Le calcul de l'éclairement naturel est basé sur le logiciel Radiance. La modélisation des systèmes est effectuée selon les règles Th-BCE 2012, à l'exception des centrales de traitement d'air qui ne sont pas modélisées.

6.2.5.TrnSys Simulation Studio :

Simulation Studio est l'interface graphique du logiciel TrnSys, créé dans les années 70 par l'Université du Wisconsin (USA) et développé depuis les années 90 par un comité de

CAS D'ETUDE

développement international. L'atout de TRNSYS est d'être un logiciel modulaire et ouvert, en permettant à l'utilisateur de développer des modules de calcul complémentaires. La bibliothèque standard de composants permet la modélisation de l'enveloppe d'un bâtiment (type 56), ainsi que de nombreux systèmes, selon plusieurs approches qui peuvent aller des plus simples au plus complexes. La facilité de modélisation des régulateurs et sa modularité rend TRNSYS un outil très adaptée pour la simulation des systèmes complexes (exemples : thermo-frigo-pompes, dalles actives, contrôle prédictif).

6.2.6.EcoDesigner :

EcoDesigner intégré à ArchiCAD est un puissant moteur d'évaluation énergétique. Le BEM ajoute l'évaluation énergétique au BIM. **EcoDesigner STAR** va plus loin avec la prise en compte des ponts thermiques et denombreuxformats. (Revue_pratique_des_logiciels_SED-_2015-07-08)

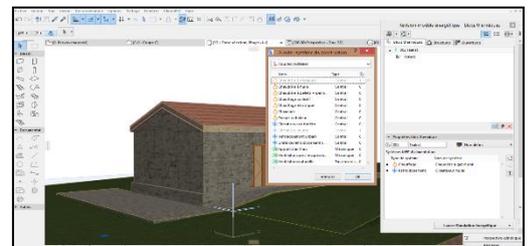
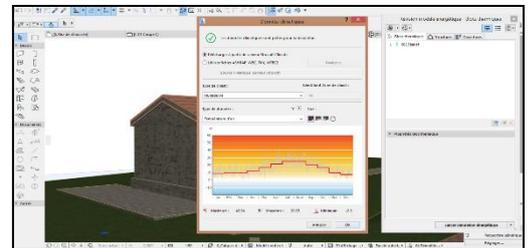
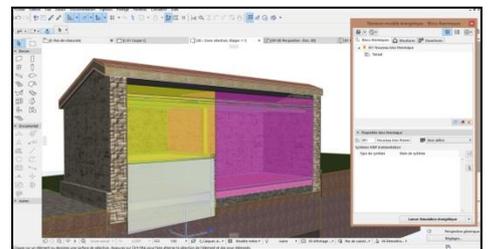
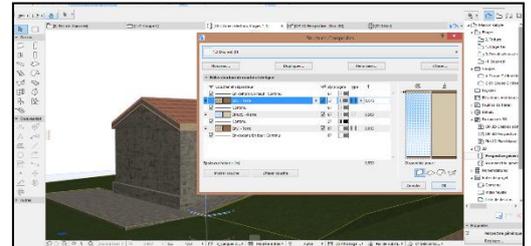
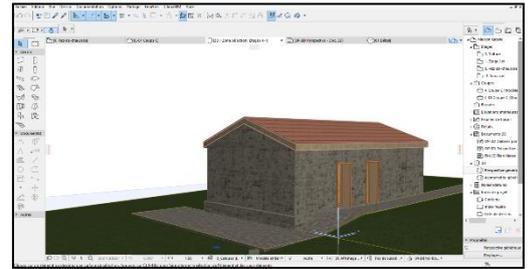
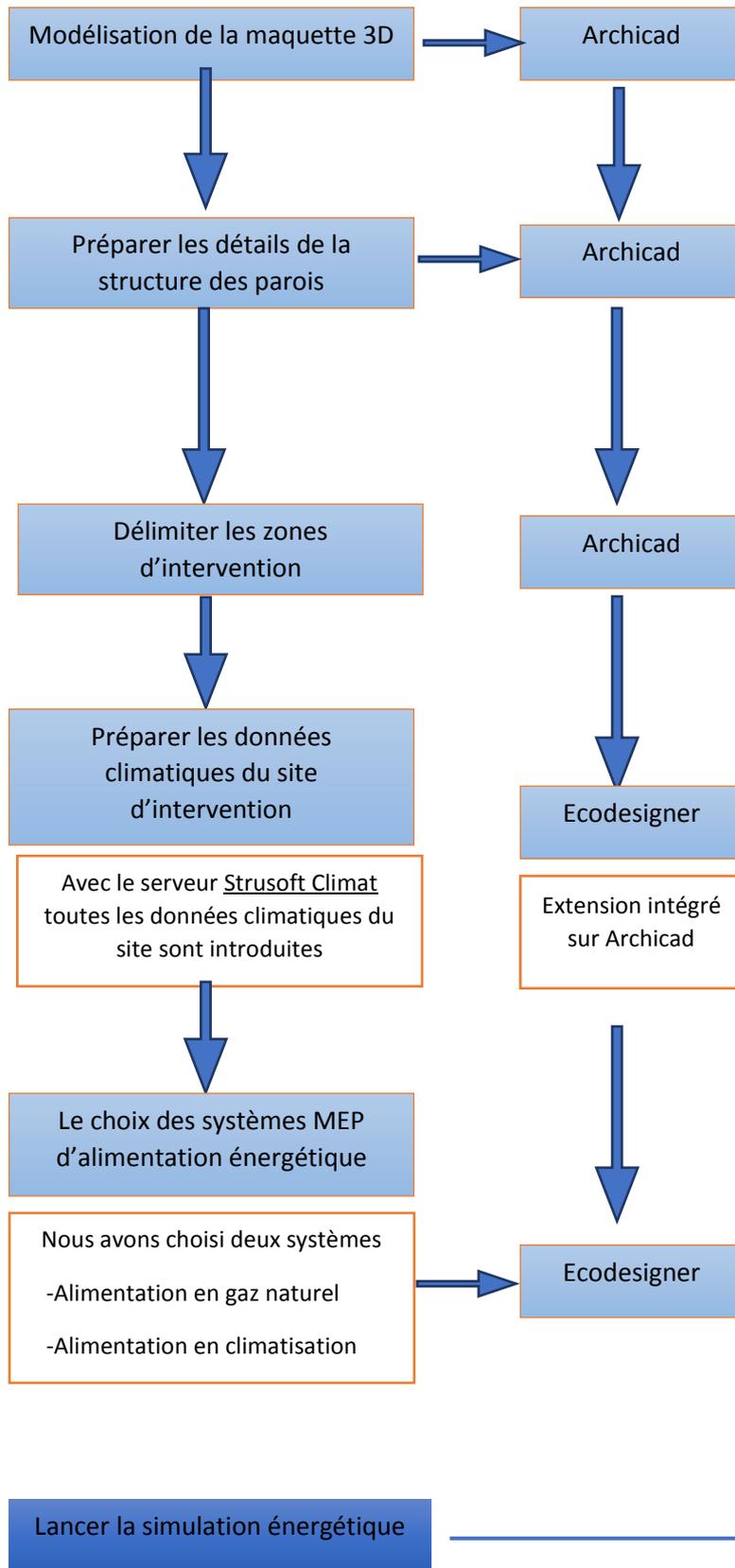
Enfin l'EcoDesigner, sera notre logiciel utilisé durant toutes les étapes de la simulation présente ci-dessous.

