

RÉPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE SAAD DAHLAB BLIDA
INSTITUT D'ARCHITECTURE ET D'URBANISME BLIDA 1

MÉMOIRE DE MASTER

Option : Architecture bioclimatique

**Les dispositifs de l'architecture vernaculaire ;
impact des chebek et galerie sur le confort
thermique des maisons de M'Zab
(Cas de ksar Ghardaïa)**

Présenté par :

Mr. FERTALA Saad.

Encadré par :

Mr. BENCHEIKH Abderrezzak (Encadreur)

Mme. MAACHI Ismahan (Co-encadreur)

2016-2017

ملخص

تندرج هذه الأطروحة ضمن إطار الهندسة المناخية باعتبارها فن البناء المنسجم مع المناخ، ولذلك فإن هذا البحث يتضمن دراسة وفحص التأثير الحراري على هندسة العمارة.

وفي هذا السياق يمثل وادي مزاب مثال يتميز بالتوافق بين البناء العمراني والبيئة المناخية والطبيعية، وهذا يتعلق بدراسة دور المبادئ والمفاهيم المعمارية كالفناء والرواق في المنزل التقليدي.

ومنه ستم هذه الدراسة عن طريق استخدام الأساليب المعلوماتية لاستخدام النتائج كأداة او وسيلة مرجعية للمصمم، وعليه من الضروري فتح المجال للبحث في مدى نجاح البناء بمنطقة ميزاب على الأبعاد المناخية والطبيعية والتنمية المستدامة، وذلك للاطلاع على كيفية استجابة أحد هذه المنازل على متطلبات الحياة في هذا الوسط الصعب والمناخ القاسي

المصطلحات المفتاحية: الهندسة المناخية - التنمية المستدامة- قصر - تشبيك -الرواق - العمارة - المنزل التقليدي - العمران- والبيئة المناخية- الوسط.

Résumé

Ce mémoire s'intéresse à l'architecture bioclimatique ; comme art de construire en harmonie avec le climat. Ainsi cette recherche consiste à examiner le comportement thermiques d'un exemple vernaculaire situé à la vallée du M'Zab vis-à-vis de son contexte climatique et naturel. Cela concerne l'étude du rôle des dispositifs et les concepts passifs notamment le patio et galerie, dans les ambiances intérieures de la maison, l'étude sera faite par la simulation thermique dynamique afin d'utiliser les résultats comme un outil de référence pour les concepteurs.

Ainsi il est opportun d'ouvrir une réflexion sur ce contexte climatique naturel dure et très rigoureux, pour explorer comment un ou des maisons dans ce milieu ont répondu aux exigences de bien être des occupants.

Mot clés : Architecture bioclimatique - Environnement - Développement durable - HQE- Confort thermique - Vallée du M'Zab - Ksar de Ghardaïa - Chebek - Architecture vernaculaire - Maison traditionnelle - Patio - Galerie.

Abstract

This thesis focuses on bioclimatic architecture ; as an art of building in harmony with the climate. Thus, this research consists of examining the thermal behavior of a vernacular example located in the M'Zab valley with respect to its climatic and natural context. This concerns the study of the role of devices and passive concepts including the patio and gallery, in the interior environments of the house, the study will be done by computer simulation to use the results as a reference tool for designers.

Thus it is appropriate to open a reflection on this hard and very rigorous natural climatic context, to explore how one or more houses in this environment have met the requirements of well-being of the occupants.

Key words: Bioclimatic architecture - Environment - Sustainable development - HQE- Thermal comfort - M'Zab valley - Ksar - Chebek - Vernacular architecture - Traditional house - Patio - Gallery

TABLE DES MATIÈRES

I. Chapitre introductif	Erreur ! Signet non défini.
INTRODUCTION.....	Erreur ! Signet non défini.
I.1. PROBLÉMATIQUE GÉNÉRALE.....	11
I.2. PROBLÉMATIQUE SPÉCIFIQUE	12
I.3. HYPOTHÈSES	12
I.4. OBJECTIFS DE RECHERCHE	12
I.5. MÉTHODOLOGIE DE L'ÉTUDE	13
I.6. STRUCTURE DU MÉMOIRE.....	13
II. Chapitre état de l'art.....	15
INTRODUCTION.....	16
II.1 L'ENVIRONNEMENT ET LE SECTEUR DE CONSTRUCTION	16
II.1.1 Bioclimatique et la qualité environnementale de bâtiment« QEB».....	18
II.1.2 Le développement durable ; savoirs et savoir-faire	18
II.1.2.1 La durabilité dans l'architecture bioclimatique :.....	19
II.1.2.2 La démarche de Haute Qualité Environnementale (HQE)	21
II.2 LA BIOCLIMATIQUE ET LE CONFORT THERMIQUE	22
II.2.1 Des notions de base	22
II.2.2 La maîtrise des ambiances	23
II.2.3 La ventilation naturelle.....	23
II.2.4 Les paramètres de conception.....	25
II.2.4.1 Protection solaire	25
II.2.4.2 Inertie thermique.....	26
II.2.5 Le Confort thermique	27
II.2.5.1 Les aspects du confort thermique	27
II.2.5.2 Les paramètres de confort thermique	27
II.2.5.3 Le facteur de l'inconfort thermique.....	29
II.2.5.4 Les stratégies bioclimatiques pour améliorer le confort thermique.....	30
II.3 L'ARCHITECTURE VERNACULAIRE	32
II.3.1 L'architecture vernaculaire et son lien avec la notion de durabilité.	33
II.3.2 Architecture vernaculaire et bioclimatisme	33
II.3.3.1 Les dispositifs d'amélioration du confort thermique	35
II.3.3.2 L'habitation traditionnelle de M'Zab	42
CONCLUSION	46
III. Chapitre méthodologique	47

INTRODUCTION.....	Erreur ! Signet non défini.
III.1 PRESENTATION DE CAS D'ETUDE	48
III.1.1. Présentation de la ville et ksar.....	49
III.1.1.1 Ksar Ghardaïa.....	50
III.1.1.2 Technique constructive.....	51
III.2.1 Définition du climat (Climat sec et chaud)	53
III.2.2 Application à la méthode psychrométrique.....	54
III.2.3 Interprétation du diagramme	54
III.2.3.1 Les zones	54
III.2.3.2 Les propositions climatiques	55
III.2.3.3 Les Solutions apportées pour chaque saison	55
III.3 Simulation thermique	56
III.3.1 Choix d'outils de simulation.....	56
III.3.2 Paramètres et variables.....	57
III.3.3 Les Données de base	59
III.3.3.1 Les données climatiques.....	59
III.3.3.2 Caractéristiques des matériaux	61
III.3.4 Séries de simulations.....	61
III.3.4.1 Procédés de la simulation	62
III.3.4.2 Résultats de la simulation.....	63
IV. Conclusion générale	67
V. Bibliographie.....	70

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figures :

Fig 1. II. Le cycle de vie d'un bâtiment.	17
Fig 2. II. La relation développement durable-maison bioclimatique.....	20
Fig 3. II. Les familles et cibles de l'HQE.....	21
Fig 4. II. Etude des flux d'air (simulation).....	24
Fig 5. II. Comparaison des réactions d'un bâtiment à inertie faible et d'un bâtiment à inertie forte face aux apports solaires.	26
Fig 6. II. Les apports internes dans le bâtiment.	29
Fig 7. II. Les notions associées au concept de bâti vernaculaire	32
Fig 8. II. Architectures vernaculaires en terre	33
Fig 9. II. Bagdirs à Yazd (Iran), Habitation Maloca au Brésil, Coupe d'habitation à Bagdad, avec paliers de température	34
Fig 10. II. ksour au sahara Algerienne, Habitat troglodytique de la région de Matmata (Tunisie) .	35
Fig 11. II. Ventilation depuis l'entree et patio. (Damas).....	36
Fig 12. II. Ventilation depuis les fenetres et patio. (Alger)	36
Fig 13. II. Deferentes configurations des galeries et ambrifcation de patio	37
Fig 14. II. Capteurs de vent unidirectionnels au Caire :	38
Fig 15. II. Exemple de « Malqaf » coupe et plan d'un malqaf avec un procédé d'humidification (déflecteur) pour climat chaud et aride.	38
Fig 16. II. Variantes et détail de déflecteur humidificateurs composant les malqafs.	39
Fig 17. II. Tour à vent associé à tunnel (passage humide).....	39
Fig 18. II. La protection des ouvertures.....	40
Fig 19. II. Le « Kushk » remplace le moucharabieh au Yémen (Dar jadid).....	40
Fig 20. II. Contrôle de l'ensoleillement	41
Fig 21. II. La coupole dans l'architecture de m'zab	41
Fig 22. II. Vue aérien sur le tissu traditionnel de M'Zab.....	42
Fig 23. II. Les deferents techniques utilisées dans la construction en terre.....	43
Fig 24. II. Composition des murs et plancher des M'Zab.....	43
Fig 25. II. La sqiffa d'une maison du M'Zab.	44
Fig 26. II. Vue sur terrasse et chebek d'une maison du M'Zab.....	44
Fig 27. II. optimisatins de l'ensoleillement et stockage de la chaleur en hiver.....	45
Fig 28. II. Controle de l'ensoleillement en hiver et été.	45
Fig 29. II. Vue sur la galerie d'etage d'une maison située à ksar Beni isguen.	45
Fig 30. II. Vues exterieures des maisons du M'Zab.....	46
Fig 31. III. Situation de ksar.....	49
Fig 32. III. Plan de l'urbanisme de Ksar.	50
Fig 33. III. Illustrations	51
Fig 34. III. Situation de la maison	51
Fig 35. III. Composition des éléments verticaux et horizontaux.....	52
Fig 36. III. Plans d'architecture.	52
Fig 37. III. Carte ensoleillement.....	53
Fig 38. III. Résultats de l'application au diagramme psychrométrique.....	54
Fig 39. III. Courbes produits par le logiciel	57

Fig 40. III. Courbes produits par le logiciel	58
Fig 41. III. Rose de vents	59
Fig 42. III. Données climatiques generales	60
Fig 43. III. Procédés de simulation.....	62
Fig 44. III. Procédés de simulation.....	62
Fig 45. III. Procédés de simulation, zonage et modelisation.....	63
Fig 46. III. Comparaison des résultats été/hiver/année etat initial	63
Fig 47. III. Comparaison des résultats été/hiver/année	64
Fig 48. III. Comparaison des résultats apres combinaison été/hiver/année.....	65

Tableaux :

Table 1. II. Analyse des cas de simulation.....	25
Table 2. II. Comparaison des réactions d'un bâtiment à inertie faible et d'un bâtiment à inertie forte face aux apports solaires.....	26
Table 3. III. Différentes propositions climatiques trouvées par le digramme bioclimatique.....	55
Table 4. III. Variables de l'étuder.....	58
Table 5. III. Variables de l'étuder.....	58
Table 6. III. Données climatiques generales	59
Table 7. III. Caracteristiques themiques	61
Table 8. III. Nomenclature des simulations	61

I. Introduction générale

Depuis quelques années les enjeux soulevés par les problèmes de l'environnement sont apparus sur le devant de la scène du secteur de la construction. Cette problématique renvoie à une relation entre deux pôles : le développement durable et l'architecture bioclimatique.

Le développement durable : est un mode de développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs¹.

La HQE propose de minimiser les impacts des bâtiments sur l'environnement extérieur tout en optimisant la qualité de l'intérieur, en vue de résoudre globalement l'équation : " Environnement- Confort - Santé "².

La bioclimatique :est une discipline de l'architecture, l'art et le savoir-faire de tirer le meilleur parti des conditions d'un site et de son environnement, pour une architecture naturellement la plus confortable pour ses utilisateurs³.Elle suppose une économie de ressources énergétiques où les énergies renouvelables sont à prendre en considération, une réduction de la pollution et une relation satisfaisante du bâtiment avec son environnement, afin de créer des conditions de vie confortable et saine.

¹DEVV. « Rapport Brundtland » [archive] (consulté le 9 décembre 2015).

²GRAP (Groupe de recherche en ambiance physique). École d'architecture, Université Laval.<http://www.grap.arc.ulaval.ca>.

³Alain LIÉBARD, André DE HERDE et Observer. Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques.

À travers les différents âges de l'humanité l'homme a toujours essayé de créer des conditions favorables pour son confort et ses activités, de la hutte primitive à la maison d'aujourd'hui, l'habitation reflète à travers son évolution les différentes solutions trouvées pour faire face aux aléas climatiques. L'architecture vernaculaire a donné des réponses très judicieuses, où l'homme des anciens siècles a réussi à exploiter les effets bénéfiques du climat et les ressources existantes dans le lieu (matériaux, relief, techniques et savoirs faire...).

En effet, cette dernière (architecture vernaculaire), par ses aspects bioclimatiques et environnementaux a fait la relation entre les deux pôles ; Développement durable et architecture bioclimatique. Au-delà, les empreintes de l'architecture vernaculaire qui date de plusieurs siècles, sont jusqu'à ce jour présentent dans le monde et particulièrement en Algérie dans le cas des vieilles villes et casbahs au nord ou des ksour au sud notamment le cas de la vallée du M'Zab. Ainsi notre recherche va aborder une thématique sur le confort thermique, tout en essayant de se référencier à l'architecture vernaculaire du sud de l'Algérie, dans un souci d'intégration climatique, et de respect du contexte et de l'environnement.

I.1. PROBLÉMATIQUE GÉNÉRALE

L'architecture bioclimatique n'est pas seulement un moyen de faire des économies d'énergie ou de remplacer une source par une autre ; elle est surtout l'art de construire en harmonie avec le climat suivant les heurs de la journée et les saisons. Son but est tout simplement de créer des ambiances plus confortables et conviviales pour l'occupant. *«L'architecture vernaculaire révèle ce qu'il y a d'essentiel à un moment donné de l'humanité »*⁴. Cette citation renvoie à la notion de temps, à chaque époque, les exigences de confort et les techniques disponibles ont influencé le concepteur, par cet effet, notre problématique se concentra sur la question suivante :

L'Architecture vernaculaire ; Serait-elle une référence suffisante pour répondre à la question de confort thermique ?

⁴Bernard RUDOLFSKY. Architecture without architects: a short introduction to non-pedigreed architecture. Garden N.Y , editions Doubleday and company , 1964 .

I.2. PROBLÉMATIQUE SPÉCIFIQUE

La réflexion que nous proposons, tente de mettre en évidence la pertinence du vernaculaire et sa correspondance dans l'architecture bioclimatique et cela par la mise en valeur des richesses du bâti vernaculaire du sud Algérien, notamment dans le cas de la vallée du M'Zab, ainsi il est opportun d'ouvrir une réflexion sur ce contexte climatique naturel dure et très rigoureux, pour explorer comment un ou des maisons dans ce milieu ont répondu aux exigences de bien être des occupants. Ce retour théorique présente une plate-forme pour satisfaire le sujet de ce mémoire qui déroule sur l'interrogation suivante :

Quelle est l'utilité des dispositifs du vernaculaire notamment le chebek et galerie dans l'amélioration de la qualité des conditions thermiques ?

I.3. HYPOTHÈSES

L'hypothèse de cette recherche s'agit d'adapter l'ensemble des connaissances du vernaculaire comme des principes et stratégies exploitables pour notre architecture dans un même stade mais avec des moyens et des exigences différentes. L'examen d'un exemple vernaculaire au sud Algérien permet d'illustrer cette tentative de converger les deux plans d'expérience (traditionnel et actuel) qui sont relatifs à deux cultures constrictives différentes, dont le confort thermique est une préoccupation et déterminant majeur de la conception.

Donc pour répondre à la problématique posée, nous avons construit les hypothèses suivantes :

- L'ensemble des connaissances du vernaculaire pourraient être des principes et stratégies référentielles pour notre architecture.
- Le recours aux dispositifs de l'architecture vernaculaire pourrait constituer une solution pour l'architecture actuelle (confort thermique).
- L'utilisation de chebek et galerie pourrait améliorer la qualité de l'environnement thermique intérieur.

I.4. OBJECTIFS DE RECHERCHE

Cette recherche consiste à examiner le comportement thermiques d'un exemple vernaculaire situé à la vallée du M'Zab vis-à-vis de son contexte climatique et naturel. Cela concerne l'étude du rôle des dispositifs et les concepts passifs notamment le patio et

galerie, dans les ambiances intérieurs de la maison, l'étude sera faite par la simulation informatique afin d'utiliser les résultats comme un outil de référence pour les concepteurs.

I.5. MÉTHODOLOGIE DE L'ÉTUDE

Notre travail s'est structuré en deux parties :

La première concerne le corpus théorique, il s'agit d'introduire le thème de recherche, à travers un état de l'art sur le confort thermique et l'architecture vernaculaire et son lien avec la bio-climatisme et le développement durable suivant trois grands axes de recherche.

La deuxième partie consiste à faire une étude sur l'existant (bâti vernaculaire) à travers l'analyse bioclimatique et la simulation informatique suivant une méthodologie scientifique appropriée, puis une approche d'expérimentation et comparaison sur les résultats obtenus et une synthèse générale.

I.6. STRUCTURE DU MÉMOIRE

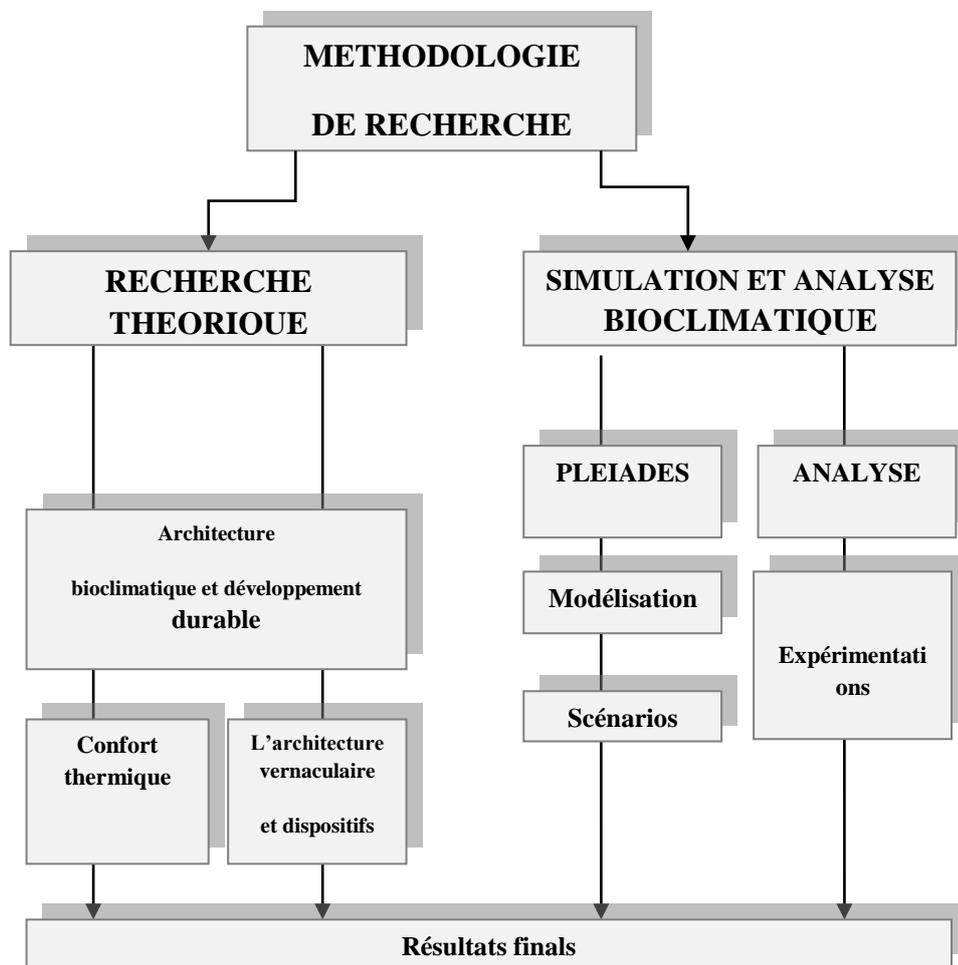
Notre travail est composé d'un chapitre introductif et de deux parties :

Le chapitre introductif comporte la problématique, les hypothèses, et la méthodologie.

La première partie théorique, consiste en la compréhension des différents concepts et notions clés liées à notre recherche, elle découle d'une recherche bibliographique sur les termes qui sont étroitement liées à l'architecture bioclimatique et le confort thermique.

La deuxième partie pratique, intègre deux chapitres, le premier consiste en une phase de la démarche méthodologique, et le deuxième consacrer à une phase d'expérimentation et l'interprétation des résultats.

La conclusion générale expose les synthèses tirées de ce travail, une vision architecturale et des recommandations techniques pour l'amélioration du confort thermique, ainsi que les limites de recherche.



II. Chapitre état de l'art

INTRODUCTION

Ce chapitre est destiné à la recherche sur l'intérêt de l'architecture bioclimatique et l'architecture vernaculaire dans l'assurance de confort thermique, qui visaient à utiliser les ressources du climat et du site, et réduire les dépenses d'énergie consacrées aux climatisations des habitations et aussi pour limiter les empreintes environnementales. Tout bâtiment s'inscrit dans un environnement avec lequel il interagit et entretient un ensemble plus ou moins harmonieux de relations. La prise en compte du climat et du lieu se place au cœur de ce dialogue entre l'architecture et son environnement.

L'objectif de ce chapitre est d'aborder le thème "confort thermique" sur trois axes ; le souci environnemental, l'aspect bioclimatique et l'expérience vernaculaire afin de constituer une base théorique pour la simulation de l'étude thermique dans le chapitre suivant.

II.1 L'ENVIRONNEMENT ET LE SECTEUR DE CONSTRUCTION

L'environnement est « l'ensemble des éléments (biotiques ou abiotiques) qui entourent un individu ou une espèce et dont certains contribuent directement à subvenir à ses besoins »⁵. Le soleil, l'air, la terre ...sont des éléments qui constituent l'environnement (support de la construction), et le secteur de la construction importe un considérable impact sur l'environnement par la quantité de déchets générés et de ressources consommées par le bâtiment dans la réalisation l'utilisation et la déconstruction. Le bâtiment est soumis aux conditions de son contexte ; température, air, relief, verdure... Donc chaque acteur est confronté à la responsabilité qui lui incombe dans la gestion globale des ressources et de l'environnement⁶.

Le bâtiment est un secteur énergivore par excellence. Selon l'APRUE⁷, sa consommation représente plus de 40% de la consommation finale d'énergie, certains

⁵L'association HQE, Site web de ; <http://www.hqegbc.org>. 2017.

⁶*Ibid.*

⁷L'APRU : l'Agence de la Promotion et de Rationalisation de l'Utilisation de l'Énergie.

experts estiment que sur cette part, environ "60% à 80% de l'énergie est perdue", majoritairement à travers les toits, les murs ou les sols⁸.

Alors, faire des économies d'énergie dans le souci de préservation de l'environnement exige qu'un bâtiment doive être conçu en fonction de la morphologie du site, du microclimat et des variations saisonnières, il faut réfléchir en termes de température, de précipitations, d'ensoleillement, et de vent⁹.