Le moteur de simulation énergétique VIP intégré à Ecodesigner est le résultat de plus de 20 ans de recherches et d'utilisation commerciale. Validation de la précision des calculs Estimation énergétique utilise le même moteur de simulation que l'extension EcoDesigner* pour ArchiCAD. Ce moteur est validé par ANSI/ASHRAE Standard 140- 2007 : méthode standard de test pour l'évaluation des logiciels d'analyse énergétique de bâtiment. Remarque : Pour obtenir un résultat de simulation énergétique conforme au code, l'interface d'utilisateur expert d'EcoDesigner* est nécessaire. La documentation du test ASHRAE Standard 140 pour EcoDesigner* sera disponible sur le site web officiel du produit après la publication de l'extension. Le produit indépendant VIP Energy qui utilise le même moteur de simulation qu'Estimation énergétique dans ArchiCAD et EcoDesigner* est également validé par les tests suivants :

- EN-15265
- IEA-BESTEST
- ASHRAE-BESTEST (ANSI/ASHRAE Standard 140-2001)
- StruSoft-BESTEST Les détails de la validation sont disponibles sur le site <http://www.strusoft.com/index.php/en/validationvip>
- Reference : <http://cia-sa.be/wp/ecodesigner-star/>

CAS D'ETUDE

7. Les étapes de la simulation :



8. Résultat de la simulation :

8.1. Cas d'étude « A » la maison Kabyle: S=38.36m².

Ci-dessous les résultats de la consommation énergétique obtenus lors de la simulation avec Ecodesigner sur Archicad :

a. Consommation énergétique par cible :

Dans ce présent bilan énergétique notre intérêt est sur la consommation de chauffage. et la consommation de climatisation qui est représentée refroidissement.

Nom de cible	Energie	
	Quantité kWh/a	Primaire kWh/a
Chauffage	545	623
Refroidissement	2716	2823
Eau chaude	3885	3912
Ventilateurs aération	0	0
Eclairage et équipements	280	840
Total :	7426	8198

Figure 64 : Consommation énergétique par cible pendant l'année(simulation)

b. La consommation énergétique sur la surface de la maison

- Consommation énergétique : **85.01 kWh/a/m²**.
- Consommation climatisation : **70.80 kWh/a/m²**.
- Consommation chauffage : **14.20 kWh/a/m²**.