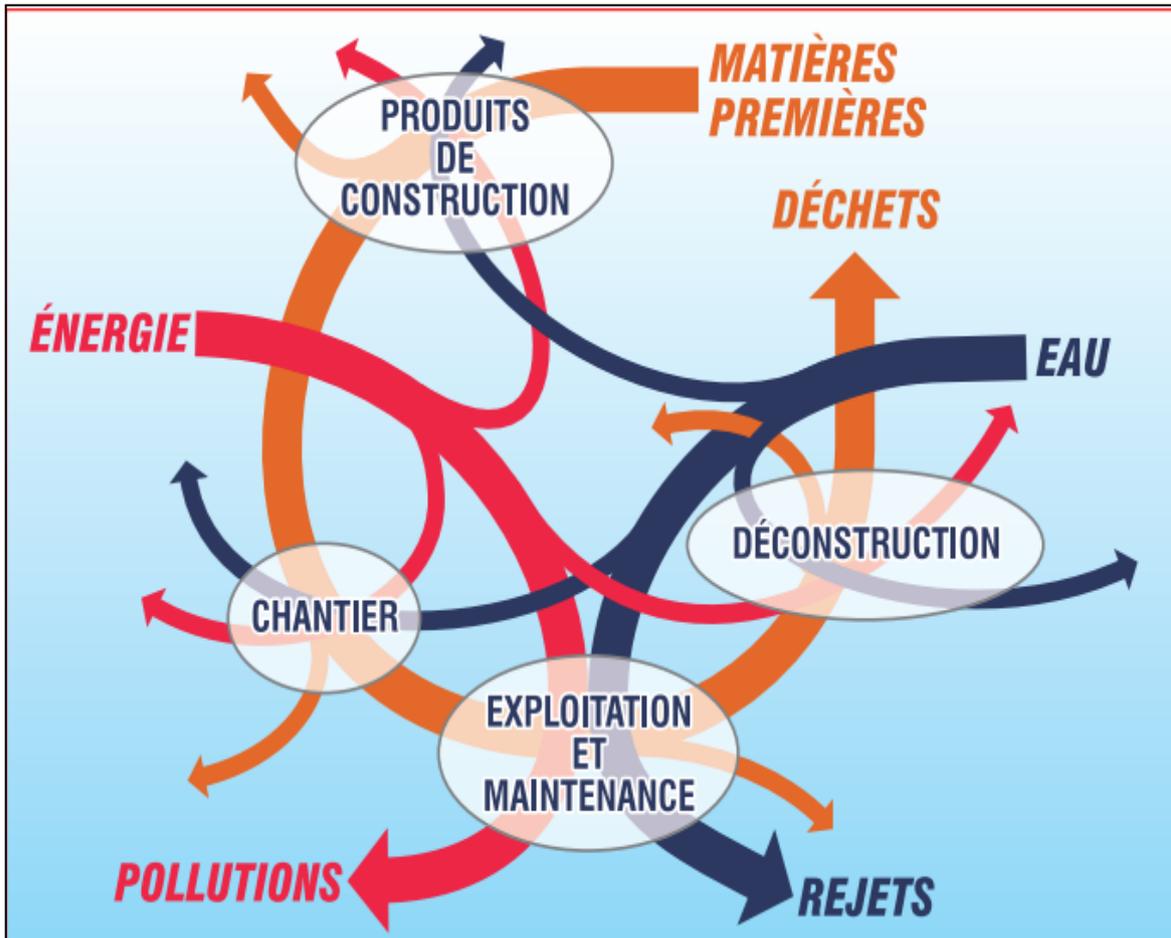


Fig 1. II. Le cycle de vie d'un bâtiment.

(Source : Alain Liébard et André De Herde. Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques ; Concevoir, édifier et aménager avec le développement durable.2004).

⁸APRU, Site web; <http://portail.cder.dz/spip.php?article410>.

⁹Auteur, Cahier de recommandations pour un urbanisme de qualité à Annecy- Environnement et constructions. Fiche C-2. Octobre 2009.

II.1.1 Bioclimatique et la qualité environnementale de bâtiment« QEB»

L'architecture bioclimatique par ses économies d'énergies et son harmonie avec le climat et le site vise à créer des conditions confortables pour les occupants et respectueuses de la nature. Elle prend en compte les caractéristiques du site, du climat et de l'environnement pour en tirer le meilleur profit possible.

« La qualité environnementale d'un bâtiment se définit par son aptitude à satisfaire trois exigences complémentaires :

- La maîtrise des impacts du bâtiment sur l'environnement extérieur ;
- La création d'un environnement intérieur confortable et sain pour les utilisateurs ;
- La préservation des ressources naturelles en optimisant leur usage»¹⁰.

II.1.2 Des notions de base

La Qualité Environnementale d'un Bâtiment (Q.E.B) :« est l'aptitude de l'ensemble des caractéristiques intrinsèques du bâtiment, des équipements et de la parcelle à satisfaire les exigences liées à la maîtrise des impacts sur l'environnement extérieur et la création d'un environnement intérieur confortable et sain »¹¹.

Impact environnemental : le concept "Impact environnemental" désigne l'ensemble des modifications qualitatives, quantitatives et fonctionnelles de l'environnement (négatives ou positives) engendrées par un projet, un processus, un procédé, un ou des organismes et un ou des produits, de sa conception à sa fin de vie. L'évaluation d'un impact environnemental est quantifiée grâce à la mesure d'indicateurs de flux et d'indicateurs d'impact potentiels pour l'air, l'eau, et pour les ressources des sols et la santé humaine¹².

II.1.2 Le développement durable ; savoirs et savoir-faire

"Notre avenir à tous", le rapport Brundtland, est issu des travaux de la commission des Nations Unies pour l'environnement et le développement. Paru en 1987 en anglais et 1988 en traduction française, il donne la première définition officielle du développement durable : « Un mode de développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre les capacités des générations futures à répondre aux leurs »¹³.

¹⁰L'association HQE, Site web de ; <http://www.hqegbc.org>. 2017.

¹¹*Ibid.*

¹²ADEME (Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie), Site web ; [http://www.ademe.fr/recherche?f\[0\]=facet_cible%3A8544&items_per_page=25&sort_by=search_api_relevance&sort_order=DESC&query=](http://www.ademe.fr/recherche?f[0]=facet_cible%3A8544&items_per_page=25&sort_by=search_api_relevance&sort_order=DESC&query=). 2017

¹³L'association Adéquations, Site web de ; <http://www.adequations.org>. 2017.

II.1.2.1 La durabilité dans l'architecture bioclimatique :

Répondre dans un projet d'architecture aux critères d'un développement durable du milieu bâti ne peut se faire dans une simple attitude. En effet chaque construction est une réponse unique et ne correspond qu'à un seul lieu¹⁴.

- Le bâtiment bénéficie-t-il bien de son site ?

En ville ou en milieu rural, la conception d'un bâtiment commence par l'étude du terrain et de son environnement immédiat : la topographie, les accès, les vues, les masques, les végétaux existants, l'ensoleillement, et les vents dominants. Mais elle doit être élargie à l'analyse des ressources du territoire : la végétation locale, les matériaux disponibles à proximité, les savoir-faire régionaux¹⁵.

Le choix du site d'implantation d'un bâtiment est stratégique. Il conditionne considérablement (jusqu'à 30%) le calcul de l'empreinte écologique. L'environnement proche peut être source d'effets de masque et d'ombres portées, due à l'orientation ou aux prospects¹⁶.

- Quelle esquisse ?

Dès les premiers esquisses, des décisions stratégiques doivent être prises, relatives aux volumes construits, à leurs orientation, à leur implantation dans le site. Ces grands principes vont conditionner la capacité du bâtiment à réduire son empreinte environnemental et écologique. Ainsi une mauvaise orientation ou une compacité insuffisante pénaliserait d'emblée le futur bilan énergétique de l'édifice¹⁷.

- L'orientation du bâtiment est-elle optimisée ?

Dans chaque zone climatique les bâtiments sont orientés différemment. L'environnement immédiat est également déterminant : vues, ombres portées ...¹⁸.

- Le volume du bâtiment est-il suffisamment compact ?

La géométrie du bâtiment ses proportions induisent plus au moins de compacité. Afin de rechercher la plus grande efficacité énergétique. Il faut réduire les surfaces d'échanges entre l'intérieur et l'extérieur. Par ailleurs l'impact au sol doit être minimisé afin de réduire l'imperméabilisation du sol¹⁹.

¹⁴Genius LOCI. Du lieu au projet : Implantation & contexte.

¹⁵*Ibid.*

¹⁶Françoise Hélène JOURDA. Petit Manuel de la conception durable.

¹⁷*Ibid.*

¹⁸*Ibid.*

¹⁹*Ibid.*

- Le bâtiment pourrait-il créer de l'ombre pour les voisins ?

Une étude d'ensoleillement et des ombres portées sur l'environnement immédiat dès l'esquisse pour s'assurer que la nouvelle construction ne nuira pas au confort des lieux de vie avoisinants qu'ils soient bâtis ou extérieurs.

Parfois l'ombre portée peut être bénéfique (dans certains climats) ou peu gênante si les lieux ne requièrent pas d'ensoleillement direct ou doivent même s'en protéger. Toutefois, il ne faut pas priver les constructions voisines de la possibilité, même à long terme, d'utiliser les apports pour assurer une couverture, même partielle des besoins en énergie²⁰.

- Le bâtiment crée-t-il un microclimat urbain ?

La position sur le site, la hauteur, la largeur d'un bâtiment vont influencer sur le climat environnant, de manière positive ou négative. Certains projets peuvent induire des microclimats urbains bénéfiques : création d'espaces protégés du vent, bien ensoleillés.

D'autres, des microclimats négatifs : création d'obstacles à la ventilation urbaine ou au contraire accélération des vents, zone d'ombre et d'humidité ...etc. Certaines surfaces de façade et de revêtement de sol peuvent former des masses thermiques importantes absorbant l'énergie solaire et la restituant la nuit ou bien constituer des surfaces réfléchissantes inconfortables ou éblouissantes. Il est possible de créer, grâce aux volumes bâtis, des espaces extérieurs qui deviennent des lieux de vie confortables²¹.

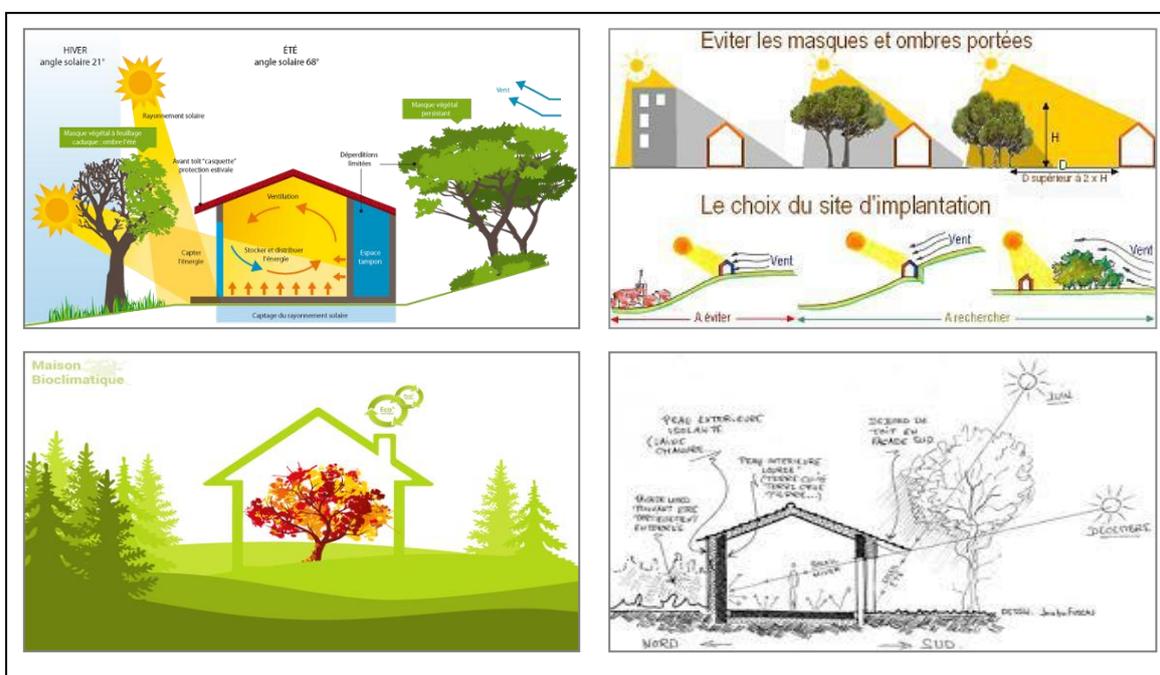


Fig2. II. La relation développement durable-maison bioclimatique
 (Source : L'association HQE, Site web de ;<http://www.hqegbc.org>. 2017)

²⁰Françoise Hélène JOURDA. *Op.cit.*

²¹*Ibid.*

II.1.2.2 La démarche de Haute Qualité Environnementale (HQE)

La Haute Qualité Environnementale : est une démarche globale de management du projet visant à minimiser l'impact d'un bâtiment sur son environnement (intérieur, local ou global), durant l'ensemble de son cycle de vie²². Elle propose donc une méthode pour décrire la qualité environnementale des bâtiments et assurer la maîtrise des impacts environnementaux et leur traduction en termes d'exigences. À partir des grands enjeux environnementaux déclinés à l'échelle du bâtiment selon quatorze rubriques, appelées cibles environnementales, et regroupées en quatre familles permet de définir, mettre en œuvre et mesurer les enjeux de qualité environnementale à atteindre à chaque étape de la construction, comment le montre le schéma suivant²³.

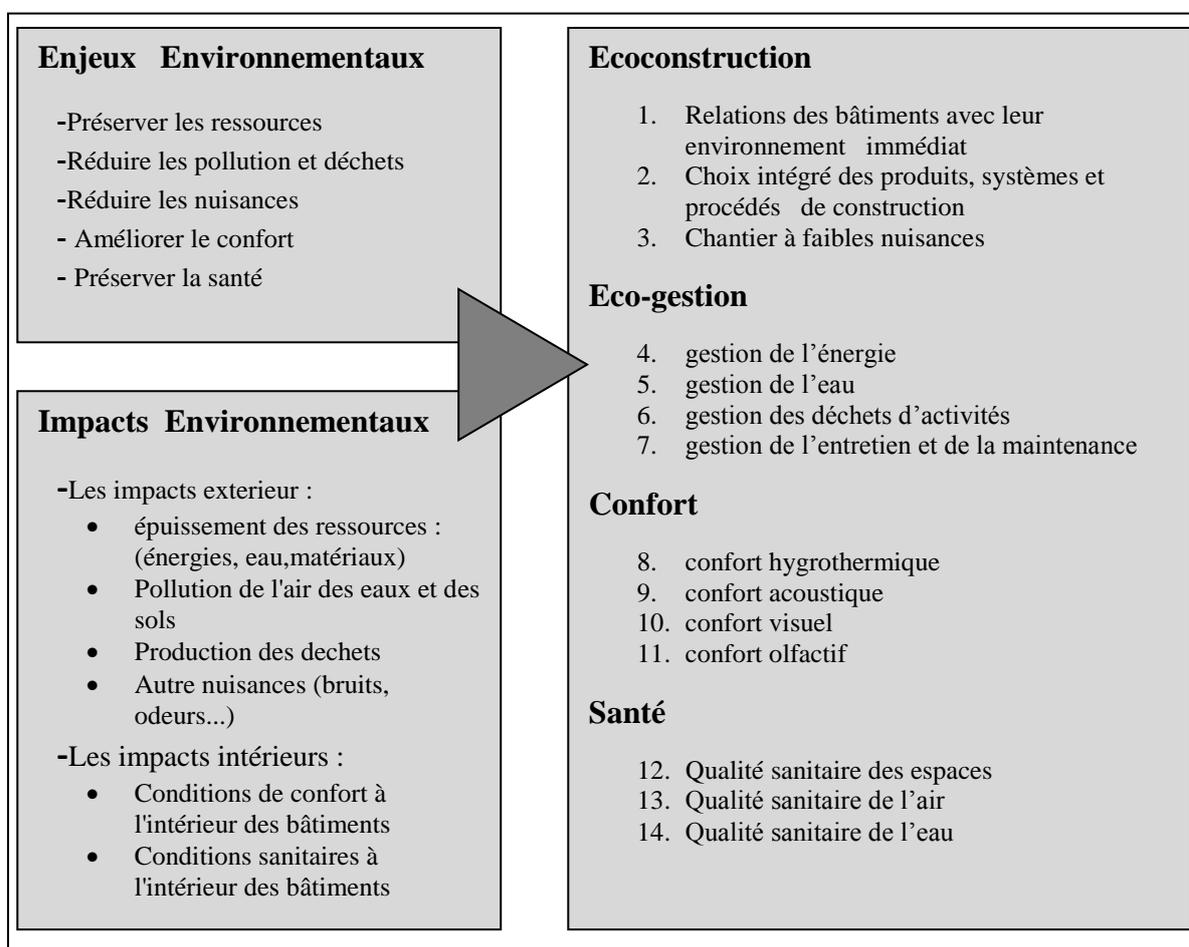


Fig3. II. Les familles et cibles de l'HQE.
(Source : La norme NF P01-020-1 de l'Association HQE).

²²Alain LIÉBARD et André DE HERDE. Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques ; Concevoir, édifier et aménager avec le développement durable.2004.

²³La norme NF P01-020-1 de l'Association HQE.

II.2 LA BIOCLIMATIQUE ET LE CONFORT THERMIQUE

Un bâtiment, incluant sa structure, son éclairage, son système de production énergétique, etc., se doit d'offrir les conditions intérieures les plus confortables pour l'être humain dont la notion de confort thermique est étroitement liée à la performance énergétique dans le bâtiment.

II.2.1 Des notions de base

Conception bioclimatique : conception recherchant une forme d'adéquation avec le climat visant à tirer avantages de ses caractéristiques avec des stratégies passives²⁴.

Scénario d'occupation : sorte d'agenda des occupations des différentes pièces de la maison comprenant les heures d'occupation, la durée d'occupation et le nombre d'occupants²⁵.

Ponts thermiques : points de fuite importants de calories à certains endroits particuliers du fait d'un défaut d'isolation ou de phénomène d'ailette par exemple²⁶.

Inertie thermique : potentiel de stockage de la chaleur ou de la fraîcheur d'un bâtiment ou d'un local. Les constructions à forte inertie conservent une température stable et se réchauffent ou se refroidissent très lentement alors que celles à faible inertie suivent sans amortissement ni retard les fluctuations de température. On parle d'inertie de transmission pour les parois soumises à l'exposition solaire et d'inertie, d'absorption pour les parois internes ou périphériques. Elle s'exprime généralement par l'appartenance à une classe d'inertie (de «très faible» à «très forte»), pour une paroi, elle s'exprime en wattheure par mètre carré Kelvin (Wh/m².K)²⁷.

Coefficient de conductivité thermique : coefficient qui caractérise la capacité d'un matériau à conduire plus au moins la chaleur. Plus le coefficient est bas, plus le matériau est isolant. Désigné par la lettre λ , il s'exprime en W/m. °C ou en W/m. K²⁸.

Compacité : rapport de la surface extérieure sur le volume ; plus ce rapport est faible, plus le bâtiment est compact et moins il est "sensible" au climat extérieur²⁹.

²⁴Guide de l'écoconstructions. www.cc-decazeville-aubin.fr

²⁵*Ibid.*

²⁶*Ibid.*

²⁷Samuel GOURGEY et Jean-Pierre OLIVIA. La conception bioclimatique : En neuf et en réhabilitation.

²⁸Guide de l'écoconstructions. www.cc-decazeville-aubin.fr

²⁹*Ibid.*

II.2.2 La maîtrise des ambiances

Les modes de transferts énergétiques mis en jeu dans un bâtiment sont le rayonnement, la conduction, la convection et l'évaporation. Ils interpellent des paramètres déterminants dans la conception des édifices, comme le captage ou la protection du rayonnement solaire, le contrôle de l'inertie et la gestion de la ventilation. Comme nous l'avons souligné, la création de dispositifs de contrôle des ambiances considérant ces facteurs isolément conduit nécessairement à un échec sur le plan de l'intégration à la démarche globale de projet. On peut considérer par exemple cinq paramètres essentiels de conception qui, dans une relation de dialogue avec leurs divers enjeux, vont conditionner la qualité des ambiances : l'implantation dans le site, le choix des matériaux et systèmes constructifs, les choix morphologiques, la distribution des espaces et le traitement de l'enveloppe.

Le site et l'environnement proche d'un bâtiment vont influencer sur le type de construction. L'architecte soucieux d'une insertion réussie cherchera en effet à exploiter le potentiel du site, à contourner ses contraintes défavorables, et à accorder les ambiances de et hors de son bâtiment au "microclimat" du lieu. Pour ce faire il procédera à la collecte de l'information par une analyse du site et à une estimation des interactions entre le projet et les éléments fondamentaux suivants: Le relief (l'azimut de la pente conditionne fortement les paramètres du microclimat...); le contexte urbain (la forme urbaine va modifier l'ensoleillement disponible et la pression du vent sur les façades...); le type de terrain (inertie, humidité, albédo du sol...); la végétation (effet sur l'humidité et la vitesse de l'air...); et le vent (source de ventilation...). En tenant compte de leur évolution possible dans le temps (développement urbain, croissance de la végétation...)³⁰.

II.2.3 La ventilation naturelle

Ventiler consiste à renouveler l'air intérieur d'un local ou d'un bâtiment. Cela se traduit par l'apport d'air neuf extérieur et l'extraction de l'air vicié intérieur, et répond à la fois à une nécessité hygiénique (qualité sanitaire de l'air ambiant intérieur) et à un souci de confort thermo-hygrométrique (potentiel de rafraîchissement de l'air et des parois et évacuation de l'humidité). La ventilation naturelle est basée sur la création d'un flux d'air lent³¹.

³⁰Alain CHATELET, Pierre FERNANDEZ, Pierre LAVIGNE. Architecture climatique une contribution au développement durable. Tome 2 : Concepts et Dispositifs. 1998

³¹ADEM. Développer une architecture bioclimatique méditerranéenne. Les dispositifs architecturaux participant à une architecture bioclimatique méditerranéenne.

Ce déplacement d'air résulte de différences de pressions, qui apparaissent dans un bâtiment suite aux pressions du vent sur le bâtiment et suite aux écarts de température entre l'intérieur et l'extérieur³².

Elle est influencée par les paramètres suivants ³³:

L'environnement: lointain (montagne, côte marine, accidents des reliefs, vallées, villes...) ou proche (bâtiments voisins, murs de protection,...) et le climat (vent et température). Donc, il faut recourir à des dispositifs particuliers.

La végétation : procure de l'ombre, mais aussi influe sur les mouvements des masses d'air qu'elle permet de déplacer, canaliser, accélérer ou ralentir.

Le bâtiment lui-même : la taille du bâtiment, sa forme, les positions, géométries et dimensions des ouvertures, des débords de toiture... ces paramètres rentrent en jeu dans les mouvements d'air créés dans les locaux. Des sorties d'air plus grandes que les entrées, permettront par exemple de placer le bâtiment en sous-pression et d'obtenir ainsi une vitesse de l'air à l'intérieur supérieure à la vitesse à l'extérieur.

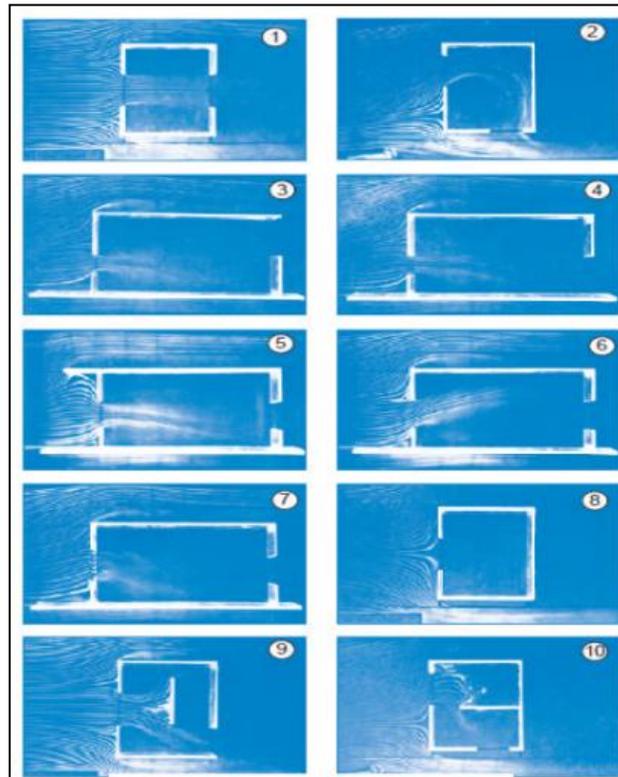


Fig4.II. Etude des flux d'air (simulation).
(Source : www.regionpaca.fr)

³²ADEM. *op.cit.*

³³*Ibid.*

Cas	Interprétation
1	Des ouvertures situées sur des façades opposées pour favoriser une ventilation traversant.
1 et 2	Un cloisonnement intérieur permettant la libre circulation de l'air d'une façade à l'autre.
3 et 4	Une hauteur des ouvertures telle que le flux intérieur soit dirigé vers le bas ceci est possible si l'entrée est en position basse.
5	Une avancée assez haute augmente le flux sans modifier sa direction.
6	Un pare-soleil juste au-dessus de la fenêtre dirige le flux vers le haut et diminue l'efficacité de la ventilation.
7	Les fenêtres pivotantes et fenêtres à lames mobiles doivent être placées de façon à orienter l'air vers le bas de la pièce.
8	Une seule ouverture du côté exposé au vent crée peu de mouvement d'air à l'intérieur. Cette simulation montre l'intérêt d'une ventilation traversant.
9	Un cloisonnement coupant le flux entraîne des perturbations. La pièce fermée n'est pas ventilée, l'autre l'est très faiblement.
10	Un cloisonnement perpendiculaire au flux principal crée une altération importante et engendre une mauvaise efficacité de la ventilation.

Table 1. II. Analyse des cas de simulation.
(Source : www.regionpaca.fr)

II.2.4 Les paramètres de conception

II.2.4.1 Protection solaire

En entend par "protection solaire," l'ensemble des paramètres qui ont pour effet de contrôler les échauffements dus aux apports solaires, par les ouvertures ou les parois opaques. La puissance moyenne pendant une durée déterminée est définie comme suit ³⁴:

$$Puissance\ solaire\ transmise = E_s \cdot f_t \cdot A_v \cdot S$$

E_s : puissance solaire incidente sans obstacle (W/m²). A_v : surface de la paroi considérée (m²)

f_t : transmission des masques (sans dimensions). S : facteur solaire de la paroi considérée (sans dimensions).

³⁴Jean-robert MILLET. Architectures d'été. Construire pour le confort d'été.2009.

II.2.4.2 Inertie thermique

Quelle que soit la saison, la forte inertie d'un bâtiment, en contribuant à atténuer les fluctuations de température dans les locaux, est une source de confort car elle permet d'éviter les surchauffes comme les chutes trop brutales de température.

En été, elle sera toujours un moyen efficace pour maintenir des températures relativement fraîches à l'intérieur à condition qu'elle soit associée à des moyens efficaces de protection solaire et à un rafraîchissement des structures pendant la nuit.

En hiver le bénéfice de l'inertie sera inverse et permettra de profiter pleinement des apports solaires des belles journées : plutôt que de limiter les surfaces captatrices par crainte de souffrir de surchauffes aussitôt que le soleil donne, on ouvrira la maison à cette énergie gratuite que l'on emmagasinera dans des masses qui la restitueront en soirée, la nuit, ou durant les périodes sans soleil³⁵.

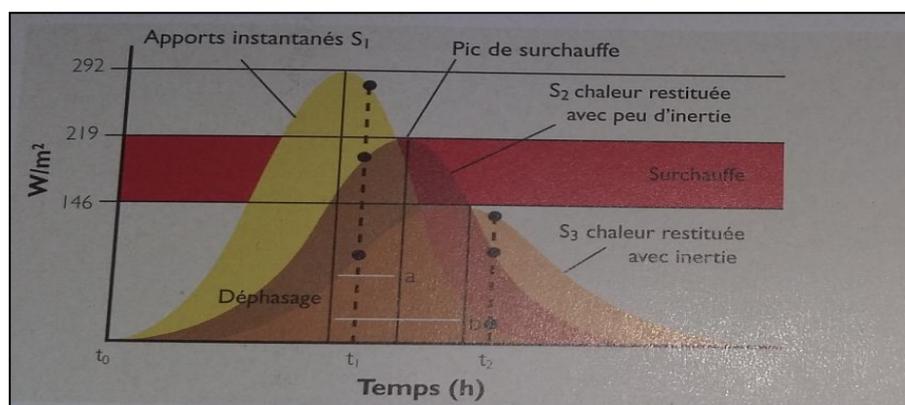


Fig 5. II. Comparaison des réactions d'un bâtiment à inertie faible et d'un bâtiment à inertie forte face aux apports solaires.

(Source : Alain CHATELET, Pierre FERNANDEZ, Pierre LAVIGNE)

Valeur	Observation
Surface jaune S1	L'évolution dans le temps de l'apport solaire
Surface S2	La réponse dans le temps du local à faible inertie
Surface S3	Celle du local à forte inertie
Temps t1	Le rayonnement solaire direct est intense et la chaleur restituée par le local à faible inertie est importante alors que celle restituée par le local à forte inertie est réduite
Temps t2	Le rayonnement solaire est faible, la chaleur restituée par le local à faible inertie est faible alors que celle restituée par le local à forte inertie est importante

Table 2. II. Comparaison des réactions d'un bâtiment à inertie faible et d'un bâtiment à inertie forte face aux apports solaires.

(Source : Alain CHATELET, Pierre FERNANDEZ, Pierre LAVIGNE)

³⁵Alain CHATELET, Pierre FERNANDEZ, Pierre LAVIGNE. Architecture climatique une contribution au développement durable. Tome 2 : Concepts et Dispositifs. 1998

D'après cette comparaison on a constaté qu'avec une inertie forte, il n'y a pas de surchauffe et l'on bénéficie d'une réserve de chaleur pour les heures sans soleil, donc l'inertie a un double effet³⁶:

- Amortir l'amplitude de l'onde thermique instantanée ;
- Déphaser sa restitution dans le temps.

II.2.5 Le Confort thermique

Le confort est défini comme le niveau de satisfaction ressenti dans un lieu. La notion est complexe car elle fait intervenir des sensations personnelles qui peuvent varier d'une personne à l'autre. Une partie importante de cette notion dépend de la température ou plus précisément, du bien-être thermique. Les autres aspects concernent l'humidité et la qualité de l'air la lumière naturelle en fonction des besoins, le bruit et les odeurs.

Confort d'été : aptitude de bâtiment à conserver la fraîcheur en été.

Confort d'hiver : aptitude de bâtiment à conserver la chaleur en hiver³⁷.

II.2.5.1 Les aspects du confort thermique

Les interactions entre l'homme et l'environnement se déroulent selon les trois mécanismes suivants ³⁸:

- L'aspect physique : concerne les différents transferts de chaleur entre l'homme et l'environnement.
- L'aspect physiologique : s'intéresse au fonctionnement des récepteurs sensoriels et comment l'information est intégrée.
- L'aspect psychologique : est l'interaction entre les caractéristiques physiques de l'environnement et leurs résultantes sensorielles chez l'individu.

II.2.5.2 Les paramètres de confort thermique

La sensation thermique dépend d'influences liées à l'ambiance (température sèche de l'air, température moyenne de rayonnement, vitesse de circulation d'air, humidité ambiante) et à l'individu (activité, isolation due aux vêtements)³⁹.

³⁶Alain CHATELET, Pierre FERNANDEZ, Pierre LAVIGNE. *Op.cit.*

³⁷Guide de l'eco-construction . www.cc-decazeville-aubin.fr

³⁸Samuel GOURGEY et Jean-Pierre OLIVIA. La conception bioclimatique : En neuf et en réhabilitation.

³⁹Samira BELLARA. Mémoire de magister Option : architecture bioclimatique. « Impact de l'orientation sur le confort thermique intérieur dans l'habitation collective. Cas de la nouvelle ville Ali Mendjeli Constantine ». 2004-2005

- **Paramètres liés à l'ambiance extérieure**

La température de l'air ambiant: appelé aussi la température ambiante (T_a), est un paramètre essentiel du confort thermique. Elle intervient dans l'évaluation du bilan thermique de l'individu au niveau des échanges convectifs, conductifs et respiratoires. Dans un local, la température de l'air n'est pas uniforme, des différences de températures d'air se présentent également en plan à proximité des surfaces froides et des corps de chauffe⁴⁰.

La réglementation générale française pour la protection du travail (RGPT)⁴¹, impose des valeurs de référence pour les températures de l'air. Les valeurs sont calculées pour une température moyenne de surface des parois inférieure de 2°C à la température de l'air⁴².

La température des parois (T_p): de façon simplifiée, on définit une température de confort ressentie (appelée aussi température résultante sèche ou température opérative) qui tient compte de la température des parois : $Trs = (T_a + T_p)/2$ ⁴³.

La vitesse de l'air: ce paramètre influence les échanges de chaleur par convection. En pratique, dans un bâtiment, les vitesses de l'air ne devraient pas dépasser les 0,2 m/s. En effet, l'individu commence à ressentir le mouvement de l'air à cette vitesse, et les concepteurs de systèmes de ventilation mécanique essaient donc de ne pas la dépasser. En ventilation hygiénique naturelle des logements, il est plus difficile d'assurer des vitesses d'air, vu l'influence du vent et des températures sur les déplacements d'air. Dans le cas de ventilation naturelle, un dimensionnement correct des aérateurs et des cheminées est censé éviter les courants d'air trop importants. Certains aérateurs de châssis sont de plus autorégulants en fonction de la force du vent, ce qui est une sécurité complémentaire⁴⁴.

L'humidité relative de (HR): c'est le rapport exprimé en pourcentage entre la quantité d'eau contenue dans l'air à la température T_a et la quantité maximale d'eau pouvant être contenue à la même température lorsque l'air est saturé²⁰.

- **Paramètres liée à l'occupant**

L'activité: l'activité est un paramètre essentiel pour la sensation thermique de l'individu, définissant directement le métabolisme de l'individu, c'est à dire la quantité de

⁴⁰IBGE (Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement). Redéfinir la notion de confort thermique, février 2007. Guide pratique pour la construction et la rénovation durables de petits bâtiments recommandation pratique CSS13.

⁴¹RGP(La Réglementation Générale Française pour la Protection du Travail)

⁴²Ibid.

⁴³Ibid.

⁴⁴Ibid.

chaleur produite par le corps humain. Dans le cas d'une très forte activité, elle peut être responsable de sensations d'inconfort chaud, même en présence de conditions météorologiques très favorable⁴⁵.

La vêtue (L'habillement) ; les vêtements permettent de créer un microclimat, à travers leurs résistances thermiques, en modifiant les échanges de chaleur, entre la peau et l'environnement⁴⁶.

- **Paramètres liée aux gains thermiques internes**

Les apports internes comprennent donc, toute quantité de chaleur générée dans l'espace par des sources internes autres que le système de chauffage⁴⁷.

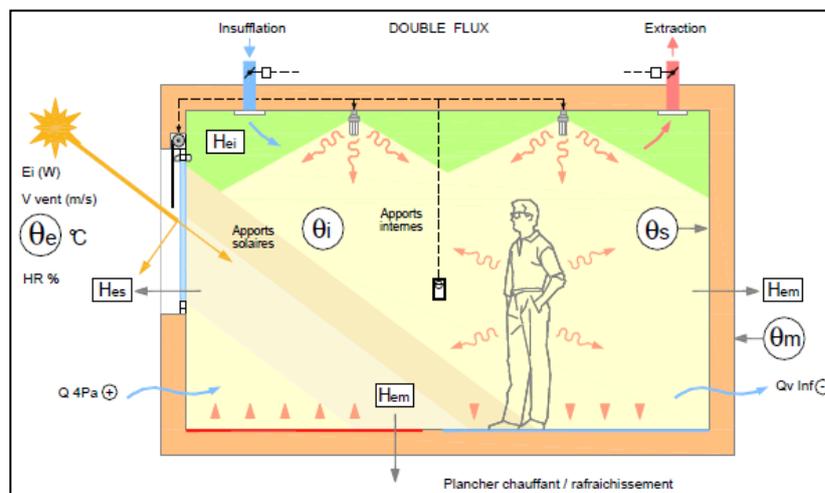


Fig 6. II. Les apports internes dans le bâtiment.
 (Source : Christian CARDONNEL, CARDONNEL Ingénierie.
 Pour une réglementation énergétique équilibrée. 2010)

II.2.5.3 Le facteur de l'inconfort thermique

Malgré la réalisation d'un confort thermique global, des zones d'inconforts sont susceptibles d'être observées dans les bâtiments. Un environnement thermique inégal peut être la source d'inconfort pour certaines parties du corps⁴⁸.

Effet des courants d'air : la perception du courant d'air dépend de la vitesse de l'air, de la température de l'air, de la zone du corps concernée. La norme recommande une vitesse

⁴⁵IBGE. *op.cit.*

⁴⁶*Ibid.*

⁴⁷*Ibid.*

⁴⁸Corinne, M. « Travail à la chaleur et confort thermique ». Les notes scientifiques et techniques de l'INRS, NST 184, décembre 1999.

d'air moyenne inférieure à 0,15 m/s en hiver et à 0,25 m/s en été lors d'un travail sédentaire⁴⁹.

Effet de la température du sol et parois : la différence entre différentes zones de la pièce (horizontal, et en hauteur) et l'asymétrie du rayonnement due à la présence d'une paroi chaude ou froide telle qu'un plafond ou un vitrage chaud ou froid, sont des autres facteurs influents le confort thermique. Pour chaque facteur du confort l'habitat sain propose les valeurs suivantes⁵⁰ :

- Température des murs : $22 \pm 2^{\circ}\text{C}$
- Humidité relative entre 30 et 70%
- Température du sol : 19 à 24°C
- Vitesse de l'air : inférieure à 0,20 m/s
- Différence de température entre deux murs d'une même pièce doit être inférieure à 10°C
- Différence de température entre le sol et le plafond doit être inférieure à 5°C

II.2.5.4 Les stratégies bioclimatiques pour améliorer le confort thermique

- **Le confort d'été**

Pour obtenir un confort thermique satisfaisant en été, il faut se protéger des apports solaires trop importants et minimiser les surchauffes. Il ne faut pas que les dispositions prises pour le confort d'hiver deviennent une source d'inconfort en été⁵¹.

Les aménagements utiles pour profiter et se protéger du rayonnement solaire :

La véranda : sa réalisation doit être prise en compte dès la conception de la maison. Elle forme un espace tampon qui a pour fonctions de capter la chaleur, de la piéger et de la distribuer en hiver⁵².

Se protéger du soleil : pour exploiter la chaleur du soleil en hiver tout en évitant les surchauffes en été, des masques et des protections solaires sont indispensables. Ces derniers augmentent le pouvoir isolant des fenêtres et contrôlent l'éblouissement. Ils peuvent être fixes, comme les porches et auvents, ou amovibles comme les stores et persiennes. La végétation à feuilles caduques fournit des zones d'ombrage et forme un écran face au vent⁵³.

⁴⁹Deoux, S, « Le guide de l'habitat sain », Andorra: édition medieco, Avril 2002, p.211

⁵⁰Samira BELLARA. Mémoire de magister Option : architecture bioclimatique. « Impact de l'orientation sur le confort thermique intérieur dans l'habitation collective. Cas de la nouvelle ville Ali Mendjeli Constantine ». 2004-2005.

⁵¹*Ibid.*

⁵²*Ibid.*

⁵³*Ibid.*

- **Le confort d'hiver**

Pour profiter au maximum des apports solaires passifs, l'architecture bioclimatique remplit les fonctions suivantes : capter, stocker, distribuer et réguler la chaleur⁵⁴.

Capter la chaleur : l'enveloppe du bâtiment a un rôle de conservateur mais aussi de capteur. Comme dans une serre, les rayons du soleil sont captés grâce aux surfaces vitrées. Ceux-ci atteignent les murs, le mobilier et les sols qui sont réchauffés en fonction de leurs couleurs. La chaleur est emprisonnée et redistribuée dans la maison. L'orientation joue un rôle très important⁵⁵.

Stocker la chaleur : pour qu'une habitation bioclimatique ait le meilleur rendement possible, il faut que⁵⁶:

- l'architecture et l'agencement des pièces soient adaptés ;
- le bâtiment soit isolé de manière optimale, étanche à l'air ;
- les matériaux de construction soient lourds et massifs afin de stocker la chaleur.

Dans les climats tempérés, l'inertie du bâtiment, autrement dit sa capacité à garder la chaleur, doit être importante pour pouvoir profiter au mieux de l'énergie solaire passive c'est le rôle conservateur de l'enveloppe⁵⁷.

Distribuer la chaleur : une fois la chaleur captée et emmagasinée, il faut la restituer. Pour cela, l'aménagement de la maison est très important⁵⁸.

Réguler la chaleur : la régulation est assurée de manière passive par l'inertie thermique des matériaux et par la ventilation⁵⁹.

⁵⁴IBGE (Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement). Redéfinir la notion de confort thermique. février 2007. Guide pratique pour la construction et la rénovation durables de petits bâtiments recommandation pratique CSS13.

⁵⁵*Ibid.*

⁵⁶*Ibid.*

⁵⁷*Ibid.*

⁵⁸*Ibid.*

⁵⁹*Ibid.*

II.3 L'ARCHITECTURE VERNACULAIRE

Le mot vernaculaire provient du latin *vernaculus* qui signifie « indigène, domestique », et *verna* fait plus particulièrement référence aux « esclaves nés dans la maison ». Le mot vernaculaire est donc employé pour qualifier quelque chose de propre à un pays et/ou à une population.

L'expression « architecture vernaculaire » est utilisée depuis les années 1980 en France, sous l'influence de l'anglais « vernacular architecture ». Cette expression désigne un type d'architecture propre à une aire géographique, un terroir et à ses habitants. Il s'agit d'architecture fortement influencée par le contexte local, les traits culturels et l'impact des milieux physiques. Au carrefour de la nature et de la culture, le bâti vernaculaire est étonnamment divers puisque qu'il naît du sol et des ressources de la région où il se développe, tout en s'adaptant à l'ensemble de ses contraintes.

L'architecture vernaculaire, définie comme étant l'architecture des gens, l'architecture sans architecte, faisant appel aux matériaux disponibles sur place et mettant en œuvre des techniques traditionnelles⁶⁰.

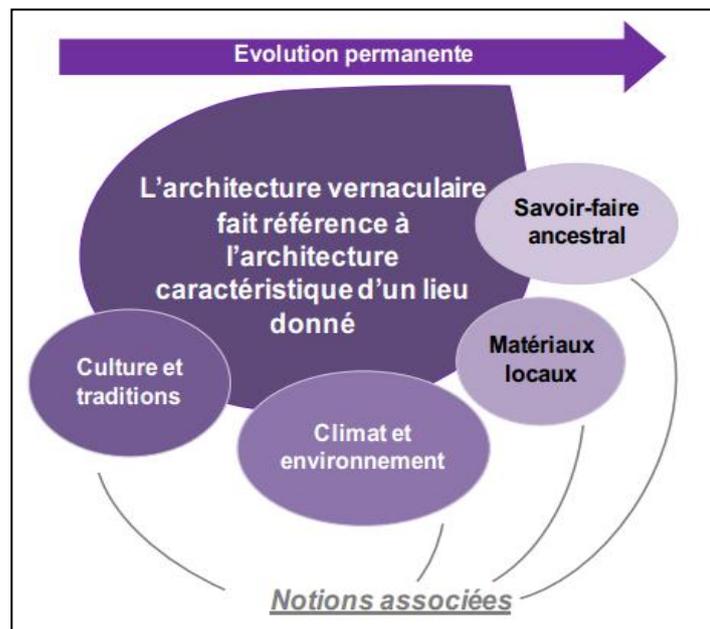


Fig 7. II. Les notions associées au concept de bâti vernaculaire

⁶⁰NOMADÉIS. Rapport Bâti vernaculaire et développement urbain durable. Mai 2012

II.3.1 L'architecture vernaculaire et son lien avec la notion de durabilité.

L'architecture vernaculaire est abordée dans un contexte marqué par un souci environnemental et écologique où elle est qualifiée « d'une leçon de construction durable », car elle favorise l'intégration au site, l'exploitation des ressources locales, l'ingéniosité des solutions climatiques à moindre coût, en outre cette architecture prend en compte la dimension culturelle et sociale⁶¹.



Fig 8. II. Architectures vernaculaires en terre
(Source : site web : www.icomos.org)

II.3.2 Architecture vernaculaire et bioclimatisme

Les architectures vernaculaires des pays du Sud recèlent des enseignements sur l'adaptation naturelle au climat qui n'ont rien perdu de leur actualité, alors qu'aujourd'hui la climatisation comme le chauffage ou l'éclairage des logements se font bien souvent de manière artificielle. Que ce soient des procédés de ventilation, de bris de lumière ou des dispositions optimales des pièces selon un ordre mûri au fil des temps, les exemples de techniques ne manquent pas et fournissent des pistes architecturales qui aujourd'hui sont malheureusement délaissées.

⁶¹Ouvrage collectif, La construction durable, Actes du colloque à l'université Saint-Esprit de Kaslik, Liban, Éd. Université Saint-Esprit de Kaslik, 2007, p287.

Ainsi, dans les vieux quartiers de Bagdad, les anciennes habitations déploient une science bioclimatique fascinante d'adaptation au climat chaud et sec. Entre autres procédés, les *bagdirs* (ou tours à vent) jouent sur les pressions et les dépressions pour rafraîchir l'intérieur des logements en captant les brises extérieures. Ces tours à vent s'ajoutent à la disposition architecturale tournée toute entière vers la régulation thermique des bâtiments, qui permet de maintenir une relative fraîcheur intérieure quand il fait 50°C dans les rues.

De même, dans les régions au climat chaud et humide, bien des constructions traditionnelles sont conçues dans une optique de ventilation optimale à travers les parois et de protection contre la pluie. La disposition de l'habitat (comme souvent aussi la disposition des habitats entre eux) épouse les contraintes des vents dominants et des pluies fréquentes. En témoignent les fameuses toitures légères, avec avant-toit et couverture végétale, que l'on retrouve sous différentes formes aussi bien en Colombie qu'en Indonésie. Plus encore, dans les régions tropicales et subtropicales, où l'air est rare, tout est mis en œuvre pour que le moindre souffle soit capté et utilisé⁶².

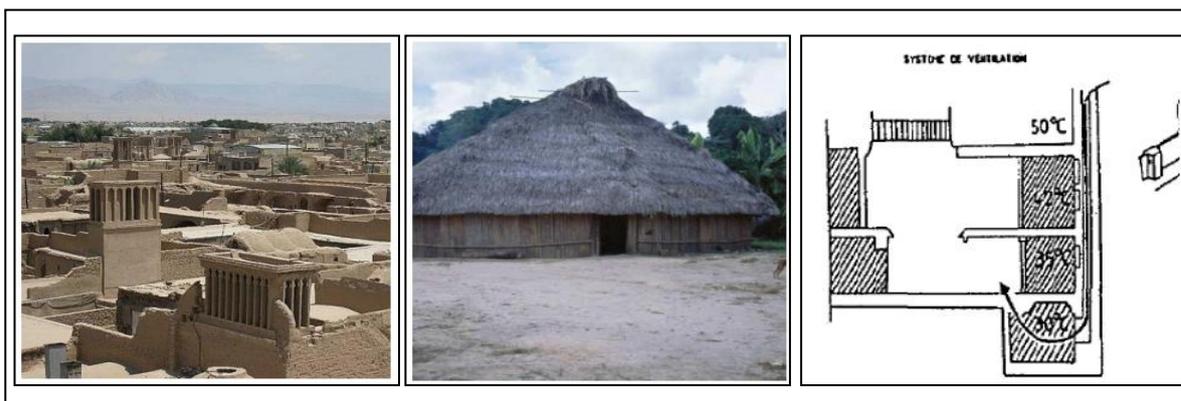


Fig 9. II. Bagdirs à Yazd (Iran), Habitation Maloca au Brésil, Coupe d'habitation à Bagdad, avec paliers de température

(Source : site web : www.icomos.org)

II.3.3 Regard sur l'architecture vernaculaire ; dispositifs et concepts

La maîtrise du climat au niveau de l'ensemble de la maison peut mobiliser de concert plusieurs dispositifs d'adaptation climatique. Selon la définition du dictionnaire Larousse, un dispositif est l'ensemble de pièces constituant un appareil ou l'ensemble de mesures, de moyens mis en œuvre dans un but déterminé. L'architecture vernaculaire offre

⁶²Alain CHATELET, Pierre FERNANDEZ, Pierre LAVIGNE. Architecture climatique une contribution au développement durable. Tome 2 : Concepts et Dispositifs. 1998

des exemples de systèmes architecturaux destinés à améliorer le confort thermique dans le bâtiment.