c. Nombre d'heures utilisées par an

- Chauffage : 3193 heures
- Refroidissement : 2206 heures

d. Heures de charge non satisfaites par an

- Chauffage : 26 heures
- Refroidissement : 31 heures

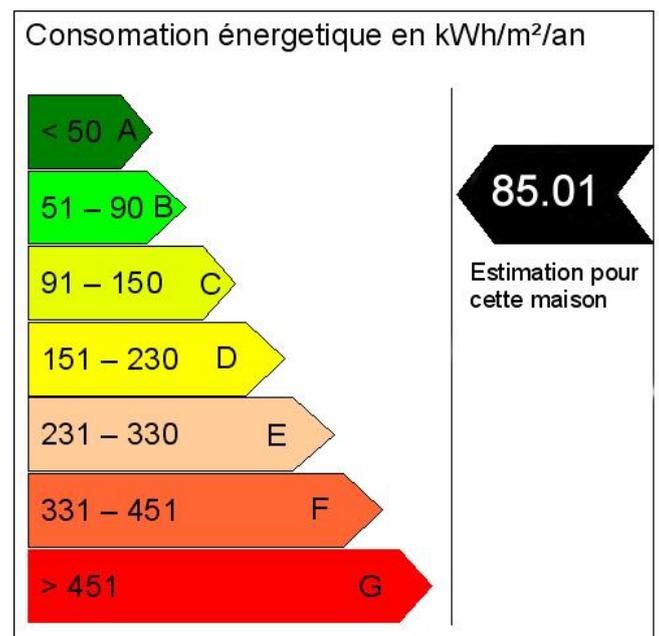


Figure 58: Consommation énergétique en kWh/m²/an

CAS D'ETUDE

C. Visualisation graphiques :

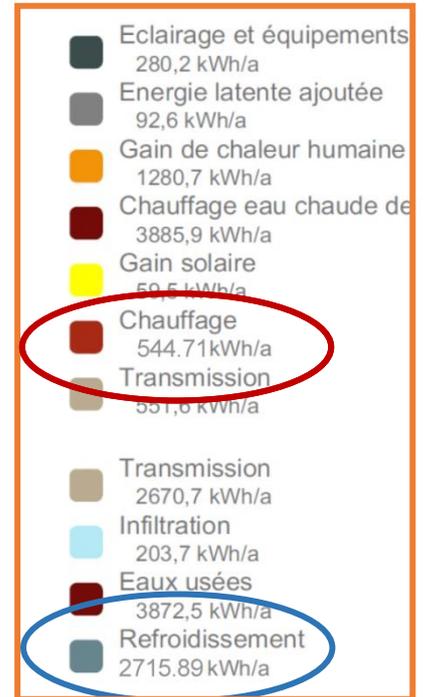
C.1. Bilan énergétique du cas d'étude 01 :

Ci-dessous le bilan énergétique de la maison pendant une Année par mois.

C.2. Synthèse :

La consommation la plus élevée est celle de climatisation, Comptant 70.80kWh/a/m²., et le mois de juillet est le plus Élevé en consommation avec 14.80 kWh /m².

Ce qui concerne le chauffage, la consommation Est de 14.20Kwh/a/m², le mois de décembre est le plus Élevé en consommation avec 5.45 kWh/m².



Légende

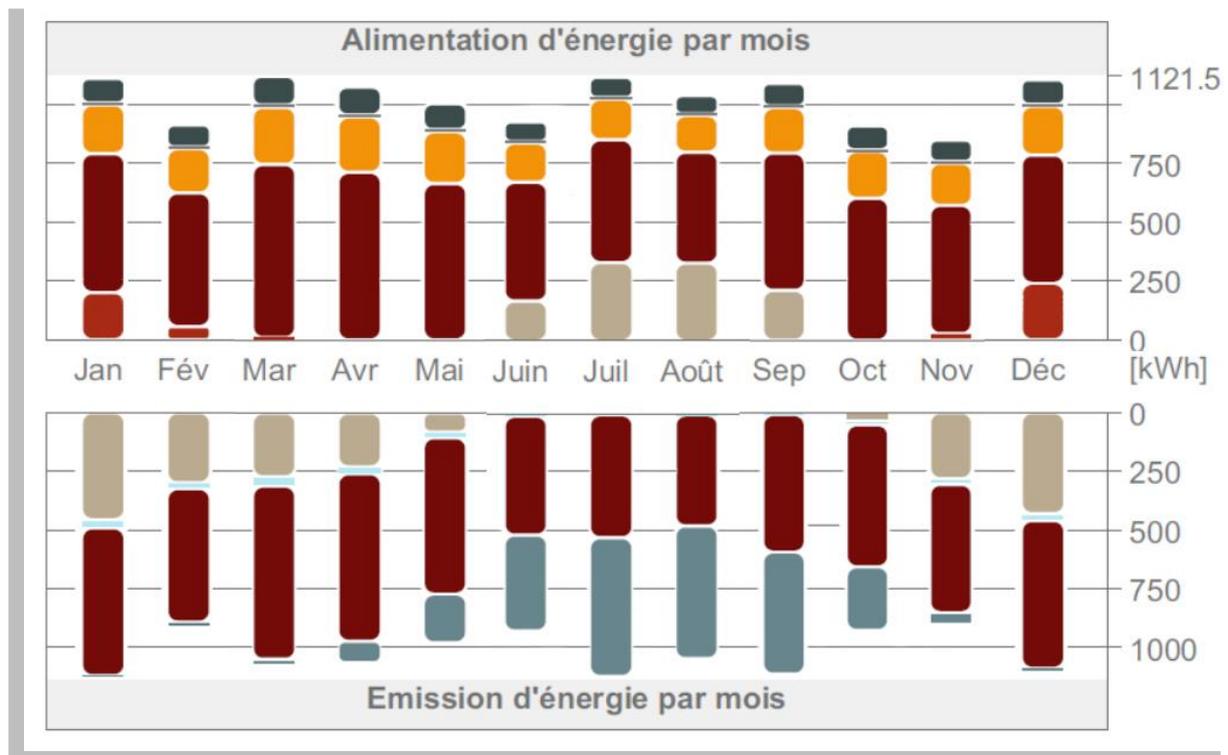
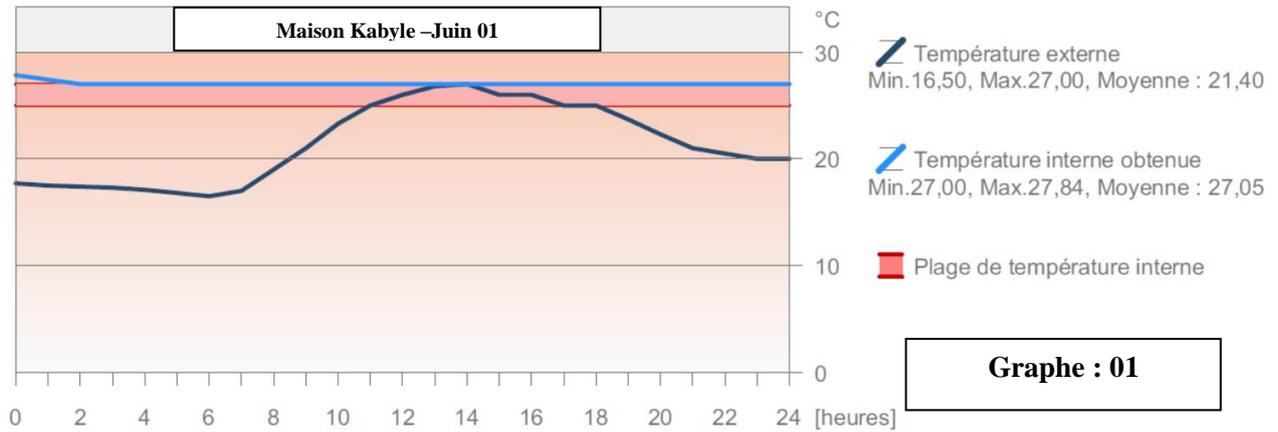


Figure 65 : Evolution de besoin énergétique pendant l'année (simulation)

CAS D'ETUDE

B. Profil de température quotidienne :

B.1.Profil estival :

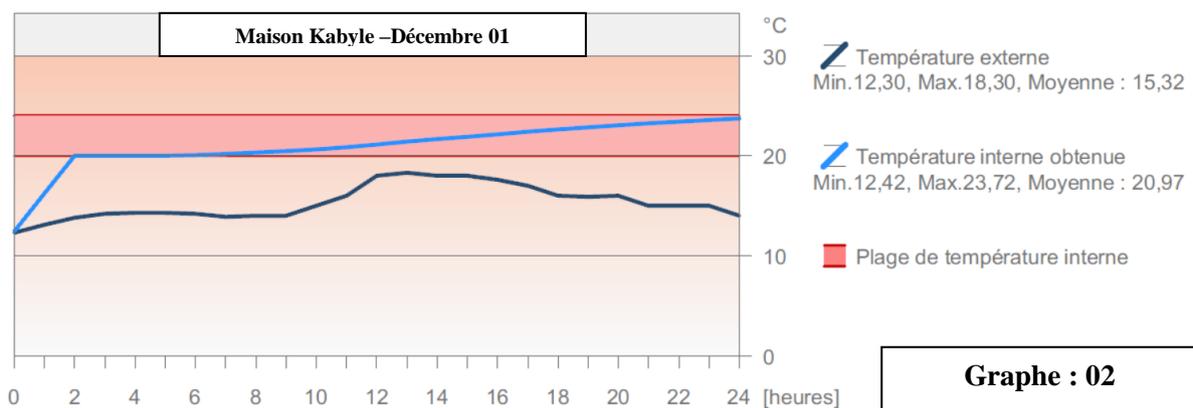


Synthèse :

-D'après le graphe du mois de juin on constate que le mur en pierre naturelle garde la température constante d'une moyenne de 27.05°C rapidement à partir de la 2 heure .

-On observe que l'intérieur de la maison arrive à équilibre la température moyen rapidement, la chaleur emmagasiner dans le mur en pierre est restitué par diffusion à l'intérieur de la maison, ce qui explique le **déphasage thermique** (décalage dans le temps) et l'amortissement par rapport aux températures extérieures dans les premiers heures.

B.1.Profil hivernal :



CAS D'ETUDE

Synthèse :

-D'après le graphe du premier jour du mois de Décembre on constate que le mur en pierre naturel n'arrive pas à garder la température constante.

-on observe un déphasage très important durant les premières heures jusqu'à 2 heures, expliqué par la transition de la chaleur extérieure restituée par diffusion à l'intérieure de la maison.

-on observe aussi le réchauffement de la maison est trop long durant la journée. ce qui justifie par la capacité forte de la diffusivité thermique de la pierre.

CAS D'ETUDE

8.2. Prototype « B » Maison contemporaine : S=38.36m².

Ci-dessous les résultats de la consommation énergétique obtenus lors de la simulation (02) avec Ecodesigner sur Archicad .

a. Consommation énergétique par cible :

Dans ce présent bilan énergétique notre intérêt est sur la consommation de chauffage. et la consommation de climatisation qui est représentée en refroidissement.

Energie			
Nom de cible	Quantité kWh/a	Primaire kWh/a	
Chauffage	1639	1742	
Refroidissement	3880	3993	
Eau chaude	4545	4565	
Ventilateurs aération	0	0	
Eclairage et équipements	328	984	
Total :	10393	11284	

Figure 66 : Consommation énergétique par cible pendant l'année(simulation).

b. La consommation énergétique sur la surface de la maison

- Consommation énergétique : 143.87Kwh/a/m².
- Consommation climatisation : 101.15 kWh/a/m².
- Consommation chauffage : 42.72 kWh/a/m².

c. Nombre d'heures utilisées par an

- Chauffage : 2522 heures.
- Refroidissement : 2537 heures.

d. Heures de charge non satisfaites par an

- Chauffage : 36 heures
- Refroidissement : 44 heures

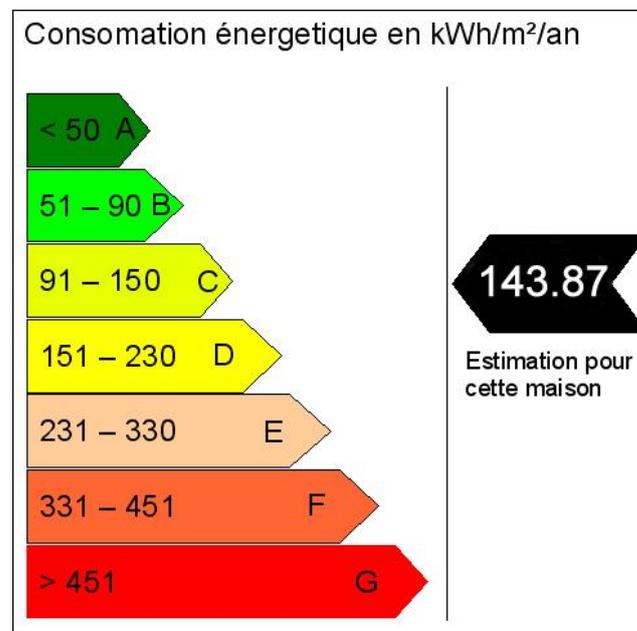


Figure 67: Consommation énergétique en kWh/m²/an

CAS D'ETUDE

C. Visualisation graphiques :

C.1. Bilan énergétique du cas d'étude 01 :

Ci-dessous le bilan énergétique de la maison pendant une Année par mois.