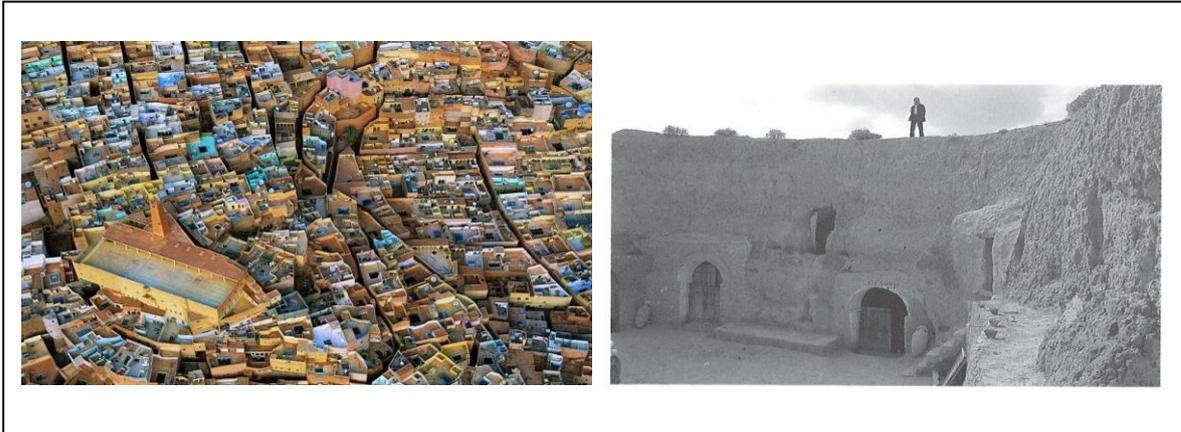


Fig 10.II. ksour au sahara Algerienne, Habitat troglodytique de la région de Matmata (Tunisie)
(Sources : OPVM, JEAN-Robert Millet. Architectures d'été Construire pour le confort d'été.2009)

II.3.3.1 Les dispositifs d'amélioration du confort thermique

L'environnement correspond à l'entourage naturel proche qui détermine la forme de la maison vernaculaire en relation au confort thermique. Ainsi la forme de la maison est considérée comme une stratégie de protection face à un environnement donné.

Les concepts et les dispositifs de l'architecture vernaculaire varient selon les systèmes ou stratégies d'adaptation climatique et au site.

- **Le patio**

Le patio caractérise un type d'habitat plutôt urbain que rural. Il serait possible de différencier le patio de la cour par une position plus centrale, par un rôle fonctionnel plus complexe et surtout socialement comme un lieu d'habitation et de vie familiale. La cour est surtout un lieu de passage.

Principes et fonctionnement : la configuration spatiale du patio en forme de cuvette génère une sorte de microclimat. L'air frais qui s'y rassemble la nuit repousse l'air chaud vers le haut, autrement dit vers l'extérieur. Le rayonnement du sol vers le zénith renforce alors la baisse de température. Ainsi, l'été, une température agréable est conservée pendant un long moment, d'autant plus que la cour est protégée de l'ensoleillement une bonne partie de la journée grâce aux ombres portées des murs périphériques. Enfin l'effet «cuvette » assure une protection des vents.

Les proportions en hauteur, en longueur et en largeur du patio peuvent renforcer ses particularités climatiques permanentes en assurant davantage d'ombre ou de d'ensoleillement selon un rythme journalier ou saisonnier. Il arrive que les étages

supérieurs disposent de plus larges fenêtres que le rez-de-chaussée. Le sol même du patio peut comporter suivant les cas des proportions variables de minéral, de végétal et d'eau dont les contributions en termes d'humidité d'évaporation et d'ombre ne sont pas négligeables⁶³.

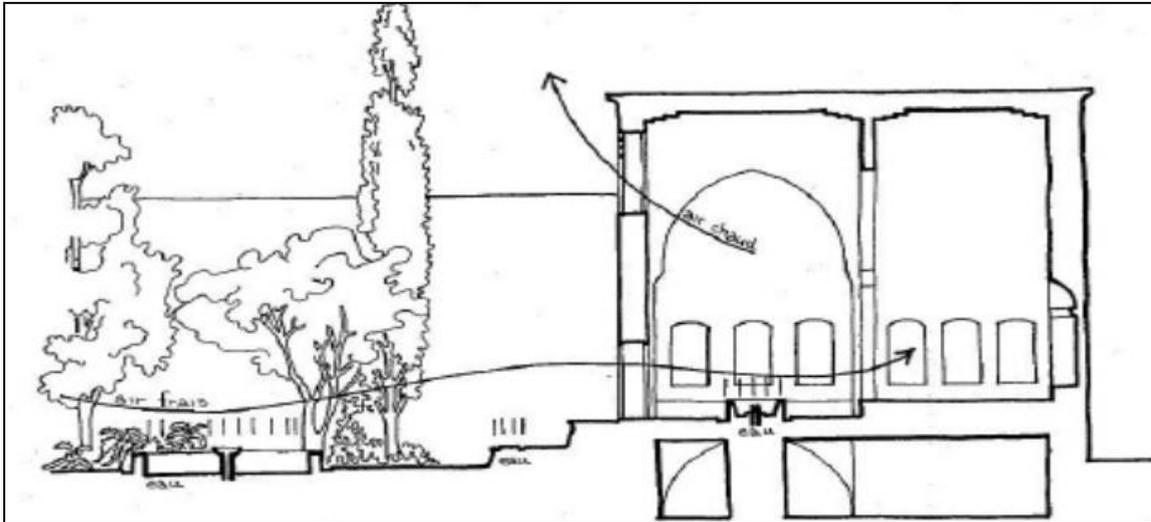


Fig 11. II. Ventilation depuis l'entree et patio. (Damas)

(Source : Les maisons à patio. Continuités historiques, adaptations bioclimatiques et morphologies urbaines. Theme 20. Session 1).

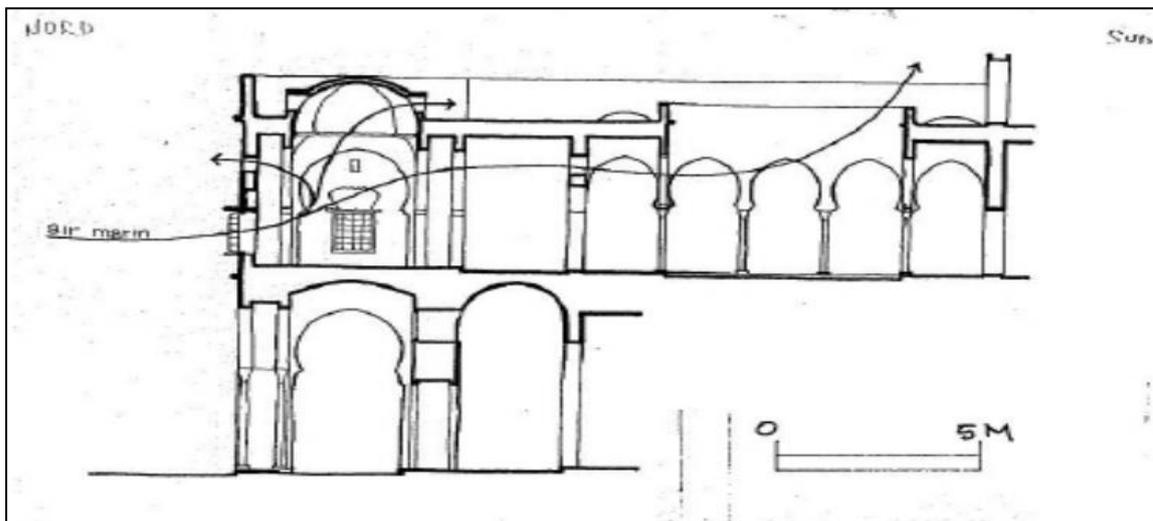


Fig 12. II. Ventilation depuis les fenestres et patio. (Alger)

(Source : Les maisons à patio. Continuités historiques, adaptations bioclimatiques et morphologies urbaines. Theme 20. Session 1).

⁶³Les maisons à patio. Continuités historiques, adaptations bioclimatiques et morphologies urbaines. Theme 20. Session 1. Samir ABDULAC. Vice-président d'ICOMOS France. abdulac@wanadoo.fr

Les caractéristiques d'un patio sont très diverses. Sa conception architecturale traditionnelle témoigne d'un savoir-faire accumulé au fil des siècles par la société et les constructeurs d'une ville ou d'une région donnée. Ils s'expriment d'ailleurs non seulement au niveau du patio lui-même, mais aussi dans ses rapports avec les espaces adjacents auxquels il est lié⁶⁴.

- **La galerie**

Un élément de composition architecturale joue un rôle de brise soleil ou de protection permettant une circulation latérale abritée le long du patio, dans le cas d'un climat pluvieux de pays du Maghreb.

De très grandes maisons marocaines peuvent disposer des galeries au bord d'un wast al dar (central et minéral) et ou sur le long d'un Riyad (plus grand, latéral et plutôt végétal)⁶⁵.

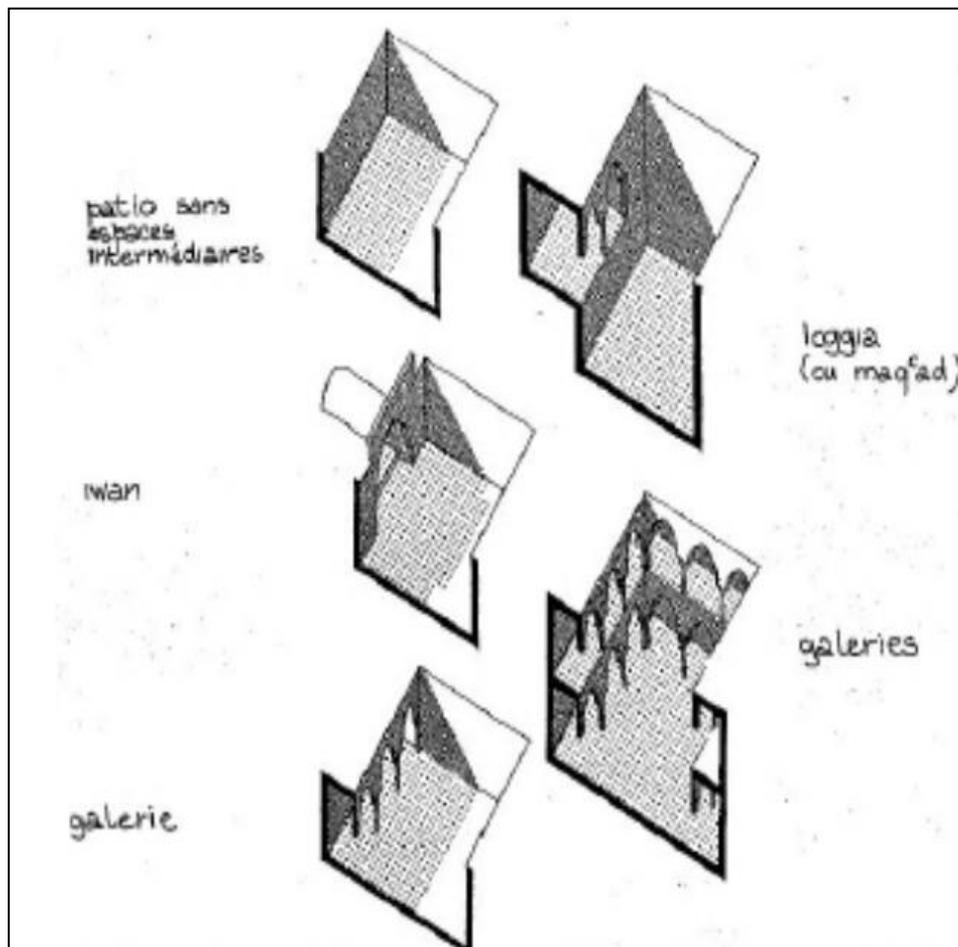


Fig 13. II. Deferentes configurations des galeries et ambrifcation de patio
 (Source : Les maisons à patio. Continuités historiques, adaptations bioclimatiques et morphologies urbaines. Theme 20. Session 1).

⁶⁴Les maisons à patio.*op.cit.*

⁶⁵*Ibid.*

- **Malqafs**

Ce sont les capteurs de vent, employés notamment au Moyen-Orient, son principe de fonctionnement est double : capter à une hauteur suffisante pour échapper aux poussières et avoir une vitesse d'air suffisante pour générer un flux, puis l'humidifier pour le refroidir par évaporation. Cela se fait au moyen d'échangeurs « déflecteur », où l'eau s'écoule en cascade à travers des mailles métalliques et des bacs remplis de charbon de bois. Dans certains cas, le système peut être complété par un bassin avec ruissellement « *salsabil* ». Des jarres en terre cuite peuvent y être disposées à la fois pour refroidir l'eau contenue et l'air entrant⁶⁶.

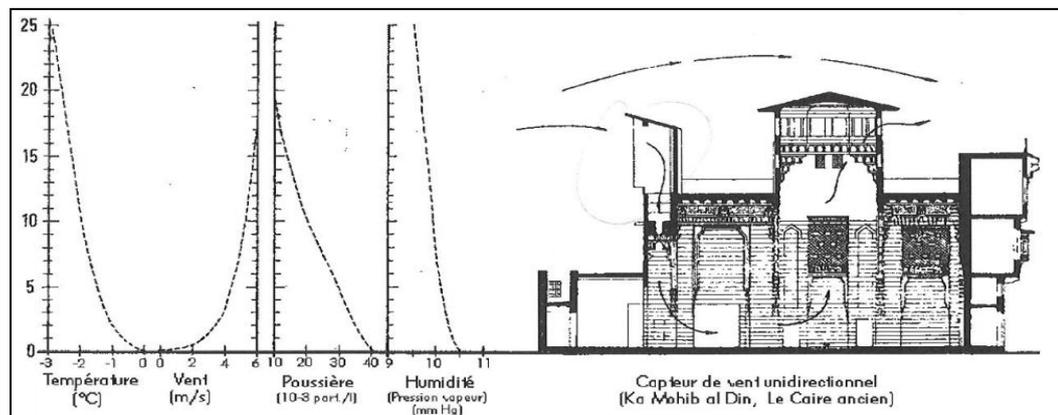


Fig 14.II. Capteurs de vent unidirectionnels au Caire :
 Les diagrammes montrent l'état de l'air au niveau du capteur.
 (Source : Jean-Robert MILLET. Architectures d'été Construre pour le confort d'été.2009)

Dans d'autres pays, les « tours à vent » (*badgir*) se substituent aux *malqafs*: elles sont visibles au Caire, à Oman Muscat, à Bagdad, à Dubaï ou Hyderabad (Pakistan). Elles peuvent être associées elles aussi à des procédés d'humidification de l'air. Leur efficacité est comparable à celle d'un évaporateur « actif ».

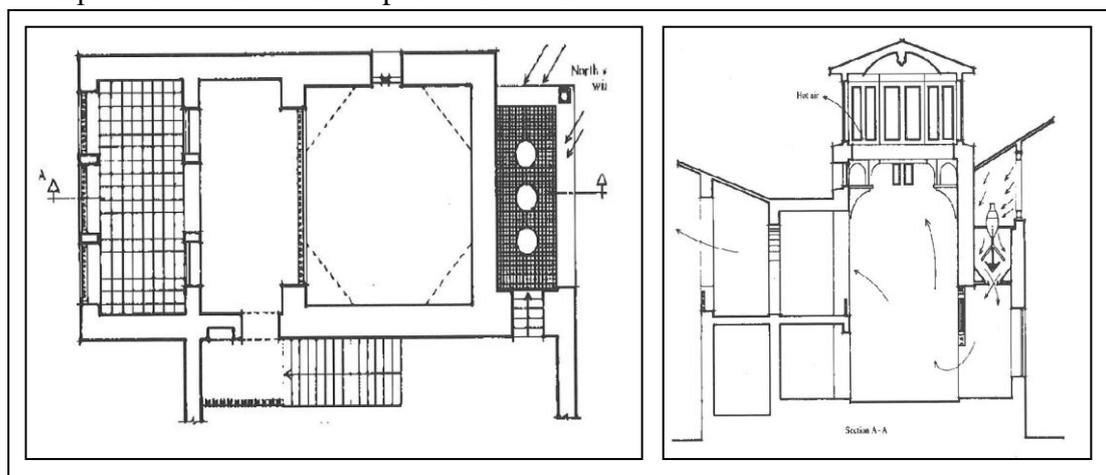


Fig 15. II. Exemple de « Malqaf » coupe et plan d'un malqaf avec un procédé d'humidification (déflecteur) pour climat chaud et aride.
 (Source : Jean-Robert MILLET. Architectures d'été Construre pour le confort d'été.2009)

⁶⁶Jean-Robert MILLET. Architectures d'été Construre pour le confort d'été.2009.

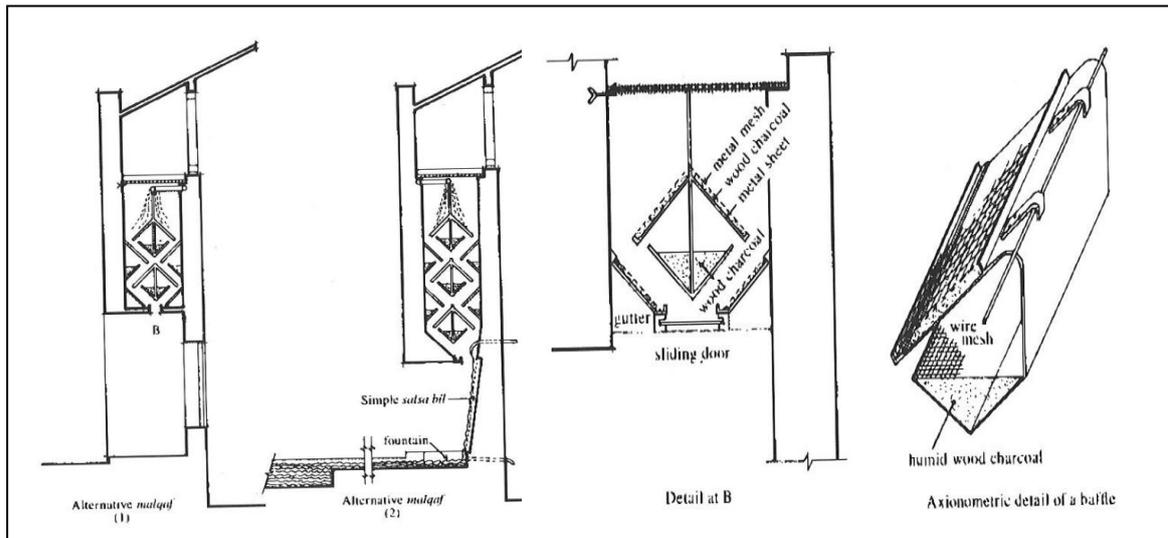


Fig 16. II. Variantes et détail de déflecteur humidificateurs composant les malqafs.
(Source : Hassan FATHY. Construire avec le peuple)

Principe de tour à vent en Iran : l'air est capté, passe par un tunnel, traverse éventuellement une épaisseur d'eau (fontaine) et est distribué dans les pièces. Ce système est à rapprocher avec le « puits canadien ».

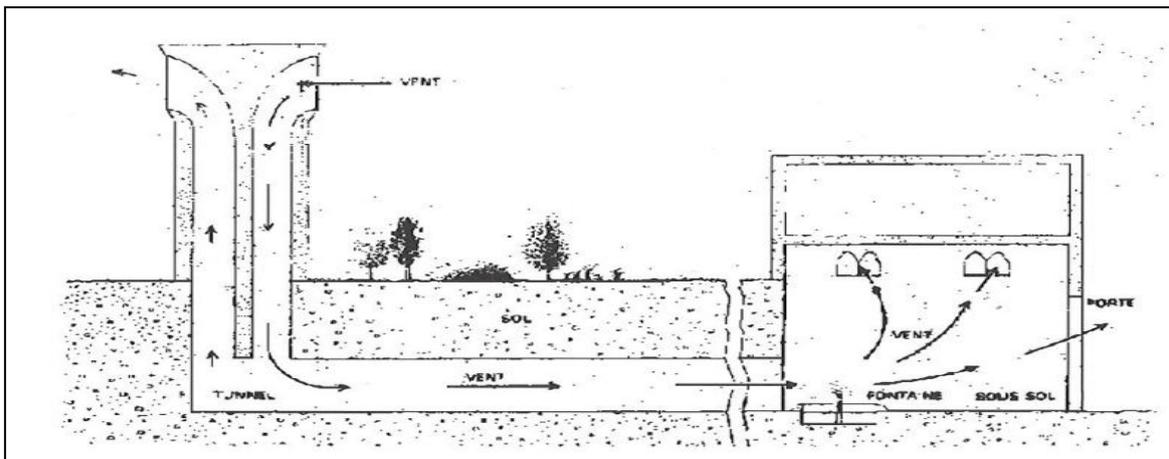


Fig 17. II. Tour à vent associé à tunnel (passage humide)
(Source : Jean-Robert MILLET. Architectures d'été Construire pour le confort d'été.2009)

- **Moucharabieh**

Un dispositif permettant d'observer sans être vu, constituer généralement de petits éléments en bois suivant une géométrie souvent complexe. Le moucharabieh permet de gérer le niveau d'éclairage et par la suite il conduit l'ensoleillement pendant le jour dont le rayonnement solaire direct est fractionné en micro-taches moins agressive pour l'œil, et la ventilation peut être maintenue.

Les moucharabiehs (pour emprunter le terme du grec et égyptien) sont des écrans à claire-voie de grande dimension, cloisonnant les éléments constructifs généralement en saillie des bâtiments. Ils ont été réalisés, suivant les pays, les époques et les degrés de sophistication de la construction, en maçonnerie (pierre tendre ou plâtre découpé) ou en bois, ce qui leur assigne évidemment des propriétés thermiques légèrement différentes.