C.2. Synthèse :

La consommation la plus élevée est celle de climatisation, Comptant 101.15 kWh/a/m²., et le mois de juillet est le plus Élevé en consommation avec 26.32 kWh /m².

Concernant le chauffage, la consommation Est de 42.72 kWh/a/m², le mois d'Décembre est le plus Élevé en consommation avec 13.08 kWh/m².

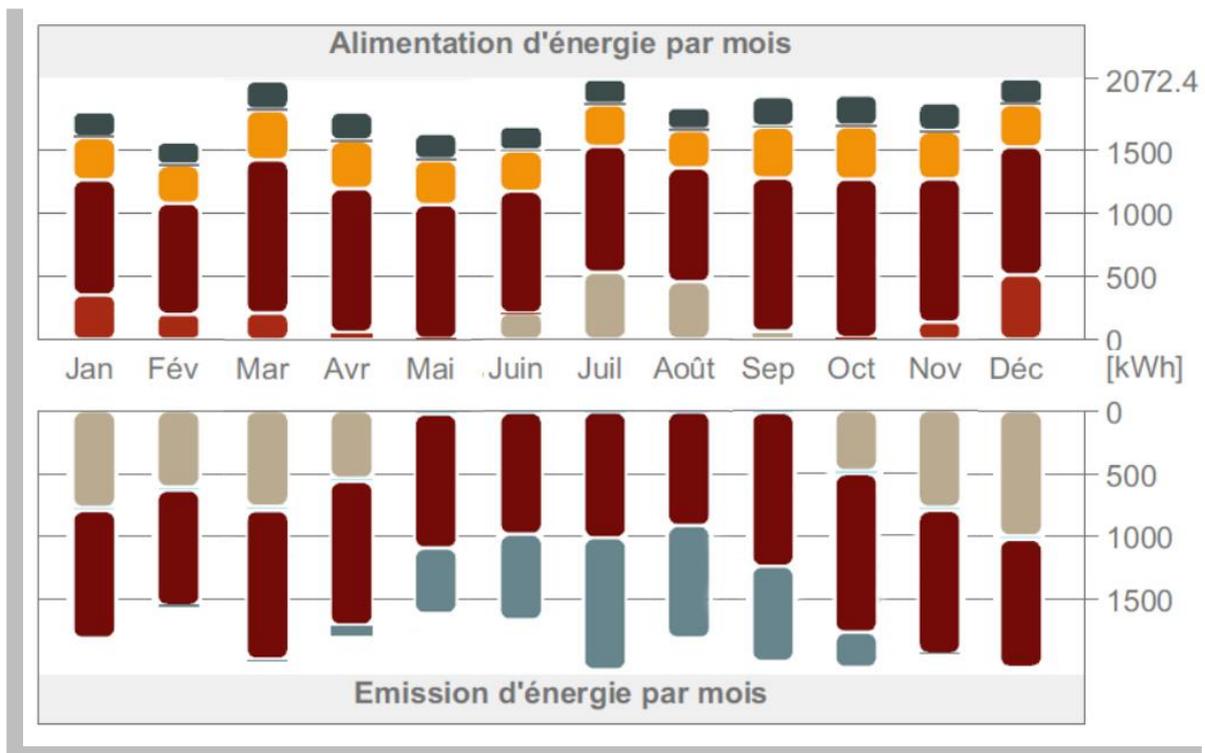
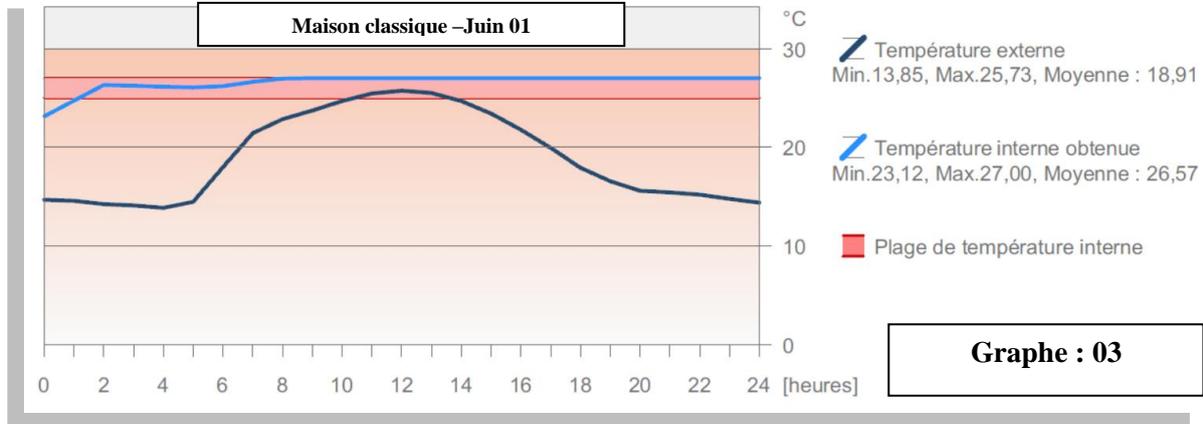


Figure 68 : Consommation énergétique par cible pendant l'année(simulation).