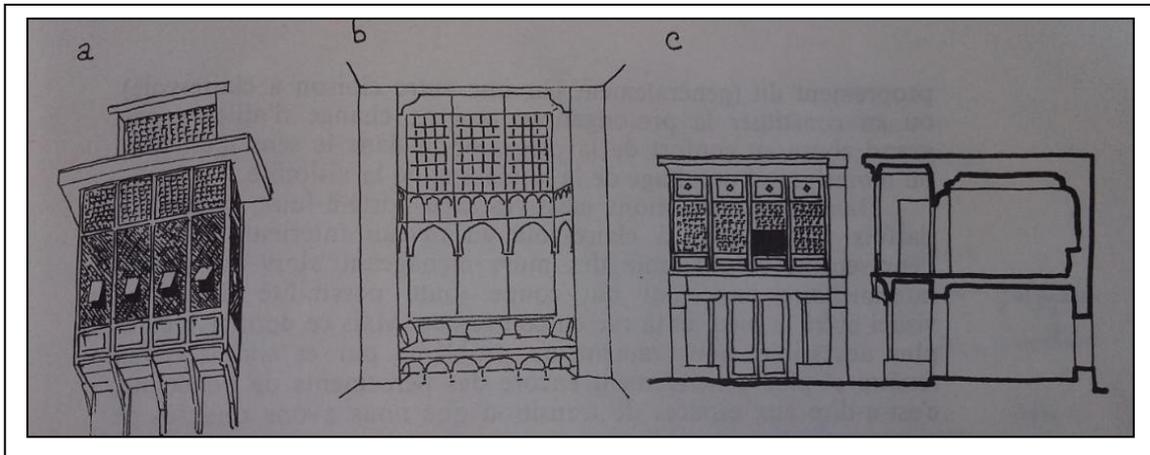


Fig 18. II. La protection des ouvertures
(a et b) moucharabieh, (c) maison urbain en Ouzbékistan
(Source : Jean-Robert MILLET. Architectures d'été Construre pour le confort d'été.2009)

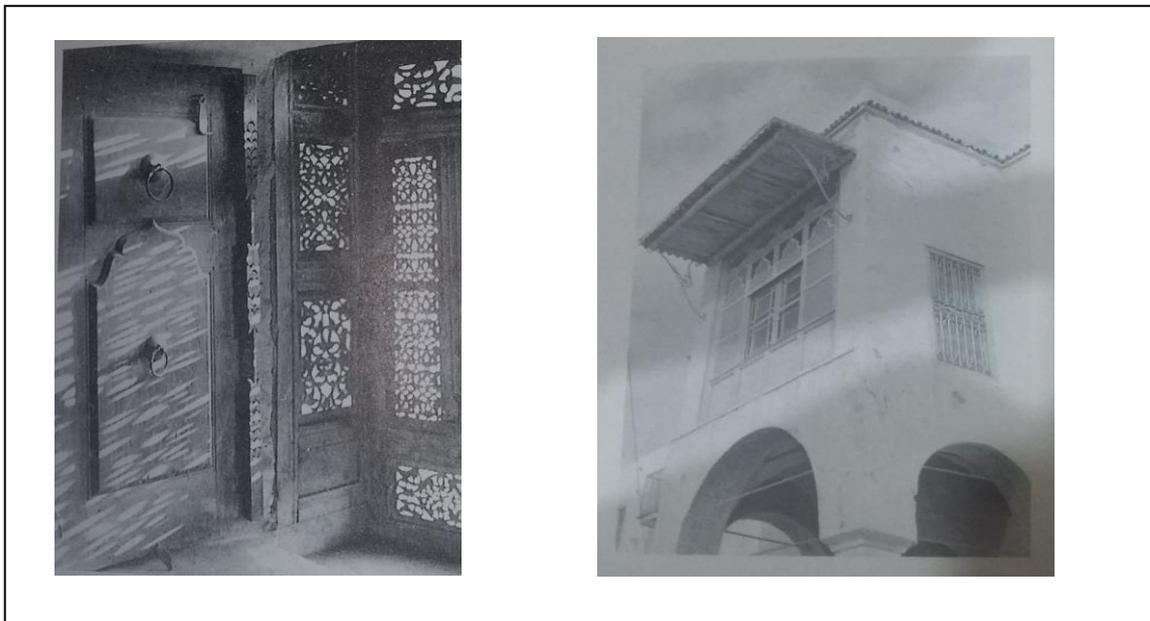


Fig 19. II. Le « Kushk » remplace le moucharabieh au Yémen (Dar jadid)
à gauche, Effet d'auvent sur un moucharabieh de la région de Tunis à droite
(Source : Hassan FATHY. Construire avec le peuple)

- **Le contrôle de l'ensoleillement**

Le contrôle de l'ensoleillement est souvent matérialisé par des schémas en coupe selon un axe Nord-Sud avec soleil à midi.

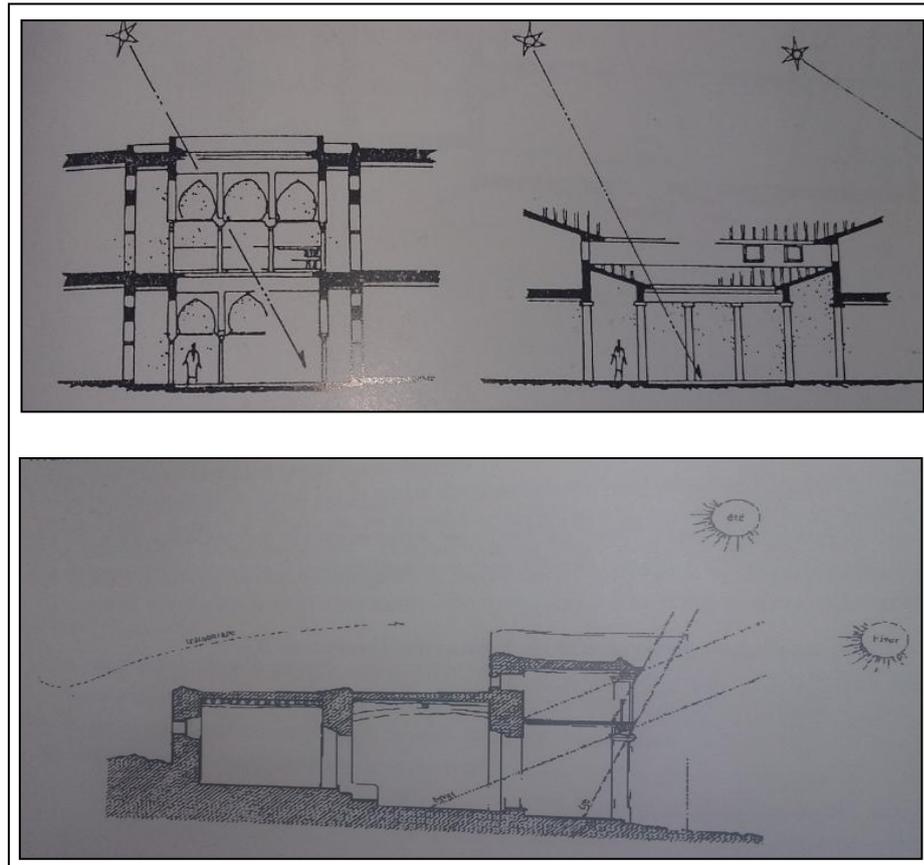


Fig 20. II. Contrôle de l'ensoleillement

(Source : Jean-Robert MILLET. Architectures d'été Construire pour le confort d'été.2009)

La gestion de la ventilation par les différentes configurations des coupoles dans le cas de M'Zab en Algérie.

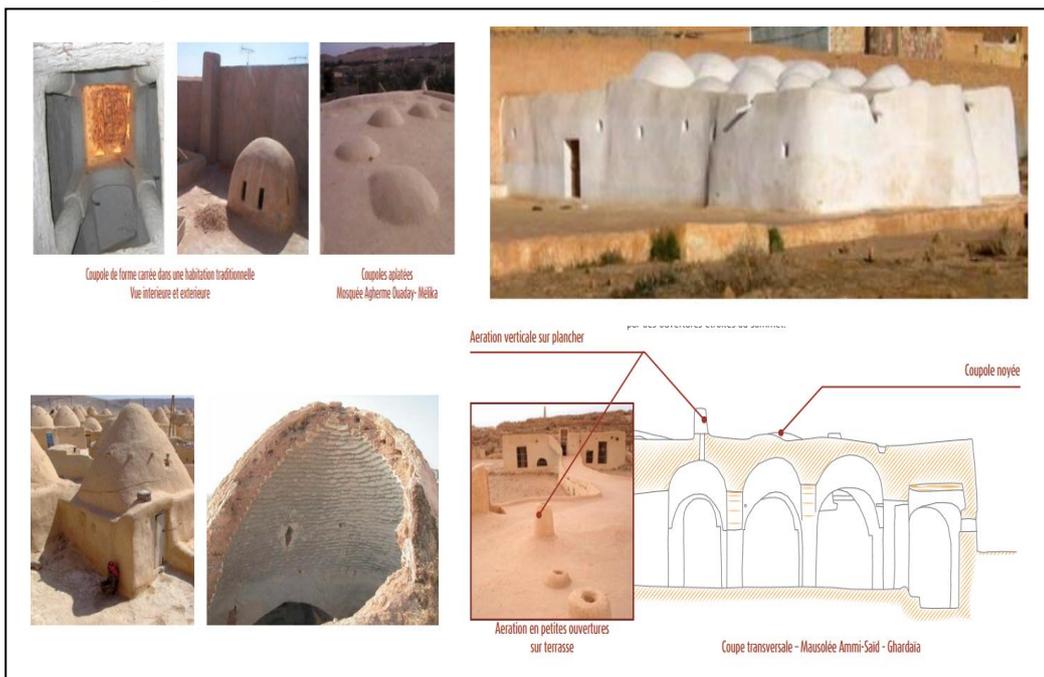


Fig 21. II. La coupole dans l'architecture de m'zab

(Source : OPVM. Types de plancher dans les constructions traditionnelles dans la vallée du M'zab)

II.3.3.2 L'habitation traditionnelle de M'Zab

La vallée du M'Zab se caractérise par une topographie et un climat saharien spécifiques qui ont grandement influé sur la typologie de fondation des ksour. C'est la raison pour laquelle on trouve des ksour construits sur les pitons des collines, en dehors de la cour de l'Oued M'Zab, tout en préservant le peu des terres agricoles disponibles. L'ensemble des ksour sont judicieusement orientés pour bénéficier d'un maximum d'ensoleillement en hiver et d'ombrage en été. Par ce même système d'orientation, il est assuré une protection contre les vents froids venant du Nord-est et les vents dominants du Nord-ouest accompagnés, selon les saisons, des vents de sable.

Les habitations sont mitoyennes et s'organisent le long de ruelles très étroites. La seule façade ouverte sur l'extérieur est constituée par la toiture, cette disposition augmente l'inertie et minimise l'exposition des maisons au soleil et vent et favorise l'ombre dans la période chaude. Au M'Zab, la forme est acceptée comme une conséquence logique des moyens de constructions mis en œuvre et potentiels de site, de l'agencement de la maison, et des maisons entre elles.



Fig 22. II. Vue aérien sur le tissu traditionnel de M'Zab
(Source :site web : www.google.com)

Les matériaux

Parmi les matériaux de construction, on rencontre la pierre utilisée en blocs grossiers et non taillés, la brique crue en terre mouillée et paille, séchée au soleil, le sable argileux, utilisé comme mortier, le *timchent*, plâtre traditionnel, obtenu à partir du gypse local, le plâtre industriel fabriqué dans une usine à une dizaine de kilomètres de Ghardaïa, la chaux

et enfin le palmier, arbre sacré utilisé exclusivement après sa mort. Tous les composants du palmier sont utilisés : son tronc pour les poutres et les menuiseries, la palme et surtout la nervure principale pour cintrer les arcs ou pour les lattis, la gaine pour créer des appuis. Les arcs des mozabites étant réalisés avec des âmes de palme, ils sont tordus et irréguliers.

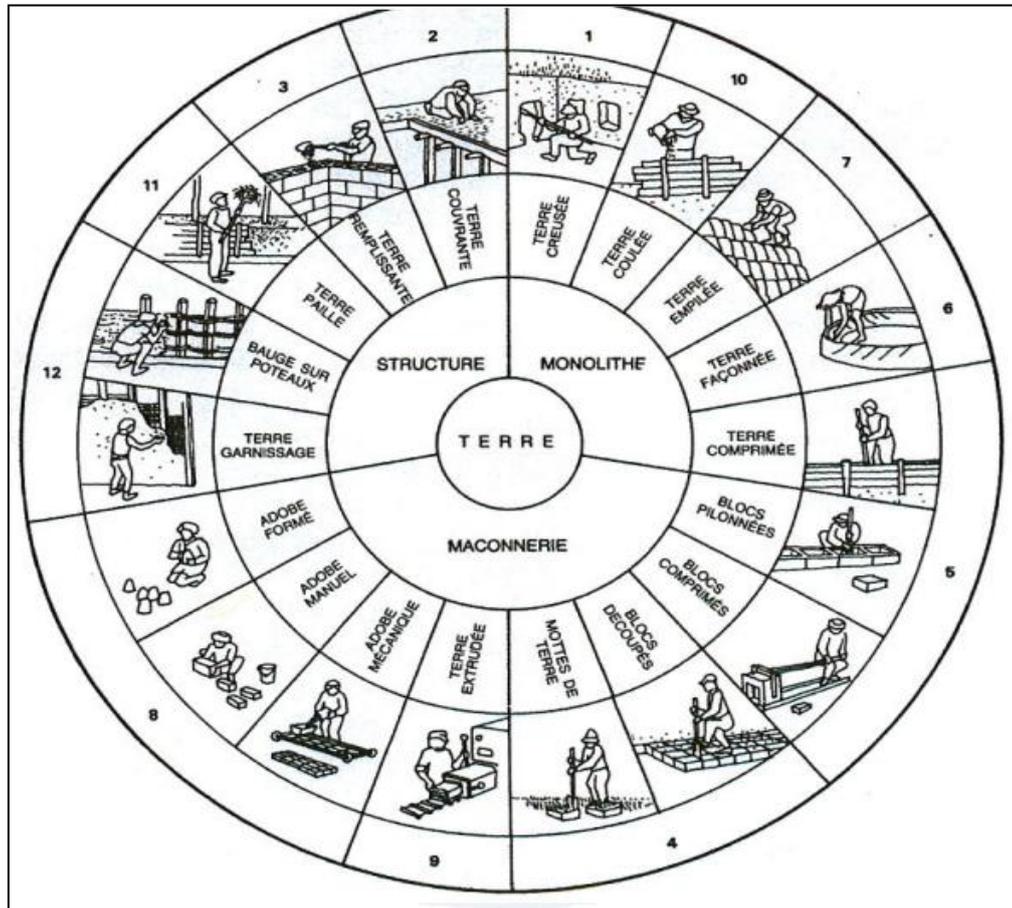


Fig 23. II. Les différents techniques utilisées dans la construction en terre

(Source : OPVM. Construction en terre: Guide de construction en terre à la vallée de M'Zab. 2010)

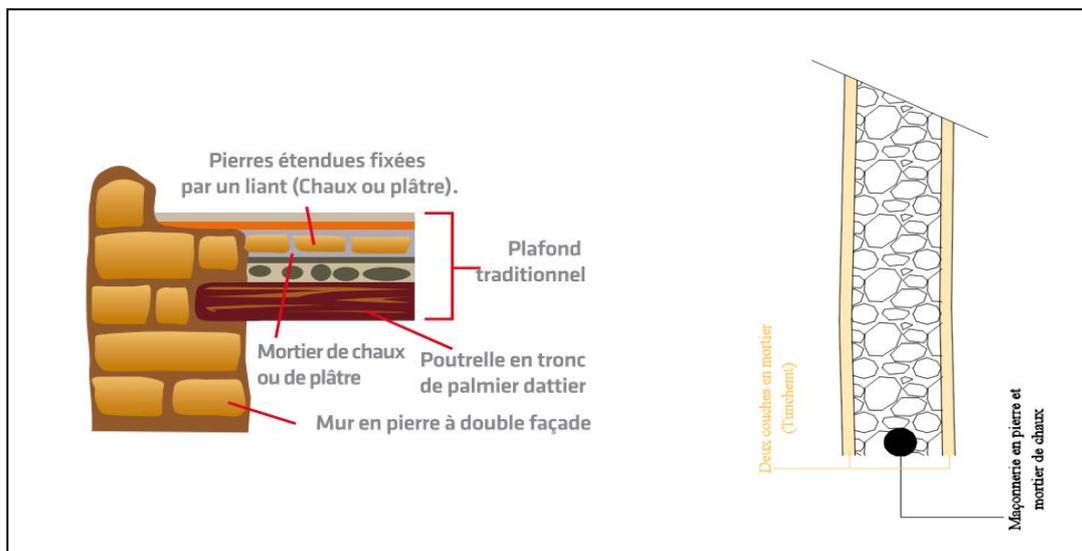


Fig 24. II. Composition des murs et plancher des M'Zab

(Source : OPVM)

Dispositifs et dispositions spatiales

La sqiffa :

On y débouche par la sqiffa (Tisqift), chicane qui garantit l'intimité par rapport à l'extérieur de la maison, et présente un espace de transition et de protection contre les vents en période d'hiver, et permet de la ventilation pendant la période de l'été, car elle reste ouverte sur l'extérieur durant la jour.



Fig 25. II. La sqiffa d'une maison du M'Zab.

(Source : OPVM)

Le patio et la gestion des phénomènes climatiques :

La maison du M'Zab s'organise autour d'un patio appelé, Wast et-dar (Emes N'tedart), littéralement centre de la maison, qui distribue l'ensemble du logis. Il est ouvert à l'étage par une petite ouverture appelée «chebek» chez les mozabites et il peut être recouvert par une natte végétale par grande chaleur : il s'agit d'un geste vernaculaire en cohérence avec les conditions climatiques du site.



Fig 26. II. Vue sur terrasse et chebek d'une maison du M'Zab.

(Source : OPVM)

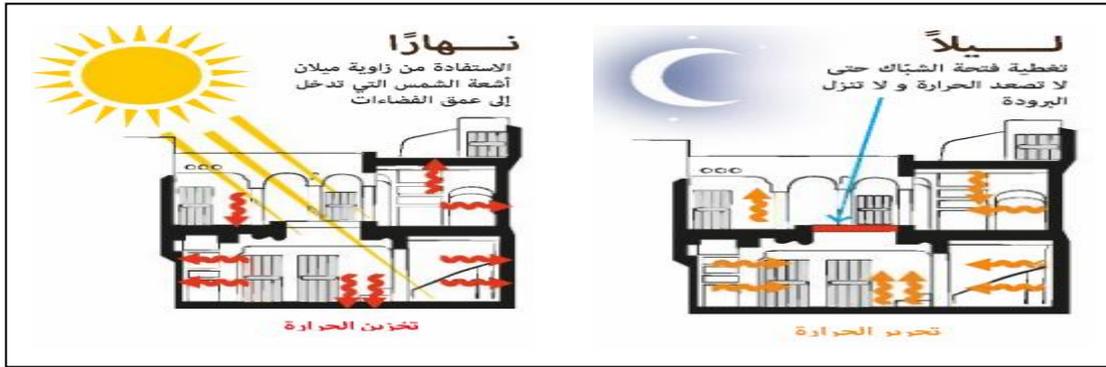


Fig 27. II. Optimisations de l'ensoleillement et stockage de la chaleur en hiver.

(Source : OPVM)

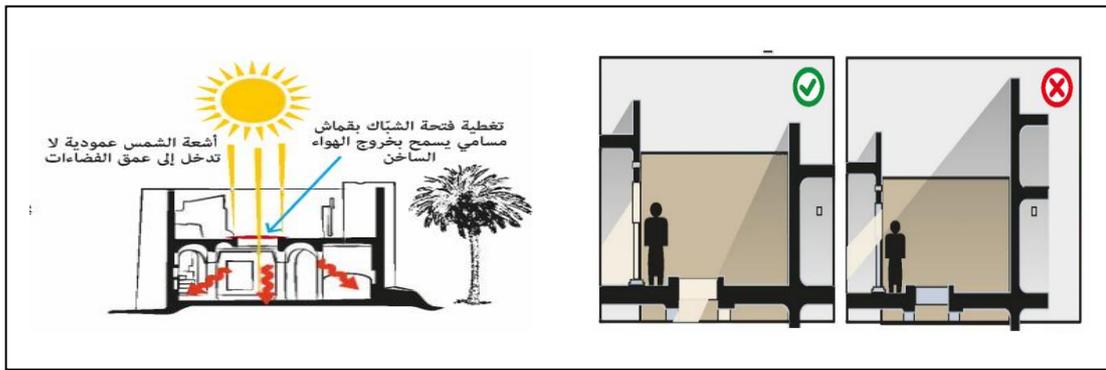


Fig 28. II. Contrôle de l'ensoleillement en hiver et été.

(Source : OPVM)

L'Ikomar :

L'Ikomar (galerie de l'étage) qui couronne l'habitation, se compose d'une terrasse et d'une ou deux pièces fermées.

L'Iwan chambre de l'étage (Tazeka) est un espace de réunion, de prière ou de repos. Sur la terrasse (Tigherghert), les murs de terrasse sont hauts, environ 1,50 mètre pour garantir l'intimité.

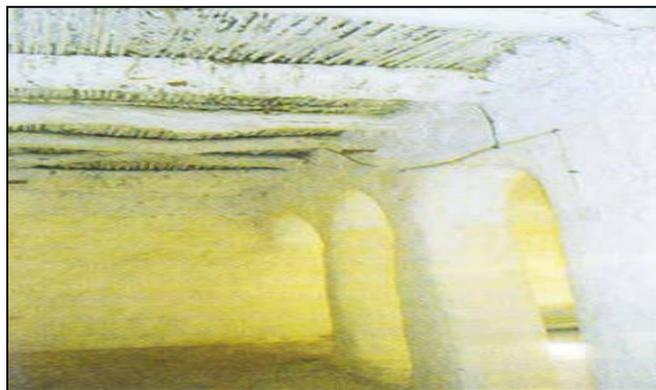


Fig 29. II. Vue sur la galerie d'étage d'une maison située à ksar Beni isguen.

(Source : OPVM)

Façade aveugle :

Les ouvertures sont petites, elles ne laissent passer qu'un filet de lumière et protègent contre la chaleur. Par ailleurs, elles sont placées très basses, ce qui limite l'apport lumineux et correspond à la position assise au sol⁶⁷.

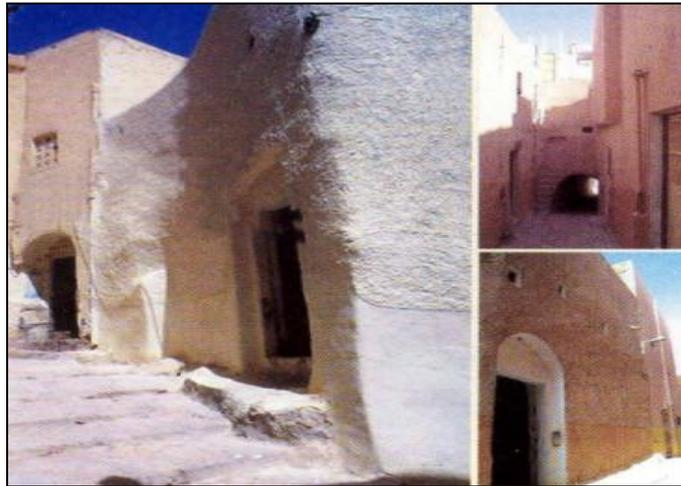


Fig 30. II. Vues extérieures des maisons du M'Zab.
(Source : OPVM)

CONCLUSION

La réflexion sur les architectures vernaculaires en générale et l'habitation du M'Zab en particulier en terme de l'aspect bioclimatique et le souci environnemental offre l'occasion d'apprendre de sa recherche, ces expériences et savoirs faire... On trouve des bonnes réponses aux besoins climatiques par des dispositifs et des stratégies très efficaces, pour chaque dispositif la disposition spécifique et pour chaque maison son caractère. On peut définir le vernaculaire par la notion "réponse", la maison vernaculaire est une réponse aux quelques besoins, quelques contraintes (site et climat), par les moyens disponibles. Ainsi le confort thermique est un besoin indispensables pour l'homme; la maison du M'Zab a réussi de répondre à ce besoin grâce aux stratégies, matériaux, techniques et aussi grâce à la manière d'accoler les maisons, de disposer les patios, et d'exploiter le peu disponible de moyens et matière.

⁶⁷Laurie ROWENCZYN. Architecture vernaculaire et nature. Comment intégrer la modernité dans le respect de la tradition ? 2011.

III. Méthodologie

La recherche à développer est de type paramétrique expérimental à l'aide d'un logiciel de simulation de la performance du bâtiment, différents dispositifs seront modélisés, en évaluant leur niveau de confort thermique. La capacité des logiciels à faire face à la complexité de différentes interactions entre l'ensemble d'éléments physiques qui détermine l'état physique d'un bâtiment, a déterminé la reconnaissance de son rôle unique dans la prédiction, l'évaluation, vérification et l'amélioration de la performance des bâtiments.

L'architecture traditionnelle du M'Zab est une interprétation des besoins sociaux en rapport étroit avec les spécificités spirituelles des habitants et des conditions environnementales locales. Ce qui fait que chaque élément de cette architecture assure une fonction bien précise. Le bâti du M'Zab se caractérise par son adaptation au climat saharien (désertique, chaud et sec en été et froid en hiver) à travers un usage idéal des matériaux de construction locaux ainsi que d'une orientation favorable des bâtisses pour un meilleur rendement lumineux et climatique. Dans notre étude nous avons choisi un exemple de maison vernaculaire dans un milieu urbain traditionnel du M'Zab.