CAS D'ETUDE

B. Profil de température quotidienne :

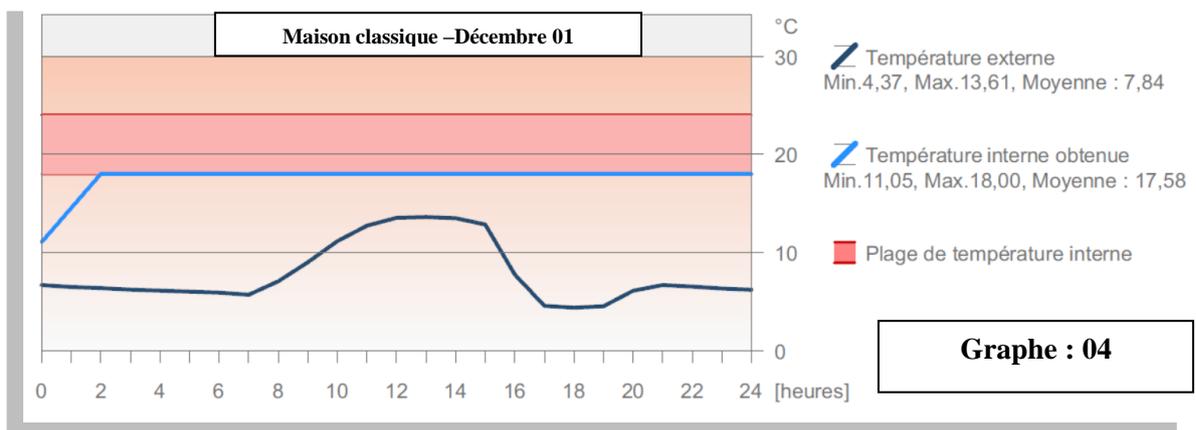
B.1.Profil estival :



Synthèse :

D'après le graphe du mois de juin on constate que le mur en briques arrive pas à garder la température constante d'un moyen de 26.08°C qu'à la 7 heure. Ce qui justifie le faible déphasage thermique entre l'intérieur et l'extérieur. Enfin les résultats de consommation en refroidissement expliquent pratiquement la consommation élevée de l'énergie en refroidissement.

B.1.Profil hivernal :



Synthèse :

D'après le graphe du premier jour du mois de Décembre on constate que le mur en briques arrive pas à garder la température constante, qu'après la 2 heures.

-on observe un faible déphasage durant les premières heures, expliqué par la faible transition de chaleur extérieure restituée par diffusion à l'intérieur de la maison.

9. Synthèse Générale :

Pour la période estivale, grâce à la capacité thermique (effusivité) de la pierre naturelle et la restitution de la chaleur froide nocturne durant la journée, on constate que la température intérieure de la maison kabyle est constante et pratiquement confortable, ce qui explique la faible consommation en énergie de refroidissement, contrairement au prototype « B » qui a son tour expliquer par la forte consommation d'énergie de refroidissement par rapport à la maison kabyle.

Pour la période hivernale, la transition de la température extérieure et la faible diffusivité thermique de la pierre est la cause principale de l'inconfort ressenti à l'intérieur de la maison dans les premiers heurs, par rapport au prototype « B » qui a son tour, grâce à l'isolation thermique et la diffusivité thermique importante de la brique, qui assure de sa part la stabilité de la température intérieure de la maison. D'autre part la faible consommation de l'énergie de refroidissement par rapport à la maison en brique.

On constat que malgré la période longue à chauffer durant la saison hivernale dans la maison kabyle ce qui représente un point désavantageux, à cause de la capacité à emmagasiner la chaleur produite à l'intérieur, la consommation en énergie de chauffage et plus que (1/3) la consommation dans le prototype « B ». Un écart très important en matière énergétique se qui nous permette à favoriser la pierre par rapport à la brique.

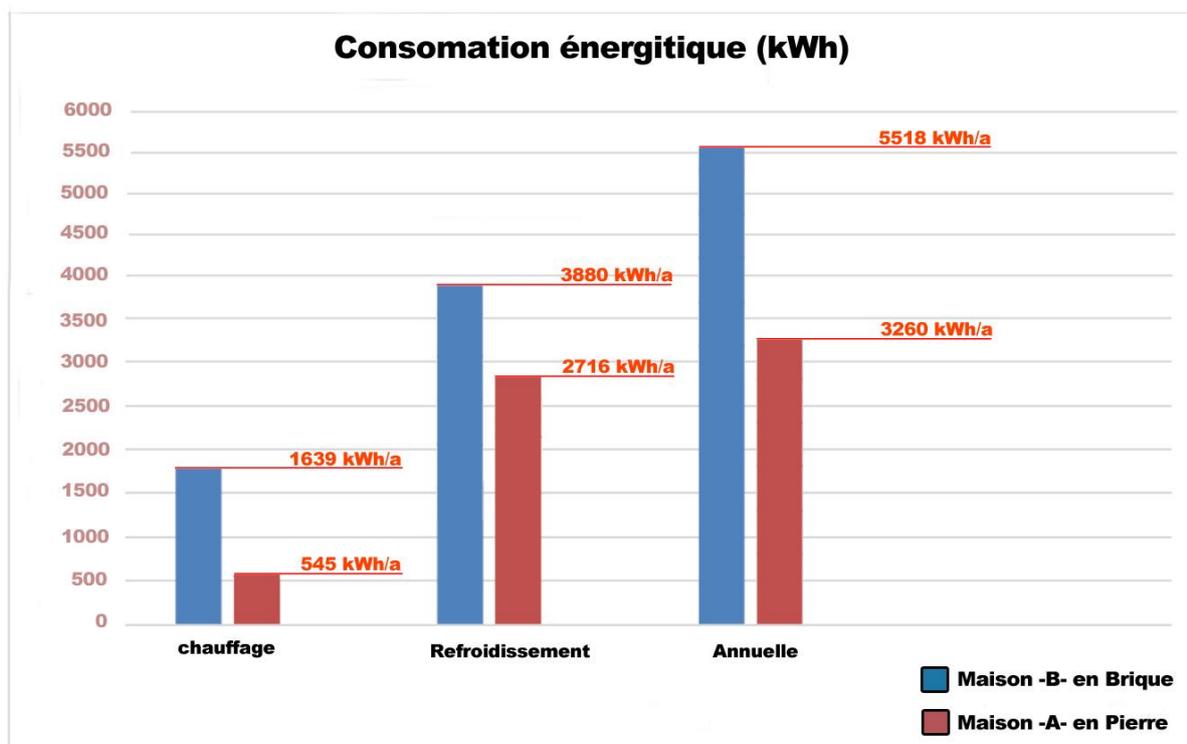


Figure 69 : Consommation énergétique pendant l'année(simulation).

10. Conclusion :

On constate que la maison kabyle est bien confortable en été, en hiver la transition de la chaleur extérieure consiste le point désavantageux de la pierre, mais avec une simple isolation de l'extérieur suffira pour stopper la transition de la chaleur extérieure, et rend la maison confortable et bien isoler à l'intérieur.

11. Conclusion générale :

La maison Kabyle et spécifiquement celle de Mesbah représentent un patrimoine inestimable et une nécessité absolue d'assurer sa sauvegarde pour imprégner les générations futures de la valeur architecturale de cet héritage. Pour la présente raison que on opter a un diagnostic sur l'impact des caractéristiques thermiques des matériaux locaux utilisés dans la réalisation de la maison kabyle. L'étude a démontré que la pierre naturelle avec ces caractéristiques thermiques (diffusivité et effusivité) est les matériaux le mieux adapter pour le climat local ainsi qu'en termes de développement durable.

Notre étude a démontré également que certains matériaux tel quel que la paille pouvaient jouer un rôle très important en terme d'isolation thermique. Un rôle primordial pour stopper la transition de chaleur en hiver. Une solution qui rend la maison kabyle une maison passif de performance thermique très intéressant.

Enfin le présent travail nous a permis d'aborder un point spécifique qui est l'impact de l'inertie thermique sur le confort thermique dans la maison kabyle, et répondre à une problématique poser, et confirmer les hypothèses émises. Néanmoins, cette étude reste une recherche sur un seul point parmi plusieurs points qui caractérise notre précieux patrimoine qui est la maison kabyle.

TABLES DES ILLUSTRATIONS

N°	TITRE	PAGE
Figure 01	Méthodologie d'approche	05
Figure 02	Les piliers du développement durable	07
Figure 03	les 14 cible de l'architecture bioclimatique	08
Figure 04	les 14 cible de l'architecture bioclimatique	09
Figure 05	principe de l'architecture bioclimatique	10
Figure 06	principe de l'architecture bioclimatique	10
Figure 07	Mélange de paille et de terre pour la constitution de murs	11
Figure 08	Exemple de toit végétalisé à Bruxelles	12
Figure 09	Stratégie du froid	13
Figure 10	Comparaison des déperditions thermiques d'un thermos et d'une cafetière	15
Figure 11	Diagramme bioclimatique de Givoni	18
Figure 12	La technique du pisé	20
Figure 13	Les postes de déperdition thermique	22
Figure 14	Les échanges thermiques du corps humain avec son environnement	23
Figure 15	Mode transfert de chaleur	25
Figure 16	Répartition des puissances reçues du soleil suivant les orientations des façades	27
Figure 17	Impact de la forme du bâtiment sur l'importance des surfaces de déperditions thermiques	28
Figure 18	Evolution des températures dans une maison individuelle pour deux niveaux d'inertie	31
Figure 19	Répartition moyenne des déperditions dans un local	31
Figure 20	Coefficients d'absorption pour différents matériaux et couleurs	33
Figure 21	Les échanges thermiques du corps humain avec son environnement	34
Figure 22	Conductivité thermique des matériaux	36
Figure 23	temps de déphasage des matériaux de construction	38
Figure 24	vue prise sur un village kabyle a tyboulamine.Aokas	39
Figure 25	Limites de la grande Kabylie	40
Figure 26	Les wilayas de la Kabylie	41
Figure 27	Photos représentant le relief de la grande Kabylie.	41
Figure 28	Paysage boisé de la Kabylie	42
Figure 29	Paysages printanier et hivernal de Kabylie	42
Figure 30	Représentation concentrique des structures sociales	43
Figure 31	L'hara, dans le village de Bou-Mansour	44
Figure 32	Une maison à Bou-Mansour vue de l'extérieur	45
Figure 33	Croquis de l'intérieur de la maison Kabyle	45
Figure 34	Coupe d'Axxam selon la longueur	46
Figure 35	Plan de Axxam	47