III.1 PRESENTATION DE CAS D'ETUDE

Pour répondre aux problématiques posées au début de la recherche nous avons choisi un échantillon d'étude pour pouvoir déterminer le niveau de confort et examiner l'impact des dispositifs architecturaux sur le confort thermique, l'exemple d'étude s'agit d'une maison vernaculaire au cœur du ksar de Ghardaïa.

III.1.1. Présentation de la ville et ksar

La Vallée de M'Zab est une région d'une longueur de 25 km située au sud algérien à 600 km d'Alger, elle est habitée par les mozabites depuis des siècles (3000 av-j c). Cette région est un plateau rocheux découpé par un réseau d'oueds et de ravins sous forme de filet appelé couramment « Chebka ». Les ksour actuels sont : -EL- Atteuf est fondée en 1011-1012, Melika en 1017, Bou- noura en 1046- 1048, Béni yesguen en 1050, Ghardaïa en 1053⁶⁸.

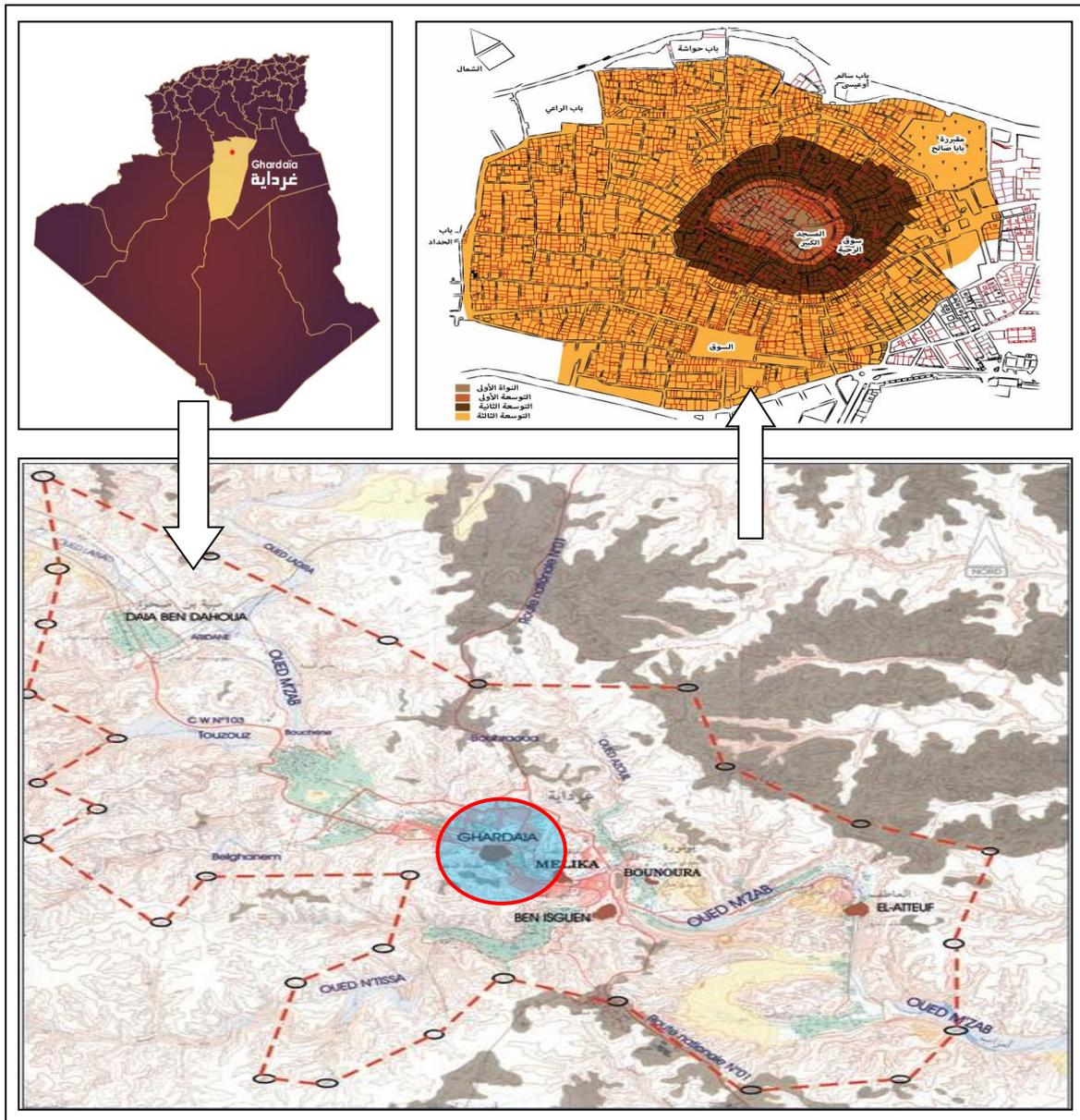


Fig 31. III. Situation de ksar

(Source : OPVM.Guidedessitesetmonumentshistoriques.2012)

⁶⁸OPVM. *op.cit.*

III.1.1.1 Ksar Ghardaïa

Ghardaïa (Taghardaït en berbère) est considérée comme la Capitale du M'Zab. Elle constitue le Ksar le plus important de la Vallée du point de vue des structures sociales et économiques et fût fondée en 1048. Ghardaïa est connue par sa Place du marché, et certains Mausolées et édifices tels que le Mausolée « Ammi-Saïd El-Jerbi », « Baba-Ouljemma» et d'autres Monuments⁶⁹.



Fig 32. III. Plan de l'urbanisme de Ksar.

(Source : OPVM. Guide des sites et monuments historiques.2012)

III.1.2 Présentation de l'échantillon d'étude

La maison à étudier est située dans le tissu vernaculaire du ksar Ghardaïa, est une maison à patio (ouast dar) édifée en (R+1), sur une superficie de (90 m²), le rez-de-chaussée est introverti est présente deux possibilités de relation avec l'extérieur (l'entrée de la maison et le chbek), ceci procure une relative isolation thermique pour l'ensemble⁷⁰.

⁶⁹Brahim BENYOUCEF. Le M'Zab, Espace et société.

⁷⁰OPVM. *op.cit.*

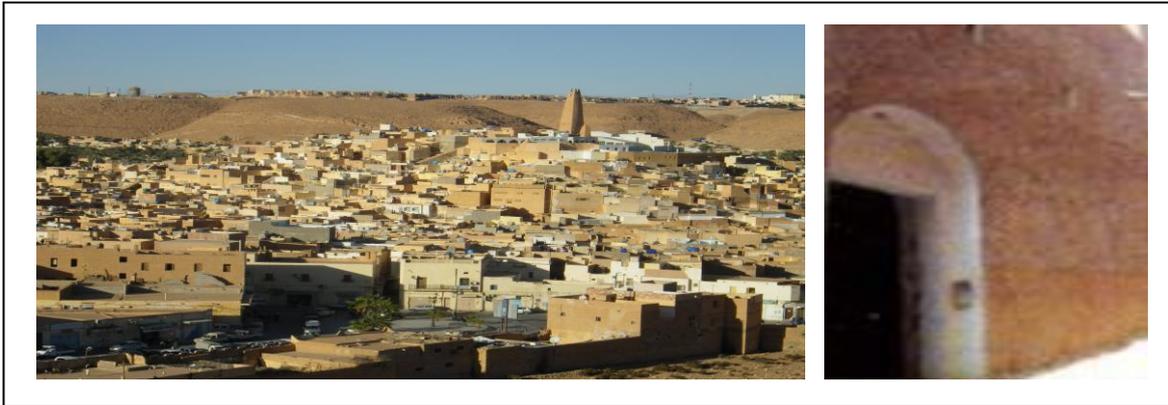


Fig 33. III. Illustrations maison et ksar
 (Source : URBAT. Étude du (PPSMVSS) de la Vallée du M'Zab. En cour).

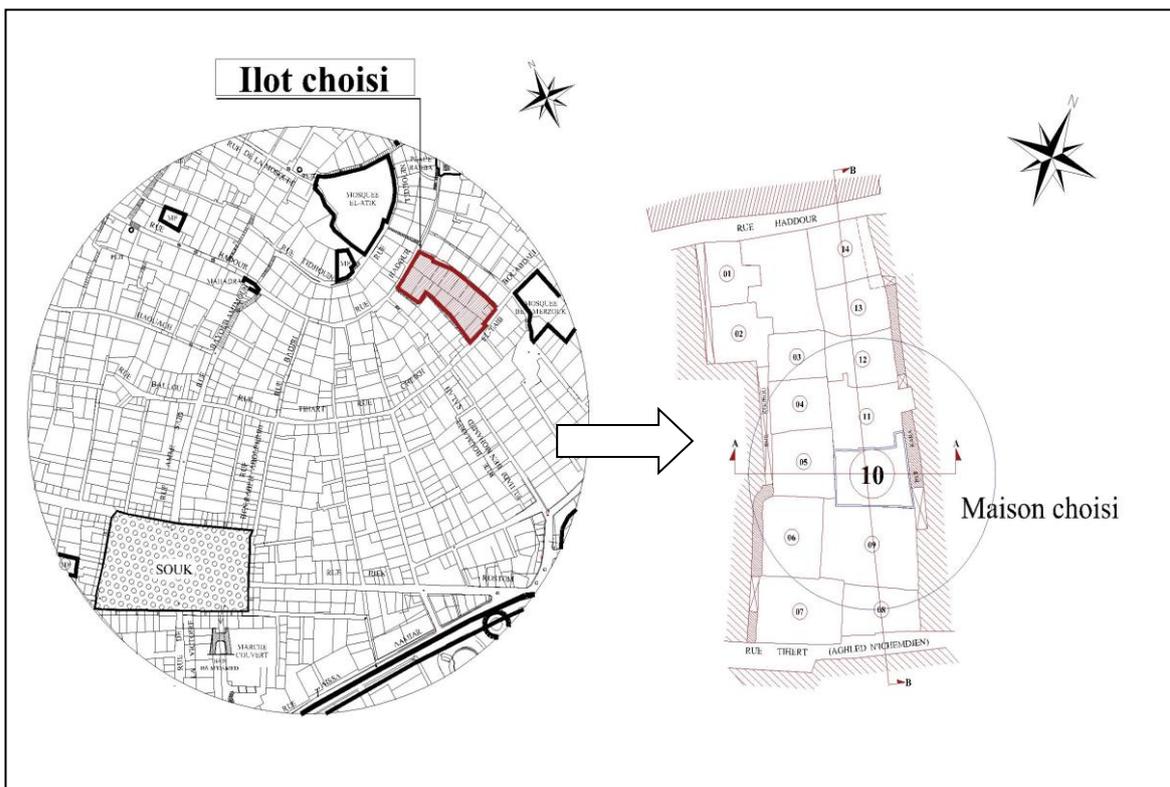


Fig 34. III. Situation de la maison
 (Source : URBAT. Étude du (PPSMVSS) de la Vallée du M'Zab. En cour).

III.1.1.2 Technique constructive

La structure de la maison est en murs porteurs construits par de la pierre et du mortier de chaux (Timchemt), et planchers composés de deux parties, la partie structurale (porteuse) et la partie de couverture (isolation)⁷¹.

⁷¹OPVM. *op. cit.*

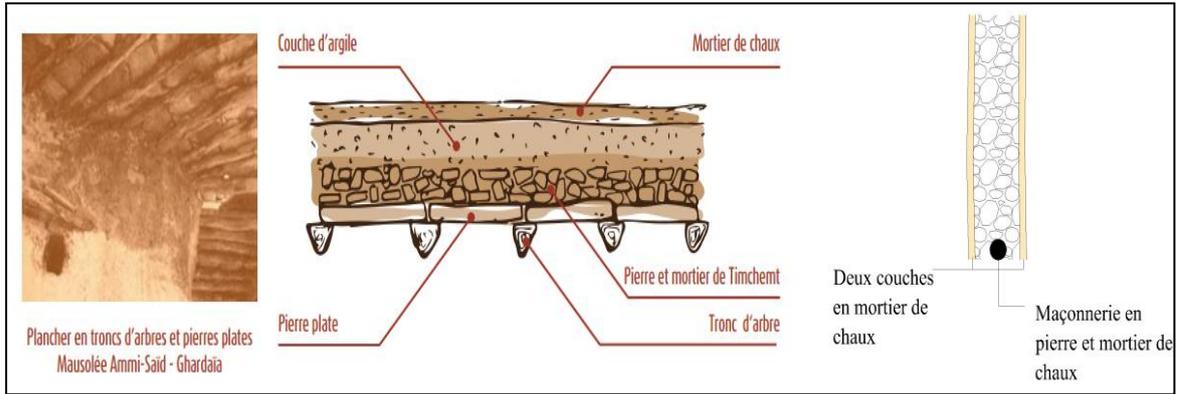


Fig 35. III. Composition des éléments verticaux et horizontaux.

(Source : OPVM. Planchers d.es constructions traditionnelles dans la ville du M'Zab. 2013)

III.1.2.2 Présentation graphique

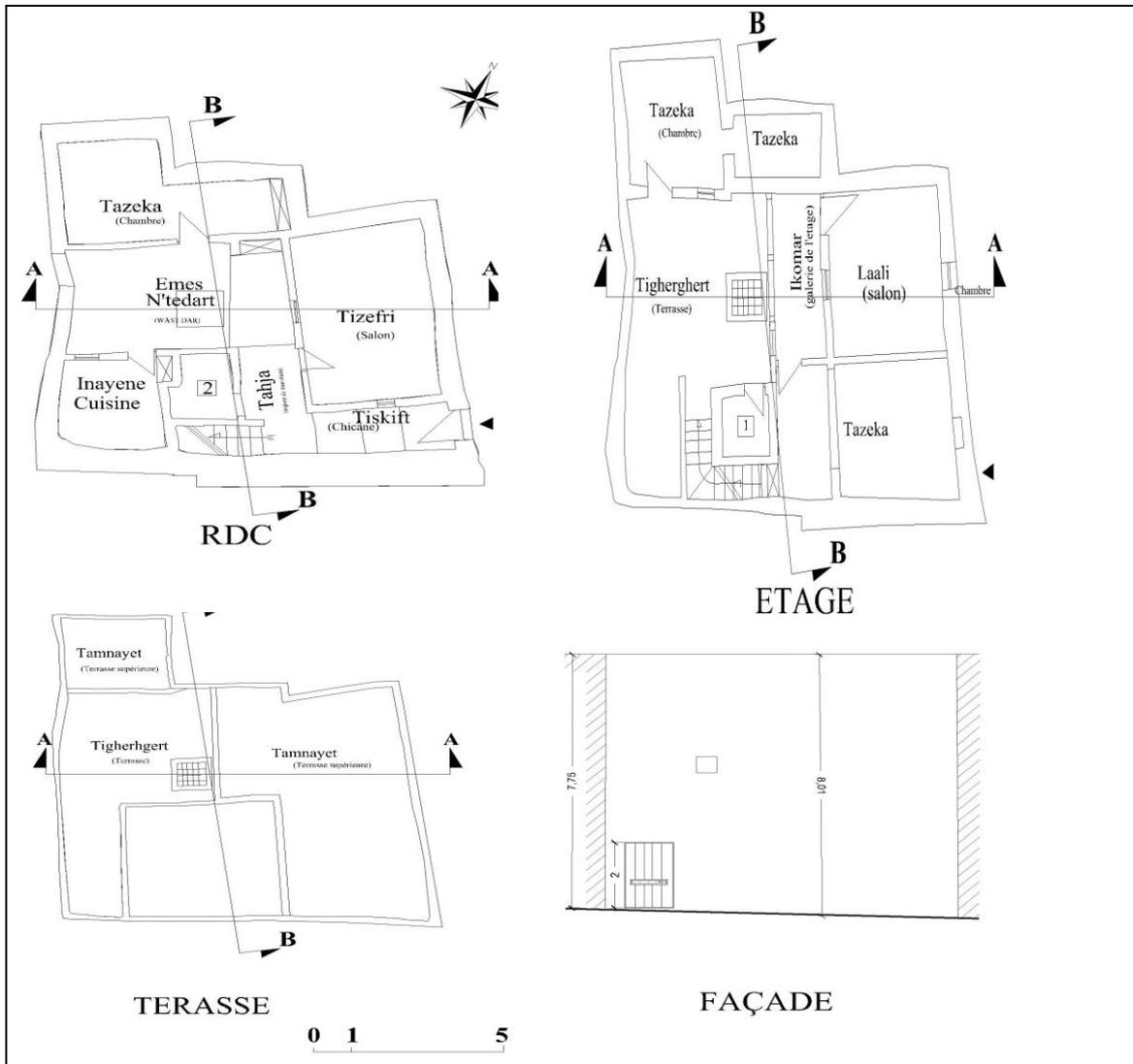


Fig 36. III. Plans d'architecture.

(Source : URBAT. Étude du (PPSMVSS) de la Vallée du M'Zab. En cour).

III.2 ANALYSE BIOCLIMATIQUE DE LA VILLE

III.2.1 Définition du climat (Climat sec et chaud)

Le climat de la région du M'Zab a certain point analogue du Sahara, c'est à dire un climat de contrées désertiques si l'on considère sa pauvreté en végétation, la sécheresse de l'air, le manque d'eau en surface et l'irrégularité des précipitations. Ce climat est caractérisé par ⁷²:

- Forte température en été et un faible taux d'humidité 5% à 10% ;
- Rayonnement solaire intense ; Éblouissement dû à la forte lumière réfléchié ;
- Température maximum en été pouvant atteindre 50°C;
- Hiver froid.

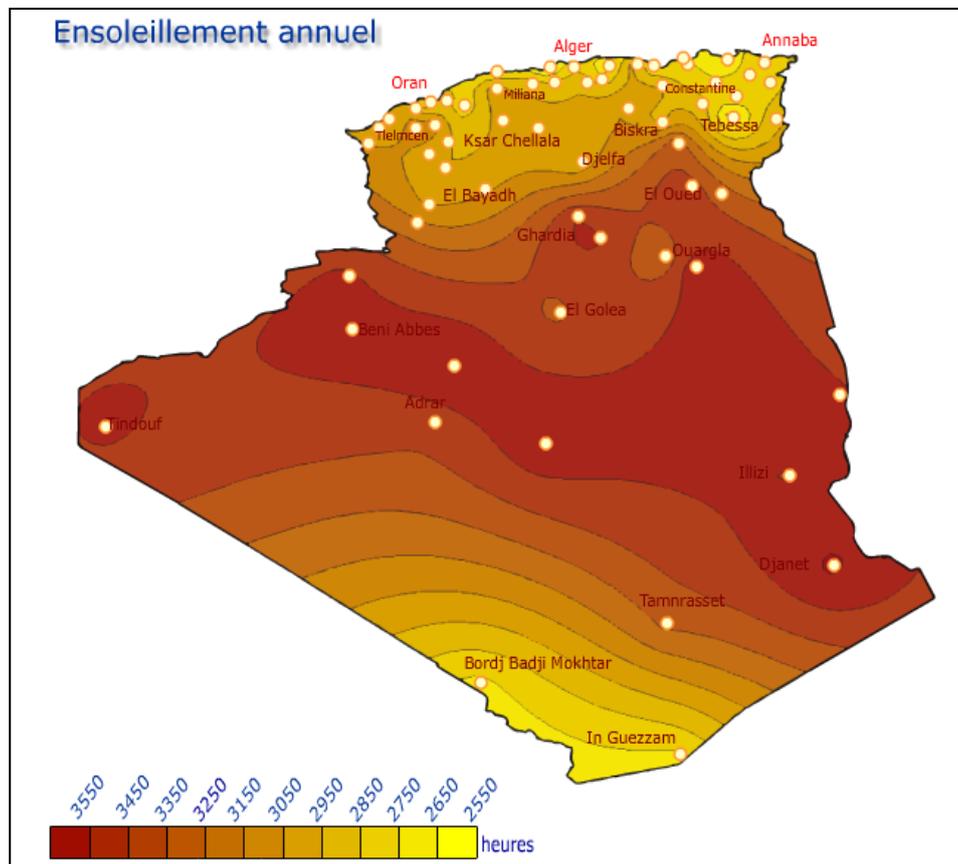


Fig 37. III. Carte enseillement

(Source : APRUE : Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Énergie)

⁷²Farida SAM. Réhabilitation thermique d'un local dans une zone aride - Cas de Ghardaïa - Thèse de Magister en Génie mécanique.

III.2.2 Application à la méthode psychrométrique

La méthode consiste à apporter les différentes données climatiques en température extérieure et humidité relative sous forme de segment. Il suffit alors, de lire et traduire ces segments suivant les différentes classifications décrites dans le diagramme, afin de savoir comment s'approcher le plus possible de la zone de confort⁷³.

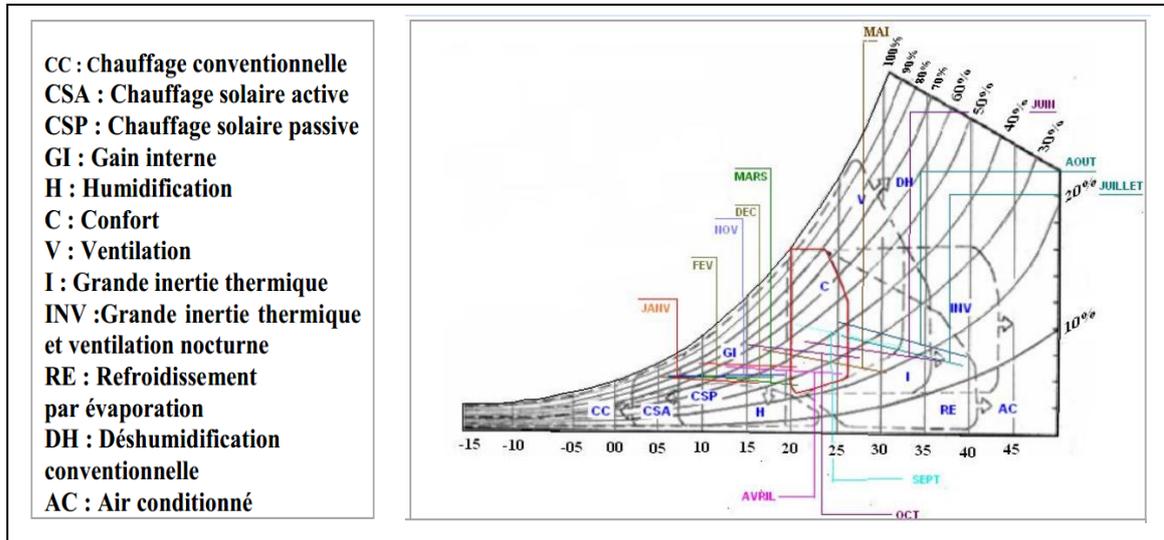


Fig 38. III.Résultats de l'application au diagramme psychrométrique.
(Source : URBAT. Étude du (PPSMVSS) de la Vallée du M'Zab. En cour).

III.2.3 Interprétation du diagramme

III.2.3.1 Les zones

La zone de confort se trouve au centre du diagramme avec les plages d'hiver et d'été indiquée séparément ($21^{\circ}\text{C} < T < 26^{\circ}\text{C}$). Cette zone divise les conditions climatiques en deux catégories : l'air situé au-dessus de cette limite, comme période de « sur-échauffement », et au-dessous c'est la période « sous-échauffé ». Les différentes zones énergétiques sont indiquées comme suit ⁷⁴:

A. Zone de sous-chauffé : $T < 21^{\circ}\text{C}$

Cette zone occupe plus de cinq mois de l'année (Novembre, décembre, janvier, février, mars, avec une exception de quelques jours du mois d'octobre et d'avril).

B. Zone de confort : $21^{\circ}\text{C} < T < 26^{\circ}\text{C}$

⁷³Farida SAM.Réhabilitation thermique d'un local dans une zone aride - Cas de Ghardaïa - Thèse de Magister en Génie mécanique.

⁷⁴Ibid.

Cette zone s'étend sur le début septembre, sur la majeure partie du mois d'octobre, et début novembre ainsi que la fin du mois d'avril et sur le mois de mai.

C. Zone de surchauffe : $T > 26^{\circ}\text{C}$

Cette partie, se prolonge sur cinq mois de l'année (vers la fin du mois de mai, juin, juillet, août, quelques jours du mois de septembre).

III.2.3.2 Les propositions climatiques

Les différentes propositions du diagramme sont regroupées dans le tableau suivant :

	CC	CSA	CSP	GI	H	C	V	I	INV	RE	DH	AC
Janvier		X	X	X								
Février		X	X	X								
Mars												
Avril				X	X	X						
Mai							X	X				
Juin							X	X	X	X		
Juillet							X	X	X	X		X
Aout						X	X	X	X	X		X
Septembre						X	X	X				
Octobre						X						
Novembre				X	X	X						
décembre		X										

Table 3. III. Différentes propositions climatiques trouvées par le digramme bioclimatique.

(Source : Farida SAM. Réhabilitation thermique d'un local dans une zone aride.

III.2.3.3 Les Solutions apportées pour chaque saison

En conjuguons avec les propositions du tableau et les concepts bioclimatiques énoncés dans le premier chapitre, nous aboutissons aux solutions suivantes pour chaque saison⁷⁵ :

- Pour la saison de chauffe, en plus du chauffage solaire passif (CSP), et le gain thermique du à la masse thermique du matériau, une installation en chauffage solaire actif (CSA), principalement pour les mois le plus froids de l'année (décembre, janvier et février) est nécessaire. Pour le système passif concernant le (CSP), on propose l'isolation et l'ombrage de la paroi orientée vers le nord pour vaincre le froid et le vent dominant venant de cette direction.
- Pour la saison estivale, la ventilation (V) sur les quatre mois (fin mai, mi-juin, début juillet et aout) est plus que nécessaire, principalement la ventilation nocturne. Avec, la grande inertie thermique (I) du aux parois épaisses, on propose une isolation et l'ombrage de la paroi du côté ouest pour diminuer des rayons du soleil

⁷⁵Farida SAM. *op.cit.*

couchant, et étaler sur la toiture une couche de peinture aérienne blanche pour réfléchir le rayonnement solaire; un refroidissement par évaporation (RE) sur les trois mois de l'année (fin juin, juillet et août), et de l'air conditionné (AC) pour les deux mois juillet et fin août.

- L'humidification (H) pour le mois d'avril est nécessaire pour la raison suivante, ce mois devient plus sec à cause du phénomène de sirocco.
- Sinon le confort (C) existe pour le début du mois de mai, pour la majeure partie du mois d'octobre, début septembre et fin novembre.

III.3 Simulation thermique

III.3.1 Choix d'outils de simulation

Les techniques de simulation de la performance du bâtiment constituent aujourd'hui des outils incontournables dans le champ de la recherche et le design architectural. *Grâce aux avancements informatiques et à la conscience environnementale croissante, le recourt aux logiciels de simulations est aujourd'hui un devoir plus qu'une nécessité*⁷⁶.

Des facteurs associés aux choix du logiciels tels que la précision, sensibilité, vitesse et coût, reproductibilité, facilité d'usage, complexité d'entrée, qualité des données livrées, et la disponibilité des données météorologiques. Il existe plusieurs sortes des logiciels pour la simulation thermique d'un bâtiment tels que (Energy-plus, Ecotect, Revit, Pleiades ...).

L'environnement PLEIADES a été conçu et développé par Gefosat puis IZUBA énergie avec le soutien de l'ADEME. PLEIADES + COMFIE ont notamment été utilisés dans le cadre du programme européen SOLMI (THERMIE) et de l'action ALTENER "Développement de la simulation des ambiances pour l'architecture solaire bioclimatique" (AL/192/96/FR). PLEIADES + COMFIE intègre plusieurs bibliothèques de données thermiques sur les matériaux et les éléments constructifs, les menuiseries, les états de surface, les albédos et les écrans végétaux. Le logiciel comprend aussi des bibliothèques de modes de gestion du bâtiment étudié selon un scénario horaire pour une semaine-type (occupation, apports internes, températures de consigne de chauffage ou de climatisation, gestion des occultations).

⁷⁶HAW, M. et AL, 2016.

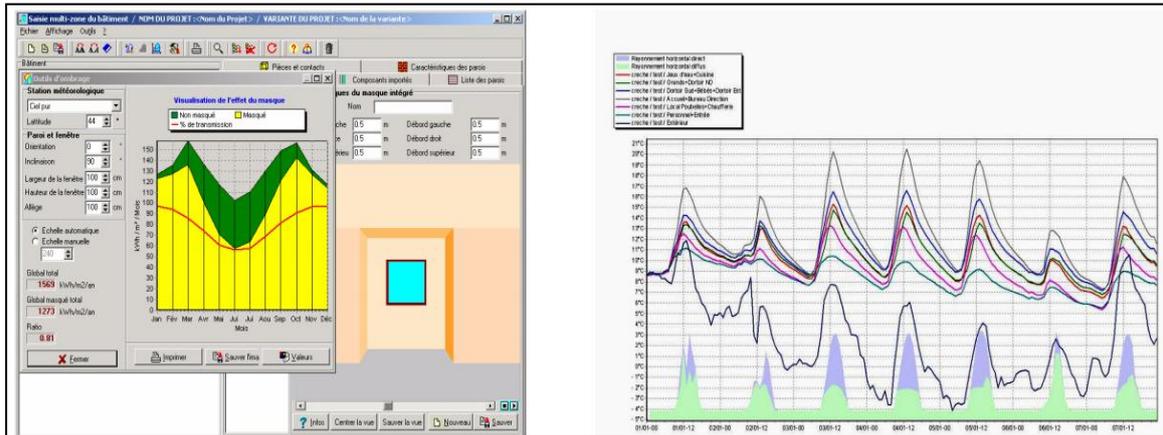


Fig 39. III. Courbes produits par le logiciel

(Source : Thierry SALOMON, Renaud MIKOLASEK et Bruno PEUPORTIER .Outil de simulation thermique du bâtiment, comfie)

III.3.2 Paramètres et variables

Dans notre recherche nous avons défini plusieurs paramètres en deux catégories, le tableau suivant correspond à la première et montre les variables qui n'ont pas de modification pendant les expérimentations et qui maintiennent la même valeur dans toutes les simulations à effectuer.

Variable (donnée de base)	DESCRIPTION
Enveloppe (Pourcentage de fenêtres)	L'introversion (façade unique et aveugle), la mitoyenneté, l'imperméabilité, entrée en chicane, mur extérieur massif... sont des caractéristiques qui permettent de disqualifier l'enveloppe de la maison du M'Zab d'un élément d'échange thermique.
Orientation du bâtiment et (ensoleillement)	L'architecture ksourienne de M'zab se caractérise par des ruelles et impasses étroites, tissu compact, mitoyenneté, façades aveugles et entrées en chicane, ces dernières caractéristiques permettent au patio de qualifier une seule source de soleil dans les maisons traditionnelles. Donc on a choisi l'orientation la plus favorable, soit sud dans le cas de vallée de M'zab.

<p>Caractéristiques des surfaces et matériaux</p>	<p>L'emploi de la terre, la pierre, le bois et la chaux dans la construction et les traitements des surfaces est un choix inévitable par leurs caractère relatif à la région et le climat du M'zab.</p>
--	---

Table 4. III. Variables de l'étuder.
(Source : Auteur)

La deuxième catégorie relative aux variables qui seront modifiées dans les simulations pour déterminer leur impact sur le confort thermique dans la maison étudiée.

<p>VARIABLE</p>		<p>OBJECTIF</p>
<p>1</p>	<p>Surface et orientation de l'ouverture du patio «CHEBEK».</p>	<p>L'évaluation de l'influence de la surface de chebek et leur orientation sur le confort thermique.</p>
<p>2</p>	<p>Galerie</p>	<p>L'évaluation de l'influence de la galerie sur le confort thermique.</p>

Table 5. III. Variables de l'étuder.
(Source : Auteur)

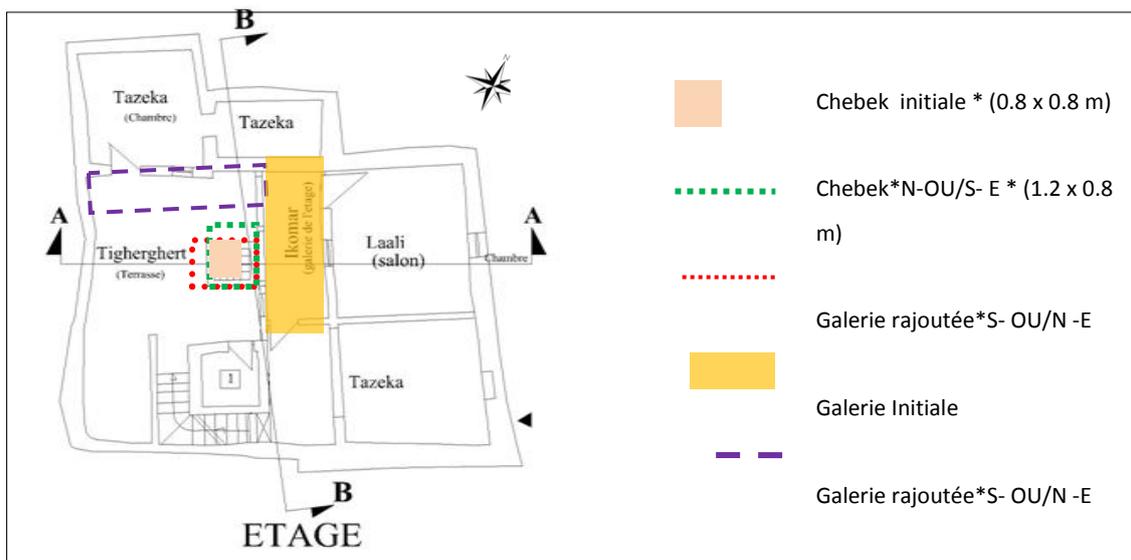


Fig 40.III. Variables dans le plan
(Source : Auteur)

III.3.3 Les Données de base

III.3.3.1 Les données climatiques

La simulation est basée sur une base de données climatique annuelle et journalière. Nous citons les données suivantes :

Mois	Ta	H_Gh	H_Dh	H_Bn	Sd	Rh	FF
	[°C]	[kWh/m2]	[kWh/m2]	[kWh/m2]	[h]	[%]	[m/s]
Janvier	10.7	120	20	222	212	52.0	3.4
Février	13.2	133	25	204	211	41.8	3.5
Mars	17.9	192	31	256	249	34.7	3.9
Avril	21.5	220	42	264	264	30.1	4.7
Mai	26.5	245	56	264	304	26.6	4.4
Juin	31.5	245	56	261	317	22.4	3.6
Juillet	35.4	255	52	276	351	20.0	3.5
Août	34.0	228	55	244	326	23.3	3.3
Septembre	28.7	186	48	213	272	33.5	3.4
Octobre	23.6	155	39	207	252	40.3	3.0
Novembre	16.1	125	21	210	218	47.2	3.0
Décembre	12.1	109	19	206	210	52.6	3.6
Année	22.6	2209	463	2828	3186	35.4	3.6

H_Gh: Irradiation du rayonnement global horizontal
 H_Dh: Irradiation du rayonnement diffus horizontal
 H_Bn: Irradiation du rayonnement direct normal
 Ta: Température de l'air
 FF: Vitesse du vent
 Rh: Température de l'air
 SD: Durée d'insolation

Table 6. III. Données climatiques générales
(Source : Meteornorm)

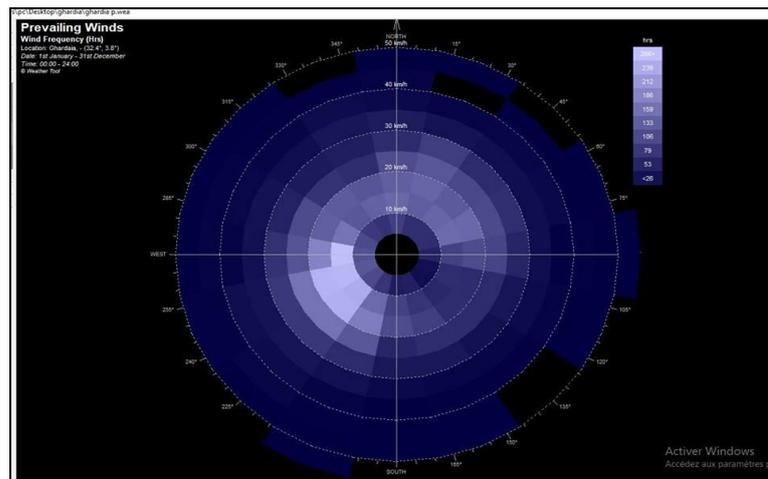


Fig 41. III. Rose de vents
(Source : Ecotect, 2011)

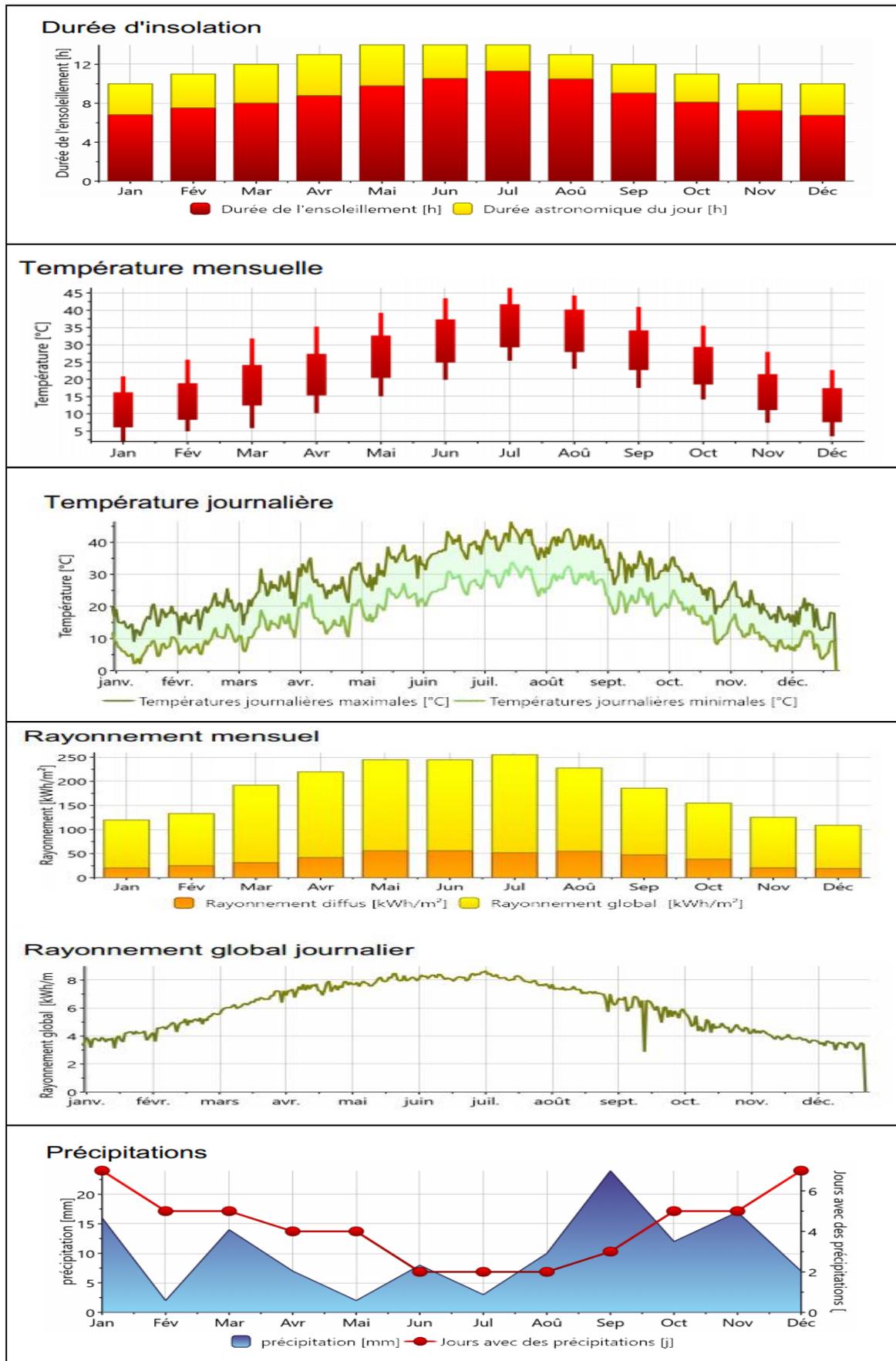


Fig 42. III. Données climatiques générales
(Source : Meteornorm)

III.3.3.2 Caractéristiques des matériaux

Les matériaux utilisés dans cette maison sont ceux qui sont utilisés dans toutes les maisons du ksar, dont les murs sont construits par la pierre et le mortier de chaux comme liant et le timchemt dans le crépissage intérieur et extérieur. Les planchers sont matérialisés en quatre couches sur des troncs de palmier (éléments porteurs), la première en branche de palmier, la deuxième en pierre puis la troisième en argile pour l'isolation et la quatrième par le mortier de chaux. Le tableau suivant représente les caractéristiques thermiques des matériaux utilisés.

Matériaux	Masse volumique Kg/m ³	Conductivité thermique w/m.k	Chaleur spécifique Wh/kg.k	Capacité thermique (volumique) Wh/m ³ .k
Pierre calcaire tendre	< 1470	0.85	0.28	408
Mortier à chaux	1600-1800	1.00	0.28	472
Bois palmier	600-870	0.23	0.44	392
Argile	1200-1800	1.5	0.5	750

Table 7. III. Caracteristiques themiques

(Source : Samuel COURGEY et Jean-Pierre OLIVIA. La conception bioclimatique des maisons confortables et économes 2008.p224)

III.3.4 Séries de simulations

L'expérimentation vise à évaluer l'impact de chacune des trois variables étudiées (chebek et dimension, chebek et orientation, disposition de la galerie de l'étage) sur le confort thermique, pour répondre aux hypothèses posées au début de la recherche. Dans les résultats on a pris l'indice de performance énergétique comme un indicateur d'évaluation et de comparaison des résultats de confort thermique, pour chaque cas et pour les combinaisons. Les résultats seront représentés par des graphes comparatifs.

variable	été	hiver	Année	jour	nuit
État initiale	S-a1	S-a2	Sa-t	S-a3	S-a4
Chebek -1-	S-b1	S-b2	Sb-t	S-b3	S-b4
Chebek-2-	S-c1	S-c2	Sc-t	S-c3	S-c4
Galerie	S-d1	S-d2	Sd-t	S-d3	S-d4
Combinaison	Deux bons résultats (S-e)				

Table 8.III. Nomenclature des simulations

(Source : Auteur)

III.3.4.1 Procédés de la simulation

Le schéma suivant représente les procédés suivis durant cette simulation.

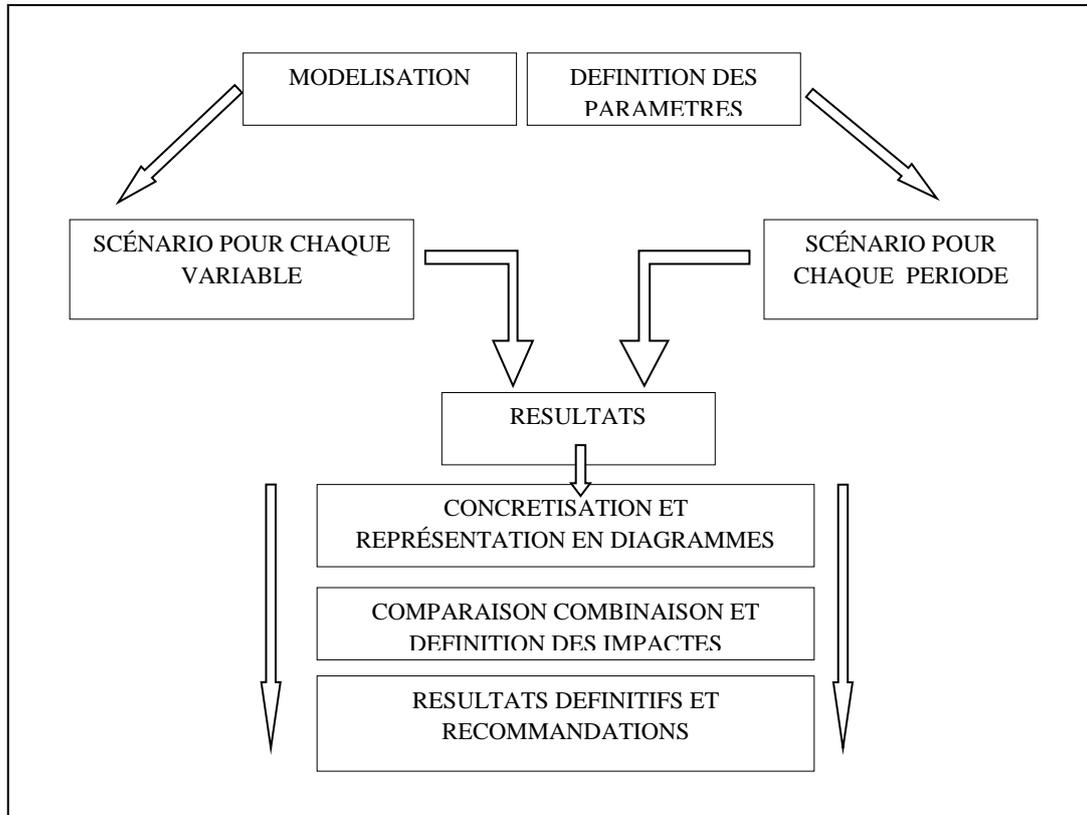


Fig 43.III.Procédés de simulation
(Source : Auteur)