Figure 36	Femmes entrain de trier les figes au niveau de Taqâat	47
Figure 37	A gauche, vue sur Taârich, à droite, vue sur Addaynine	48
Figure 38	Composants et équipement d'une maison de Bou- Mansour	49
Figure 39	Source auteur	49
Figure 39	Le toit (s'qef) : village de Bou-Mansour	50
Figure 40	Vue prise sur google-earth	52
Figure 41	Plan de situation	52
Figure 42	Situation géographique par rapport aux montagnes des Babors	53
Figure 43	Table climatique Bejaia	54
Figure 44	Courbe de température Bejaia	54
Figure 45	Vue prise sur site	55
Figure 46	Plan RDC	56
Figure 47	Coupe schématique A-A	56
Figure 48	Maquette 3D	57
Figure 49	Vue en perspective 3D (modélisation avec ArchiCad)	57
Figure 50	Vue sur le mur de la maison	58
Figure 51	Chaine d'angle	58
Figure 52	Photos prise sur site	59
Figure 53	Source auteur	59
Figure 54	Vue sur la structure de la maison	60
Figure 55	Source auteur	60
Figure 56	Détail sur les différentes couches de la couverture en tuiles village MaatkasTizi-ouzou	61
Figure 57	Vue sur les enduits extérieurs de la maison	62
Figure 58	Plan RDC	63
Figure 59	Vue en perspette 3D	64
Figure 60	Plan RDC	64
Figure 61	Structure plancher corps creux	65
Figure 62	Plan RDC	67
Figure 63	Consommation énergétique par cible pendant l'année	76
Figure 64	Consommation énergétique en kWh/m ² /an	76
Figure 65	Evolution de besoin énergétique pendant l'année (simulation)	77
Figure 66	Consommation énergétique par cible pendant l'année (simulation)	79
Figure 67	Consommation énergétique en kWh/m ² /an	79
Figure 68	Consommation énergétique par cible pendant l'année (simulation)	80
Figure 69	Consommation énergétique pendant l'année(simulation).	83
LISTE DES TABLEAUX		
Tableau 01	Caractéristiques du mur extérieur d'une maison Kabyle	69
Tableau 02	Caractéristiques du plancher d'une maison Kabyle	69
Tableau 03	Caractéristiques du plancher intermédiaire d'une maison Kabyle	69
Tableau 04	Caractéristiques de la toiture d'une maison Kabyle	70
Tableau 05	Caractéristiques du mur extérieur d'une maison contemporaine	70
Tableau 06	Caractéristiques de la dalle flottante d'une maison contemporaine	70
Tableau 07	Caractéristiques de la toiture d'une maison contemporaine	71

BIBLIOGRAPHIE

1. OUVRAGES

- Fanger (1972)** livre (thermale ,confort, analysis,and application in envirenementengeneering) mc graw.
- (**Roulet C.A.2012**).Eco confort pour une maison saine a baisseconsommationénergétiqueledpolytechniquet université romande.
- P.Lavigne P.2009** afernnande p1994 (architecture climatique une contribution au développement durable)tom2Editionedisud paris.
- Izard J.L, Guyot a 1979** archbioeditionparenthesemarseille
- Mazouz S.2008**éléments de la conception architecturale Editionopu 4eme Edition
- **Bruno Peuportier, Stéphane Thiers.** Des éco-techniques à l'éco-conception des bâtiments. Journée thématique SFT-IBPSA, Mar 2006, Le Bourget du Lac, France. 2006.
- B.GIVONI1978:** (l'homme, l'architecture et le climat) édition moniteur France.
- **Alain Liébard et André de Herde,** Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique (Concevoir, édifier et aménager avec le développement durable), Edition le moniteur.
- **SAMUEL COURGEY, JEAN-PIERRE OLIVA,** (La conception bioclimatique ; publication) Edition 2006.
- **Pierre Fernandez Pierre Lavigne,** (concevoir des bâtiments bioclimatiques fondements et méthodes) Edition le moniteur.

2. MEMOIRES

- Cordier N, 2007.** Mémoire(développement et évaluation de stratégie de contrôle de ventilation appliquées aux locaux e grandes dimensions)thèse de doctorat a l'institut national de science appliquées de Lyon.
- **Chabbi M.2009** (étude bioclimatique de logement social participatif la vallée du m'zabe cas du ksar du Tafilelt)mémoire magister soutenu à l'université Mouloud Mammeri tiziouozou.
- **Badeche M,2008** (impact de loggia sur le confort thermique dans la région de Constantine) thèse de magister soutenu a l'université de mentouri de Constantine
- Benhalilou K,2008**(impact de la végétation grimpante sur le confort hygrothermique estivale de bâtiment cas du climat semi-aride)mémoire de magister soutenu a l'université de mentouri
- **ALIANE Ouahiba et SALHI Mohamed Brahim** « Savoir-faire vernaculaires du village traditionnel Kabyle : Ait ElKaid ». (Université de tizi-ouzou).

- **ALILI Sonia**, Mémoire magister en architecture, « guide technique pour une opération de réhabilitation du patrimoine architecturale villageois de Kabylie » (université tizi-ouzou).
- **RUELLE,Francois** le standard « maison passive » en Belgique :potentialités et obstacles.(université libre de Bruxelles).
- **SADDOK Amel**, Mémoire magister en architecture, « Etude du confort thermique des salles de cours des établissements scolaires a différentes typologies », (université de tizi-ouzou).
- **SLIMANI Ammar**, Mémoire magister en architecture « Valorisation des potentialités locales pour un habitat écologique en zone de montagne : cas de la région de Yakouren », (université tizi-ouzou).

3. SITES INTERNETS :

- www.wikipedia .com
- www.ecoconstructon -immobilier.fr (guide)
- http://www.energies-renouvelables.org/architecture_bioclimatique.
- https://passivact.com/Concepts/files/QualiteThermique-ComparaisonsMateriaux.
- https://www.energieplus-lesite.be
- http://www.3-0.fr/doc-dd/qu-est-ce-que-le-dd/tour-d-horizon-des-enjeux-des-3-piliers-du-developpement-durable#Préserver l'environnement.
- http://www.passivhaus-vauban.de/passivhaus.fr.
- http://www.archinomie.net