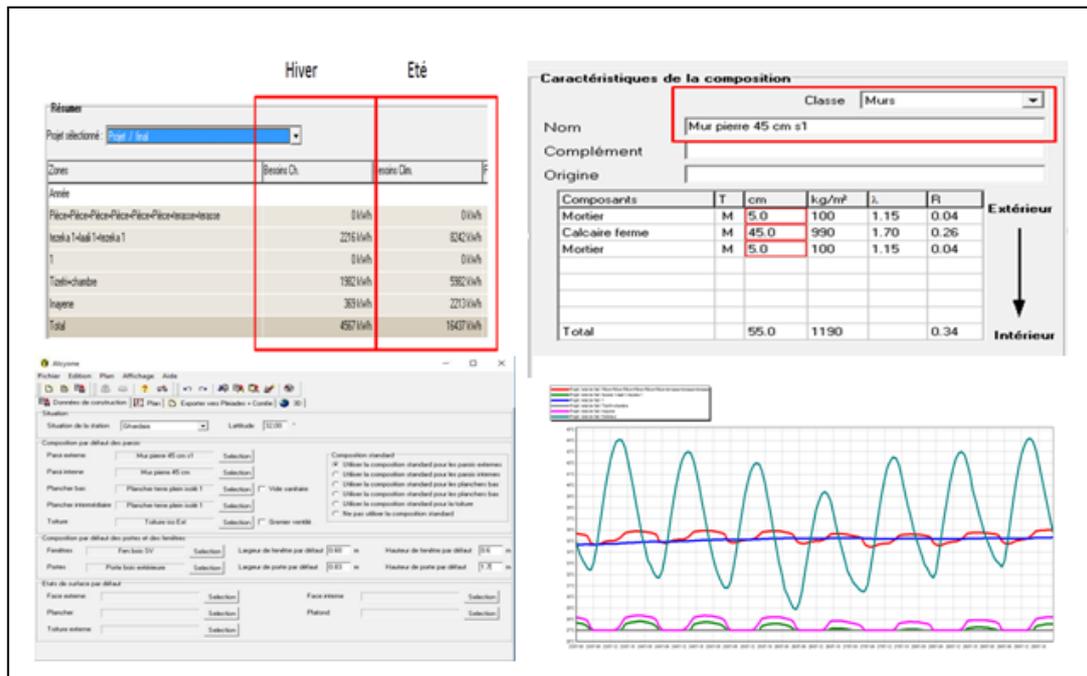


Fig 44.III.Procédés de simulation
(Source : Auteur)/ Logiciel pléiades

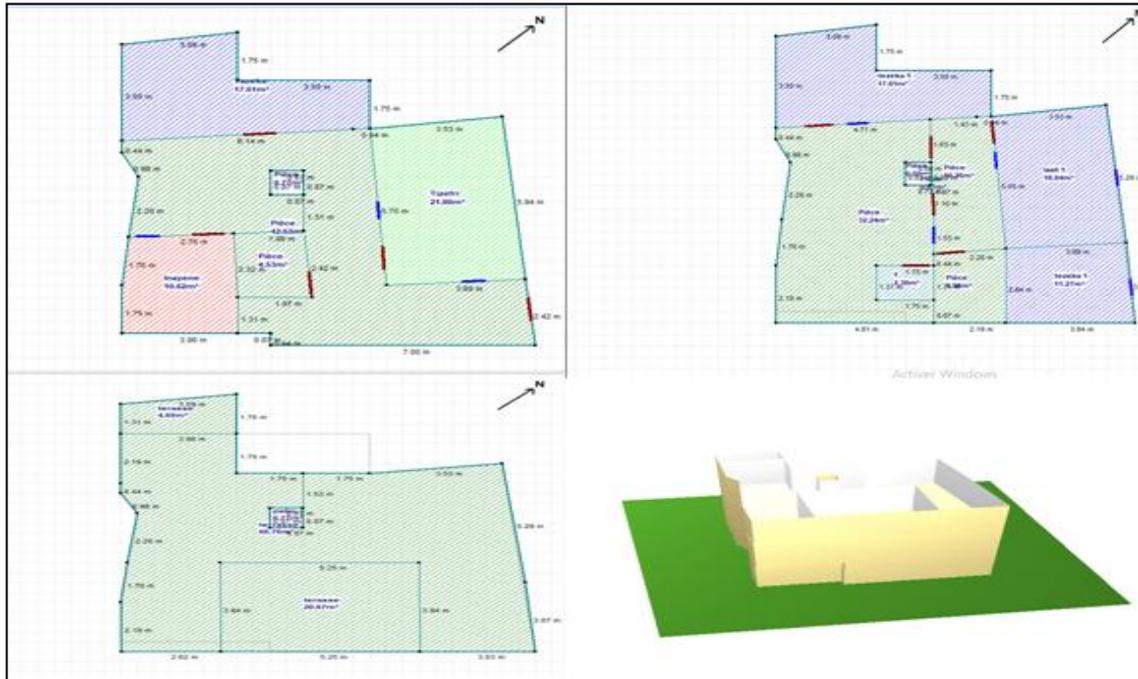


Fig 45. III. Procédés de simulation, zonage et modélisation
(Source : Auteur / Logiciel pléiades)

III.3.4.2 Résultats de la simulation

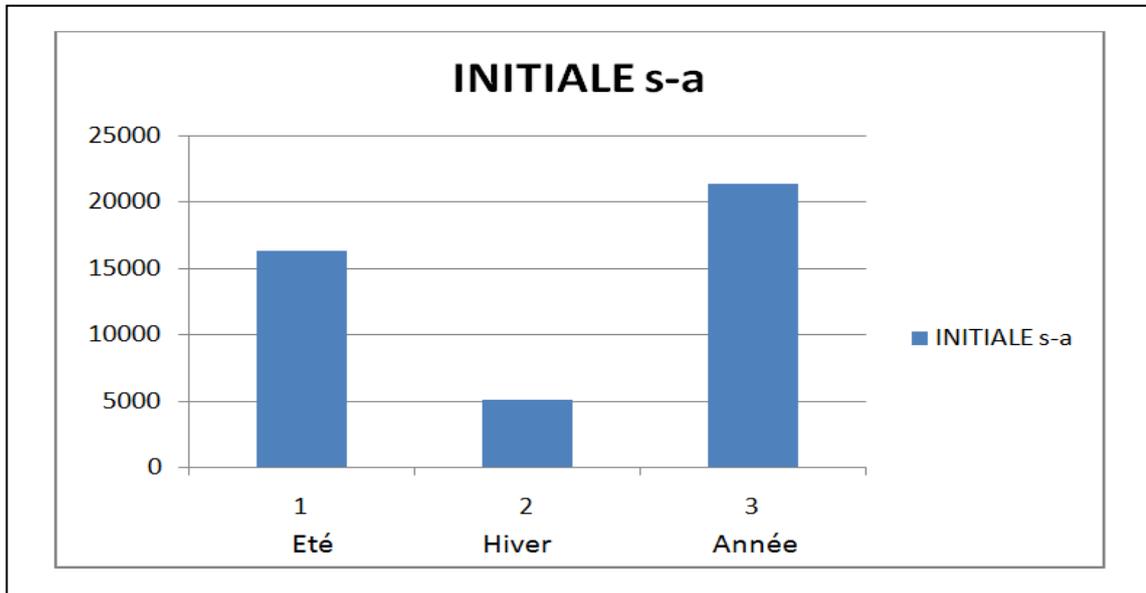


Fig 46. III. Comparaison des résultats été/hiver/année etat initial
(consommation énergétique kwh/m²)
(Source : Auteur)

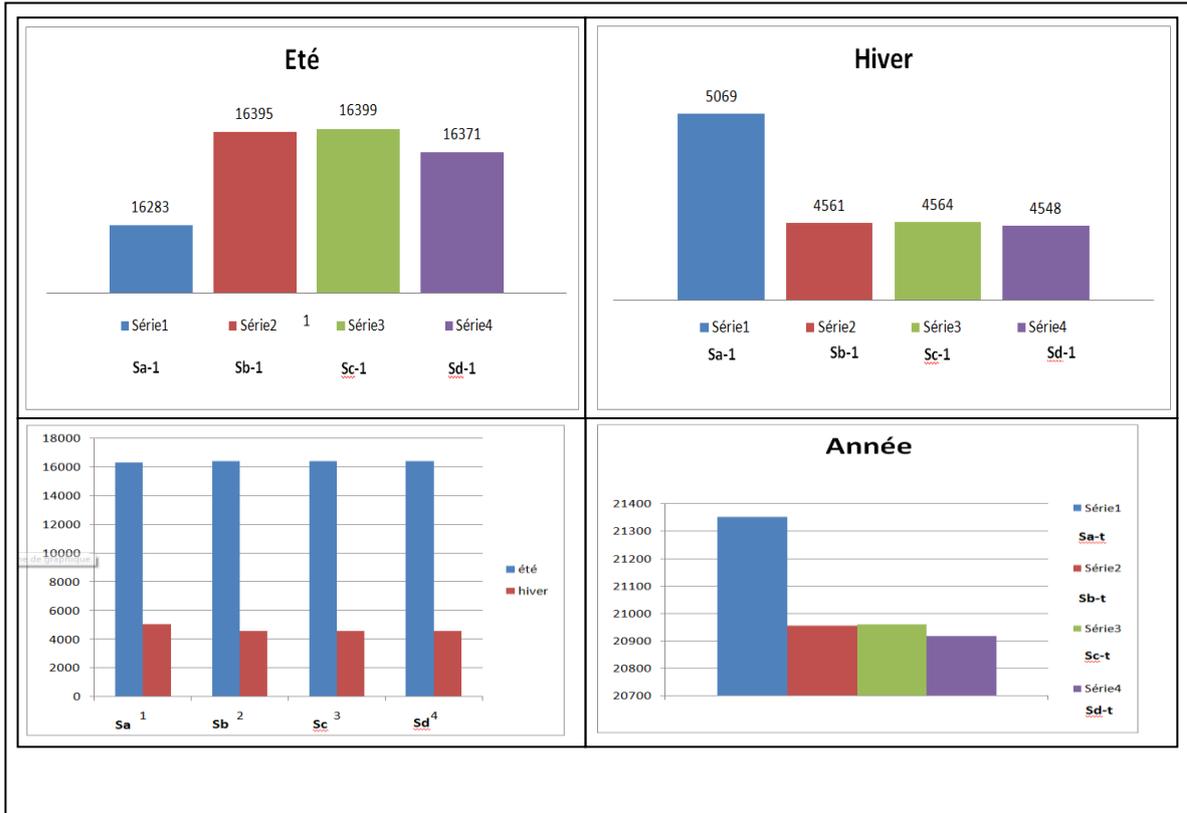


Fig 47. III. Comparaison des résultats été/hiver/année (consommation énergétique kwh/m²) (Source : Auteur)

D'après la comparaison des résultats :

Le cas le plus performant du point de vue thermique en saison d'été, est le cas de la maison à l'état initial (cas de base Sa-1). Pour le reste des cas, les résultats sont très semblables. Donc les trois dispositifs étudiés ont une influence négative sur le confort thermique d'été.

Le cas initial (cas chebek Sa-1) est le plus consommateur du point de vue thermique en hiver. Pour le reste des cas, les résultats sont très semblables. Donc les trois dispositifs étudiés ont un peu d'influence sur le confort thermique d'hiver.

En générale la consommation en été est très élevée par rapport à la consommation d'hiver. Et d'après la consommation annuelle, la maison est plus performante après modification qu'avant, dont les cas (cas chebek Sb-t et cas galerie Sd-t) sont les plus avantageux.

Pour la combinaison de variables qui sera effectuée dans le but d'aboutir au meilleur résultat, on a choisi les cas (cas chebek Sb et cas galerie Sd) et nous avons obtenu les résultats suivants (Fig 49).

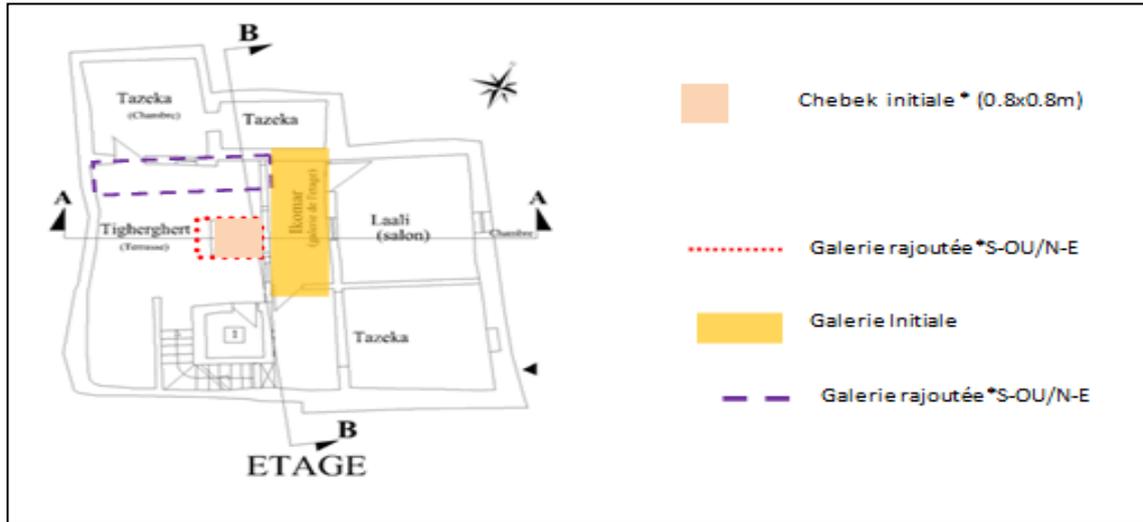


Fig 48. III. Comparaison representation plan
(Source : Auteur/logiciels Pléiades et Excel)

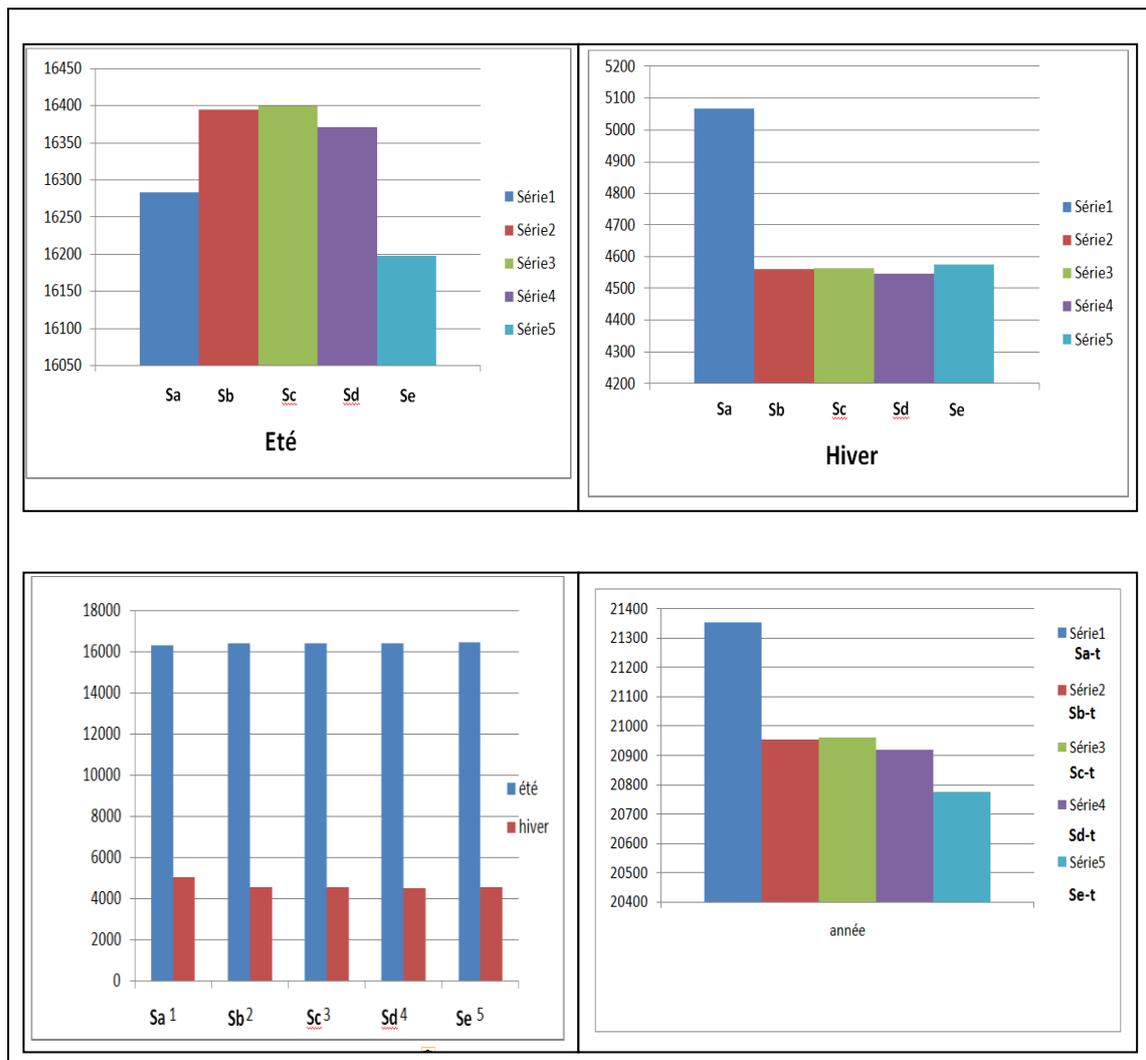


Fig 49. III. Comparaison des résultats apres combinaison été/hiver/année
(consommation energetique kWh/m²)
(Source : Auteur/logiciels Pléiades et Excel)

D'après la comparaison des résultats deux cas choisis dans la première série de simulations (les cas chebek Sb et cas galerie Sd) avec les résultats de nouveau cas (le cas combinaison chebek /galerie Se), nous avons constaté que :

- En été le cas combinaison (Sd-1) est le cas le plus performant ;
- En hiver les résultats sont très semblables ;
- En générale le cas (Se-t) est le plus performant suivant la consommation annuelle.

IV. Conclusion générale

CONCLUSION GÉNÉRALE

À partir des résultats des simulations, les conclusions suivantes peuvent être avancées : Dans les résultats des simulations effectuées, la maison est très énergivore dans les périodes d'été par rapport à l'hiver donc le confort d'été est le déterminant principal pour une conception architecturale bioclimatique dans la zone concernée. Ainsi dans le premier cas l'état initial est le plus performant en terme de confort d'été, ce qui déduit que la configuration du patio, chebek, et galerie est un choix réussi grâce à une accumulation continuée des expériences et de connaissances de mozabites durant la période de vie des ksour.

L'ensemble des modifications qui sont effectués sur les dispositifs étudiés (chebek et galerie) ont toujours des impacts sur le confort thermique, soit négatifs ou positifs, ce qui déduit que ces dispositifs sont des indicateurs directs de confort thermique, et que le confort thermique est un déterminant majeur de la conception architecturale.

Donc les leçons que on a apprises confirme les deux dernières hypothèses relatives aux dispositifs et au impact de chebek et galerie, telle que le recours au dispositifs vernaculaires notamment le chebek et la galerie, est la solution à la problématique de confort thermique.

Dans la combinaison entre la nouvelle disposition de chebek qu'on a apporté, et la nouvelle configuration de la galerie ; les résultats favorables envoi a une relation complémentaire entre les dispositifs, et que chaque dispositif peut répondre à un ou aux certains phénomènes climatiques ou bien seulement dans une période définie. De plus le confort thermique n'est pas le seul indicateur de la conception architecturale car la recherche de satisfaction des besoins de l'habitant nécessite l'introduction des autres types de confort.

Au de la ; la réflexion sur ce type d'architecture peut s'élargi à la manière de passer ensuite à l'échelle urbaine, dont les maisons sont accolées de manière à ce que le bâti des îlots forme une masse compacte afin de limiter l'ensoleillement des maisons, et donc le réchauffement de l'ensemble, grâce aux impasses, ruelles étroites, et la notion de microclimat. Alors les résultats permettent de confirmer que les expériences de l'architecture vernaculaire sont un des outils et des références pour la conception architecturale.

L'étude présente plusieurs limites associées au type de recherche et les données de base relatifs aux matériaux de construction, et l'exploration de certaines variables de conception liées

à la forme architecturale, et aux autres phénomènes climatiques, et à la configuration de chaque dispositif, la variété des combinaisons possibles, ...et à la configuration de certains phénomènes et paramètres liés aux échelles urbaines, citant la mitoyenneté, le microclimat urbain, la compacité du tissu urbain, ou l'introduction de la notion d'îlot et d'autres types de confort. Ainsi, notre étude n'a pas considéré l'utilisation d'ombrages solaires dans l'analyse, ce qui minimise l'impact des dispositifs étudiés dans les résultats de simulation.

Enfin, la nouvelle configuration des deux dispositifs proposés va permettre d'augmenter le potentiel de la ventilation naturelle en générale et la ventilation nocturne en particulier. Cela peut être accompagné par la généralisation et l'élargissement de cette étude pour comprendre leurs vrais impacts dans les futures recherches.

V. Bibliographie

BIBLIOGRAPHIE

- Association HQE, Site web de ; <http://www.hqegbc.org>. 2017.
- Cahier de recommandations pour un urbanisme de qualité à Annecy- Environnement et constructions. Fiche C-2. Octobre 2009.
- APRU : l'Agence de la Promotion et de Rationalisation de l'Utilisation de l'Énergie.
- APRU, Site web;<http://portail.cder.dz/spip.php?article410>.
- Association Adéquations, Site web de; <http://www.adequations.org>. 2017.
- ADEME (Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie), Site web ; [http://www.ademe.fr/recherche?f\[0\]=facet_cible%3A8544&items_per_page=25&sort_by=search_api_relevance&sort_order=DESC&query=](http://www.ademe.fr/recherche?f[0]=facet_cible%3A8544&items_per_page=25&sort_by=search_api_relevance&sort_order=DESC&query=). 2017
- Alain LIÉBARD et André DE HERDE. Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques ; Concevoir, édifier et aménager avec le développement durable. 2004.
- Alain CHATELET, Pierre FERNANDEZ, Pierre LAVIGNE. Architecture climatique une contribution au développement durable. Tome 2 : Concepts et Dispositifs. 1998
- ADEM. Développer une architecture bioclimatique méditerranéenne. Les dispositifs architecturaux participant à une architecture bioclimatique méditerranéenne.
- Alain CHATELET, Pierre FERNANDEZ, Pierre LAVIGNE. Architecture climatique une contribution au développement durable. Tome 2 : Concepts et Dispositifs. 1998
- Alain CHATELET, Pierre FERNANDEZ, Pierre LAVIGNE. op.cit. 37 Guide de l'eco-construction . www.cc-decazeville-aubin.fr
- APRUE : Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Énergie
- Bernard RUDOFISKY. Architecture without architects: a short introduction to non-pedigreed architecture. Garden N.Y , editions Doubleday and company , 1964 .
- Brahim BENYOUCEF. Le M'Zab, Espace et société.

- Bernard RUDOLFSKY. Architecture without architects: a short introduction to non-pedigreed architecture. Garden N.Y , editions Doubleday and company , 1964 .
- Corinne, M. « Travail à la chaleur et confort thermique ». Les notes scientifiques et techniques de l'INRS, NST 184, décembre 1999.
- DEVV. « Rapport Brundtland » [archive] (consulté le 9 décembre 2015).
- GRAP (Groupe de recherche en ambiance physique). École d'architecture, Université Laval. <http://www.grap.arc.ulaval.ca>.
- Alain LIÉBARD, André DE HERDE et Observer. Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques.
- Genius LOCI. Du lieu au projet : Implantation & contexte.
- Guide de l' éco-construction. www.cc-decazeville-aubin.fr
- Jean-robert MILLET. Architectures d'été. Construire pour le confort d'été. 2009.
- La norme NF P01-020-1 de l' Association HQE.
- Samuel GOURGEY et Jean-Pierre OLIVIA. La conception bioclimatique : En neuf et en réhabilitation.
- Samira BELLARA. Mémoire de magister Option : architecture bioclimatique. « Impact de l'orientation sur le confort thermique intérieur dans l'habitation collective. Cas de la nouvelle ville Ali Mendjeli Constantine ». 2004-2005
- IBGE (Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement). Redéfinir la notion de confort thermique. février 2007. Guide pratique pour la construction et la rénovation durables de petits bâtiments recommandation pratique CSS13.
- RGP (La Réglementation Générale Française pour la Protection du Travail).
- Deoux. S, « Le guide de l'habitat sain », Andorra: édition medieco, Avril 2002, p.211

- Samira BELLARA. Mémoire de magister Option : architecture bioclimatique. « Impact de l'orientation sur le confort thermique intérieur dans l'habitation collective. Cas de la nouvelle ville Ali Mendjeli Constantine ». 2004-2005. Bibliographie
- NOMADÉIS. Rapport Bâti vernaculaire et développement urbain durable. Mai 2012
- Ouvrage collectif, La construction durable, Actes du colloque à l'université Saint-Esprit de Kaslik, Liban, Éd. Université Saint-Esprit de Kaslik, 2007, p287.
- OPVM, JEAN-Robert Millet. Architectures d'été Construire pour le confort d'été.2009)
- Les maisons à patio. Continuités historiques, adaptations bioclimatiques et morphologies urbaines. Thème 2. Session 1. Samir ABDULAC. Vice-président d'ICOMOS France. abdulac@wanadoo.fr
- Jean-Robert MILLET. Architectures d'été Construire pour le confort d'été. 2009.
- OPVM. Types de plancher dans les constructions traditionnelles dans la vallée du M'Zab
- OPVM. Construction en terre: Guide de construction en terre à la vallée de M'Zab. 2010)
- Laurie ROWENCZYN. Architecture vernaculaire et nature. Comment intégrer la modernité dans le respect de la tradition ? 2011.
- OPVM. Guide des sites et monuments historiques.20
- Jean-robert MILLET. Architectures d'été. Construire pour le confort d'été. 2009.
- URBAT. Étude du (PPSMVSS) Plan permanent de sauvegarde et de mise en valeur de secteur sauvegardé de la Vallée du M'Zab. En cours
- Farida SAM. Réhabilitation thermique d'un local dans une zone aride - Cas de Ghardaïa - Thèse de Magister en Génie mécanique.